

Universidad de Carabobo



Facultad de Ingeniería

Ingeniería y Sociedad-UC

Volumen 20, N° 1. Enero–Junio 2025

ISSN 1856 – 352X Deposito legal: PP200502CA2084

REVISTA
Ingeniería y Sociedad - UC

Revista Ingeniería y Sociedad - UC
Año 2025 / Vol. 20 / No. 1. Enero - Junio 2025.
Publicación Semestral. Se publica un volumen anual en dos números correspondientes a los lapsos de: Enero-Junio y Julio-Diciembre

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
© FACULTAD DE INGENIERÍA.

Versión Impresa
Depósito Legal: PP200502CA2084
ISSN: 1856-352x

Versión Digital (Continuidad de la versión impresa)
Depósito Legal: CA2019000130
e-ISSN: 2665-0185

Es un órgano de divulgación del conocimiento científico de la Ingeniería vinculado a lo tecnológico, humanístico y social y a la formación del ingeniero, lo cual supone una perspectiva de inter y transdisciplinariedad, bajo la responsabilidad de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo. Esta publicación se produce como resultado de la ejecución de la Política Editorial del Fondo de Publicaciones del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Carabobo CDCH-UC.

Se encuentra indizada siguientes índices:

Puede ser consultada en la dirección electrónica: http://servicio.bc.uc.edu.ve/

Los términos empleados, los datos, el estilo y el contenido en general de los trabajos que aparecen en la Revista Ingeniería y Sociedad – UC de la Facultad de Ingeniería, son de la entera responsabilidad de sus autores, por lo que en ningún momento comprometen al Equipo Editor ni al CDCH-UC, institución encargada de su subvención. El Comité Editorial autoriza la reproducción siempre y cuando se mencione el lugar de procedencia.

DIRECCIÓN DE LA REVISTA
Av. Universidad, Decanato de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Campus Bárbula, Municipio Naguanagua, Estado. Carabobo. Venezuela. Apartado Postal 2005.
Teléfonos: +58 0241-8677489 / 0241-8666819
e-mail: ingenieriaysociedad@uc.edu.ve - ingenieriaysociedaduc@gmail.com

Universidad de Carabobo

Facultad de Ingeniería

Ingeniería y Sociedad – UC

Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Enero – Junio 2025 Vol. 20 Nº1

e-ISSN: 2665-0185 ISSN 1856–352X

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Jessy Divo De Romero
Rectora

Ulises Rojas
Vicerrector Académico

José Ángel Ferreira
Vicerrector Administrativo

Pablo Aure
Secretario

FACULTAD DE INGENIERIA

Vanessa Hurtado
Decano

Lin Hurtado
Asistente al Decano De la facultad

Alejandro Bolívar
Director de Estudios Básicos

Francisco Figueredo
Director de la Escuela de Ingeniería Industrial

Ledy Gerra
Director de la Escuela de Ingeniería Eléctrica

Lissette Hornebo
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica

Ixmit López
Director de la Escuela de Ingeniería Química

Edson Martínez
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Cesar Ruiz
Director de la Escuela de Ingeniería en Telecomunicaciones

Evelyn Yamal
Director de Investigación y Producción Intelectual

CONSEJO DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y HUMANÍSTICO

Ulises Rojas
Presidente

Arnaldo Armado
Director Ejecutivo

Revista "Ingeniería y Sociedad-UC". Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo

Directora – Editora
Msc. Yeicy Bermúdez
Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela

Comité Editorial

Dra. Emilsy Medina
Universidad El Bosque. Bogotá, Colombia

Dra. Diana Carolina Ardila Luna
Universidad Manuela Beltrán, Bogotá, Colombia

Dra. Matilde Flores Urbáez
Universidad Técnica de Manabí. Manabí, Ecuador.

Dra. Mayra D'Armas Regnault
Universidad Estatal de Milagro. Guayas. Ecuador

Dr. Alonso Elías Pirela Añez.
Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad, Ecuador

Dr. Jesús Cadena Badilla
Universidad de Sonora. Hermosillo, México

Dr. Aristides Méndez Arias
MSc. Francisco Antonio Ponte-Rodríguez
Dr. Isaac Pérez Yunis
Dra. Maira Sánchez
Dra. Morella Acosta
MSc. Roselin Santamaría
Universidad de Carabobo Valencia, Venezuela

Comité Científico*

Dr. Henry Labrador
Dra. Laura Saenz
Msc. Marianna Barrios
Dra. Yamile de Smith
Dra. Zaida Osto
Universidad de Carabobo Valencia, Venezuela

*** Lista Parcial**

Diagramación y montaje
Francisco Antonio Ponte-Rodríguez.
Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela

“Ingeniería y Sociedad UC” está registrada en los siguientes índices:

REVENCYT Índice Revistas Venezolanas de Ciencia y Tecnología

Bajo el código RVI013

latindex

Número de folio 19541

Actualidad Iberoamericana
Indice Internacional de Revistas

International Society of Universal Research in Sciences
EyeSource
I-SURS
EyeSource International Society of Universal Research in Sciences

PERIÓDICA
Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias

Propósito de la Revista Ingeniería y Sociedad-UC de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo

La Revista “Ingeniería y Sociedad-UC” es un órgano de divulgación del conocimiento científico de la Ingeniería vinculado a lo tecnológico, humanístico y social y a la formación del ingeniero, lo cual supone una perspectiva de inter y transdisciplinariedad, bajo la responsabilidad de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

Es una revista arbitrada e indizada de cobertura nacional, adscrita al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Carabobo (CDCH-UC) y resultado de su política editorial.

Visión

Ser un órgano de difusión de los aportes investigativos ubicados en el campo de la ingeniería y su relación con la sociedad, a fin de lograr amplia proyección nacional e internacional.

Misión

Propiciar la investigación como función esencial de la universidad, incentivando y facilitando la divulgación de los trabajos de investigación con pertinencia social de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo y de otras instituciones, coordinando esfuerzos y velando por la calidad de las publicaciones.

Objetivos

1. Servir de órgano de divulgación del conocimiento.
2. Estimular la producción intelectual de los docentes e investigadores de la Universidad de Carabobo, de los centros de investigación nacionales e internacionales, y de otros centros académicos de creación y producción de conocimiento.
3. Propiciar el intercambio cultural a través de las redes de información a nivel nacional e internacional, en procura de realimentar el proceso de investigación.

Editorial

Nuevos Horizontes, Nuevos Compromisos

Con enorme satisfacción presentamos este nuevo número de nuestra revista, el primero bajo la conformación de un renovado comité editorial. A ellos, nuestro más sincero agradecimiento por asumir el reto de impulsar el conocimiento en Ingeniería al servicio de la sociedad, con rigurosidad, visión crítica y compromiso académico. Este número es el reflejo de ese espíritu renovado.

Abrimos con el artículo *"Evolución de los Sistemas de Producción y su Impacto en el Diseño de Plantas y Almacenes Industriales hacia la Industria 5.0"*, un trabajo que traza la línea histórica de los sistemas productivos y propone nuevas configuraciones espaciales y tecnológicas para la fábrica del futuro, donde lo humano y lo automatizado convergen en simbiosis.

En una línea complementaria, *"Aplicación del Modelo SERVQUAL para Evaluar la Calidad del Servicio en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo* nos ofrece una mirada crítica desde adentro: ¿cómo perciben los estudiantes la calidad educativa? El estudio no solo diagnostica brechas, sino que sienta bases para la mejora continua en el ámbito universitario.

Por otra parte, la responsabilidad social y el liderazgo ético son abordados en *"Liderazgo Responsable y Responsabilidad Social Empresarial: un Análisis Integrador Bajo los Estándares ISO 26000 y SGE 21 para la Sostenibilidad Organizacional"*, es un artículo que conecta marcos normativos con prácticas gerenciales, ofreciendo una visión general para organizaciones que buscan sostenibilidad genuina.

Seguidamente, la seguridad industrial cobra protagonismo con *"El Factor K en la Eficiencia de Sistemas Contra Incendios. Análisis Hidráulico Mediante Simulación Computacional"*, un estudio técnico que demuestra cómo la modelación computacional puede optimizar recursos y salvar vidas al dimensionar correctamente sistemas de protección contra incendios.

Cierra este número *"Aplicación del Modelo UTAUT en la Adopción del Uso de la Tecnología en Entornos Universitarios"*, un estudio que utiliza un modelo validado para entender qué factores determina que docentes y estudiantes adopten o rechacen las herramientas tecnológicas en el aula.

En conjunto, estos artículos trazan un arco temático que va desde la planta industrial hasta el aula universitaria, pasando por la responsabilidad social y la seguridad contra incendios. Todos comparten un hilo conductor: la búsqueda de modelos más humanos, eficientes y sostenibles.

Agradecemos profundamente a los autores por confiar en nosotros, a los revisores por su labor silenciosa y esencial, y muy especialmente al nuevo comité editorial, cuyo entusiasmo y dedicación hacen posible que esta revista siga creciendo. Este es solo el comienzo.

MSC. Yeicy Bermúdez
Directora-Editor

EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y SU IMPACTO EN EL DISEÑO DE PLANTAS Y ALMACENES INDUSTRIALES HACIA LA INDUSTRIA 5.0

María Carolina García Leal

Escuela de Industrial. Facultad de Ingeniería
Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela

prof.ma.carolina.garcia@gmail.com

Resumen: Este ensayo reflexivo analiza la evolución de los sistemas de producción desde la Primera Revolución Industrial hasta la emergente Industria 5.0 e influencia en el diseño de plantas y almacenes inteligentes. A partir de una revisión de literatura especializada, se examinan algunos hitos fundamentales marcados en el camino como el Taylorismo, el Fordismo, el Toyotismo (Just-in-Time), la Industria 4.0 (IoT, IA, gemelos digitales) y la Industria 5.0 (Humanocentrismo, sostenibilidad, resiliencia). Los resultados muestran que cada paradigma productivo genera un modelo de distribución (Layout) específico y el diseño de instalaciones ha evolucionado desde espacios rígidos y jerárquicos hacia entornos inteligentes, flexibles y colaborativos. A través del aprendizaje en utilizar inteligentemente los recursos disponibles, se incrementa la productividad donde el ingeniero industrial integra competencias técnicas clásicas, tecnologías digitales avanzadas y habilidades humanas para liderar el diseño de plantas centradas en las personas, ecológico y ambientalmente sostenibles, y económicamente competitivas.

Palabras clave: sistemas de producción, diseño industrial, diseño inteligente de plantas y almacenes.

EVOLUTION OF PRODUCTION SYSTEMS AND THEIR IMPACT ON THE DESIGN OF PLANTS AND INDUSTRIAL WAREHOUSES TOWARDS INDUSTRY 5.0

Abstract: this reflective essay analyzes the evolution of industrial production systems and their impact on Facilities and warehouse design, from the First Industrial Revolution to Industry 5.0. Through a narrative literature review of specialized sources and recent publications, it examines key milestones: Taylorism, Fordism, Toyotism (Just-in-Time), Industry 4.0 (IoT, AI, digital twins), and Industry 5.0 (human-centricity, sustainability, resilience). Results show that each production paradigm generates a specific layout model, and facility design has evolved from rigid, hierarchical spaces toward intelligent, flexible, and collaborative environments. Learning achievements centered in the available resources' smart use has shown productivity increase. This is where the industrial engineer must integrate classical content technologies, advanced digital technologies and human skills to lead design people-centered, ecologically and environmentally sustainable also being economically competitive.

Keywords: production systems, industrial plant design, smart warehouses and facilities designs.

Presentación del Tema

Los sistemas de producción industrial constituyen la estructura organizativa fundamental de toda empresa dedicada a la manufactura de bienes o servicios. Estos sistemas en evolución desde los tiempos de F. W. Taylor no solo definen cómo se transforman los insumos en productos, sino que también determinan la eficiencia, la calidad y la competitividad de una organización en el mercado global. Paralelamente, el diseño de plantas y almacenes industriales emerge como la materialización física de estos sistemas, involucrando la planificación, distribución y construcción de espacios que albergan los procesos productivos (Carro & González, 2024).

Han transcurrido más de 100 años desde que los fabricantes tomaron la producción como un proceso propio y único que empleaba tecnologías desarrolladas de manera aislada. Durante este tiempo, los diseños en Ingeniería permitieron que las máquinas y herramientas existentes sufrieran cambios y actualizaciones buscando la perfección logrando unos procesos a gran escala. En esos años se trasladaba la producción dentro de las instalaciones de una estación de trabajo a la siguiente a través de un sistema logístico.

En operaciones, el sistema de transformación está presente en las repetidas interacciones con el entorno. En cada acción de transformación que da lugar a cambios en los insumos, se conoce como una operación y la secuencia de operaciones requerida para completar un ciclo determinado de transformación, se le conoce como proceso de transformación o proceso de producción. Adicionalmente, dentro de los sistemas de producción y su entorno, ocurren una serie de procesos internos claves para la Toma de decisiones. Esta toma de decisiones puede ser estratégica o táctica, ambas esenciales a las actividades gerenciales.

En este contexto, el presente ensayo tiene como propósito analizar la evolución histórica de los sistemas de producción y su impacto directo en el diseño de plantas y almacenes industriales. Partiendo de la premisa fundamental de comprender esta trayectoria evolutiva esencial para afrontar los desafíos actuales y futuros de la ingeniería industrial, especialmente en relación de las revoluciones industriales 4.0 y 5.0. La pregunta que guía esta reflexión es: ¿cómo han influido los sucesivos paradigmas productivos en la configuración de los espacios industriales y cuál es el rol del ingeniero industrial en esta transformación?

Para abordar este argumento de manera sistemática, el ensayo se estructura en tres partes fundamentales. Primero, una sustentación que incluye tanto la metodología de revisión empleada como el análisis evolutivo de los paradigmas productivos. En segunda instancia, se presenta una discusión sobre las implicaciones de estos cambios para el diseño de plantas y almacenes. Tercera y última se encuentran las conclusiones y recomendaciones dirigidas a los profesionales del área de la Ingeniería Industrial.

Metodología de Revisión de Literatura

Para profundizar el análisis presentado en este ensayo, se realizó una revisión de literatura de tipo narrativa, consultando bases de datos académicas y repositorios institucionales durante un periodo de 3 meses, comprendido entre enero y marzo del

2025. Los criterios de búsqueda se centraron en la evolución de los sistemas productivos, el diseño de plantas industriales, distribución inteligente de plantas y almacenes, industria 4.0 y 5.0. En esta revisión se seleccionaron fuentes relevantes, priorizándose artículos realizados en la década 2015-2025; obras clásicas de ingeniería industrial, Taylor, Ford, Ohno y Shingo por mencionar algunos autores; documentos de organismos internacionales y material audiovisual técnico. La información recopilada se organizó cronológicamente para trazar la evolución de los paradigmas productivos y su correlato en el diseño de instalaciones, identificando rupturas, continuidades y lecciones aplicables al contexto actual.

Análisis Evolutivo

Primera Revolución Industrial: El Nacimiento de la Mecanización

A finales del siglo XVIII y durante el siglo XIX, la mecanización de procesos y el uso intensivo del carbón como fuente energética transformaron radicalmente la estructura productiva, desplazando a la agricultura como eje central. Adam Smith para 1777, uno de los máximos exponentes de este periodo, introdujo el concepto de división del trabajo como mecanismo para aumentar la productividad. Posteriormente, Eli Whitney en 1799 sentó las bases de la estandarización y la intercambiabilidad de piezas, características fundamentales del "Sistema Norteamericano de Manufactura" su contraparte en la Estandarización y Control de Calidad. Éste se caracterizó por la intercambiabilidad de las piezas que facilitaban un montaje sin etapa de acabados, llevadas a cabo por máquinas y herramientas especializadas responsables de esta intercambiabilidad a los fines de obtener un producto estandarizado en 1879. Básicamente, durante este periodo se presenció un fuerte crecimiento económico, una marcada expansión de la demanda y sin generar un cambio tecnológico importante. Sin embargo, se observó una gran escasez de fuerza de trabajo calificada producto de la Guerra de Secesión en USA durante los años 1861-1865, que trajo consigo la existencia de fuertes sindicatos de oficio, cuyos miembros controlaban el proceso de trabajo. Los trabajadores artesanales controlaban el proceso completo, concentrado en las etapas de concepción, planificación y ejecución. Así mismo, los empresarios llamaban a los tiempos improductivos y de ocio como “Tiempos Muertos” (Nefta,1999).

Adicionalmente y a consecuencia a una falta de organización racional capitalista, los tiempos muertos se producían también a causa de una deficiente coordinación de las etapas del proceso de producción y pérdidas de tiempo por movilizaciones descoordinadas o rotación de trabajadores o piezas. Pocos profesionales se cuestionaban para la época, qué ocurría entre los procesos o cómo se trabajaba con múltiples procesos dentro de una misma instalación o cómo actuaba cada trabajador en su propio puesto de trabajo. Estos cuestionamientos parecían tener muy poca importancia para el momento. Los objetivos planteados para este periodo fueron: Identificar, medir y eliminar el tiempo muerto y movimientos considerados improductivos e inútiles.

Sin embargo, todo cambió gracias a las investigaciones de los primeros ingenieros industriales que ocurrieron a mediados y a finales del siglo XIX entre los cambios que se pueden mencionar están la organización del trabajo, la producción y la empresa. Esta primera Revolución Industrial trajo consigo una transformación económica para la agricultura posicionándola al escenario industrial introduciendo la mecanización en

sus procesos y llevando el esquema de fabricación por primera vez para la manufactura de productos. Se promovió la explotación del carbón, masificándose el uso de máquinas y forja de metales. Para estos tiempos el paradigma Técnico Económico presente era “una combinación más eficiente de productos y procesos, interrelacionados, con innovaciones técnicas, organizacionales y de gestión empresarial, que promueven un crecimiento de la productividad de toda, o de una parte de la economía” (Neffa,1999). Este paradigma además contemplaba una drástica reducción de costos de cuantiosos productos y servicios incluyendo cambios en la estructura de costos relativos, abriendo con ello y de forma inédita un sinnúmero de oportunidades para inversiones rentables.

Luego de un proceso de transformación estructural, emerge el nuevo paradigma, el cual se produce, aun cuando el anterior “ciclo largo” se encuentra todavía en su fase operativa. De este paradigma resalta la generación de innovaciones radicales que a su vez producen un cambio de paradigma técnico-económico a partir de una rama de actividad que ocasionan consecuencias, aquellas que afectan a la mayoría de los grandes sectores económicos. Crean nuevos productos y nuevas industrias que involucran procesos tecnológicos e influyen en la estructura de los insumos.

Una vez que el paradigma cambia, se empieza a hablar en el entorno sobre la racionalización del trabajo u organización científica del trabajo (OCT). Este “management científico” contempla un sistema de control muy preciso sobre la organización de la producción y su gestión. Bajo este contexto se han considerado las condiciones del Sistema Norteamericano de Manufactura, contemplado desde la segunda mitad del siglo XIX y desarrollado en los Estados Unidos. Con sus orígenes en la industria de armas ligeras, se difundió durante el resto del siglo, en las industrias de maquinaria agrícola y de costura. Seguidamente, al cierre del siglo XIX se descubre, inicia el uso y se explota la Electricidad, el Gas y el Petróleo como combustibles y fuentes de energías primarias. Se inventa el motor a combustión. Se desarrollaron productos a base de Acero y/o Químicas que hacen su entrada al Mercado. Se presencian avances tecnológicos como el teléfono y el telégrafo. Se vive el invento de los Automóviles y Aviones. Se le da paso a la producción en masa que trae consigo el crecimiento de la velocidad de la producción.

Taylorismo y Fordismo: la Racionalización del Trabajo

Partiendo con Fredrick W. Taylor (1881), a inicios del siglo XX, también lo identificaban como el Padre de la Administración Científica. Para este tiempo se comenzó a mirar a los trabajadores en forma individual, investigándose los métodos de trabajo. Taylor contribuyó a la planificación y programación de la producción con estudios de tiempos. Como contribución más relevante quedó la creencia de que la administración debe aportar más recursos y búsquedas de mejoras proactivas en los futuros métodos de trabajo.

Resaltó en su estudio que debía tomarse más enserio el indicar a los trabajadores cuál debía ser la tarea más adecuada según las capacidades y habilidades del trabajador. Proveer el entrenamiento y capacitación que fuese necesario para el desarrollo de la tarea asignada. Ofrecer métodos de trabajo y herramientas adecuadas para realizar y establecer incentivos legítimos por la labor a desarrollar (Taylor, F. W., 1973). En esa etapa se empezó a promover el análisis de las tareas, clasificación y división del trabajo.

Por otra parte, el análisis de movimientos estipulando tiempos obliga-torios de reposo y de pausas para el mantenimiento de máquinas y equipos (Estudio sistemático de tiempos y movimientos para eliminar actividades improductivas). Estandarizar materias primas e insumos intermedios y las herramientas más adecuadas para cada tarea (estandarización de los objetivos de trabajo). Implementar solo la mejor y única manera de hacer las cosas (hacer la tarea que haga a la desintegración del trabajo a nivel de talleres y una estructura funcional por áreas o departamentos, divisiones, gerencias o servicios funcionales. (La división Social y técnica del trabajo). Procurar adaptar al perfil del puesto de trabajo, que por lo general se sub-evaluaban las calificaciones de competencias tácticas que se debían movilizar para realizar la tarea. (Selección científica de los trabajadores según sus capacidades). Efectuar un sistema de control y de supervisión de los trabajadores por lo supervisores y capataces, quienes, a pesar de reunir una plantilla de trabajadores considerable, no se cumplen las tareas directamente productivas (Control y Supervisión). Carro & González (2024), Neffa (2022) y Burgos (2009).

Los autores Frank & Lilian Gilbreth (1900-1920, aportaron el estudio de movimientos e introdujeron el concepto de trazabilidad de procesos. Crearon las hojas de ruta que centraban su atención en todos los elementos del trabajo, incluyendo aquellos elementos que se agregaban pero que no proporcionaban valor y que siempre ocurre entre los procesos oficiales. Introdujeron la psicología a través del estudio de la motivación humana y cómo las actitudes de los trabajadores afectan el resultado final de un proceso. A partir de sus aportes en materia de comportamiento humano, proporcionaron una cantidad importante de avances a la administración de empresas. Sus estudios fueron los pilares para la filosofía posterior de eliminación del desperdicio – principio dominante en el sistema “JUST in TIME” y Manufactura Esbelta.

Alrededor de 1910, Henry Ford en colaboración con Charles E. Sorenson, idearon la primera estrategia de fabricación integrando todos los elementos de un sistema productivo: mano de obra, máquinas, procesos y productos, creando un sistema continuo para fabricar el automóvil modelo T. Sus contribuciones fundamentadas en estudios y observaciones fueron pilares en el desarrollo del concepto de la primera “Línea de Ensamble Coordinada”. Aferrándose Ford a sus principios de producción logró convertirse rápidamente en uno de los hombres más ricos por haber “puesto al Mundo sobre Ruedas”, siendo además responsable de la introducción de conceptos esenciales para el desarrollo de sistemas de producción a futuro. (Ford Motor Company,2024)

El método de Ford fue tan exitoso que lo copian muchos fabricantes inspirados en sus ideas de línea de ensamble coordinadas. Aunque no todos llegaban a comprender totalmente los principios fundamentales del sistema. Al pasar el tiempo, el mundo empezó a cambiar, el método fue sometido a análisis y se fue adaptando a las nuevas tecnologías aun cuando Ford no estaba muy de acuerdo con estos cambios. El incremento de las ordenes de producción y la aparición de sindicatos trajeron los conflictos propios al entorno e incrementaron tensiones con los trabajadores de este sector.

Alfred P. Sloan en la primera mitad del siglo XX realizó un proceso mucho más pragmático, desarrollando estrategias de

negocios y de fabricación como forma de gerenciar empresas muy grandes para ocuparse de la variedad de productos que se fabricaban en éstas. Corriendo los años 30, General Motors cambia el escenario y en ventas sobrepasa a Ford Motors, pero a pesar de la gran depresión económica, los métodos implementados por Ford Motors seguían bien arraigados y populares. Con la Segunda Guerra Mundial, los métodos de Ford resultaron factores esenciales en cuanto a sus aportes de ensamble de bombarderos y decisiones que permitieron la victoria de los aliados gracias a su eficiente sistema de línea de ensamble coordinado (Ford Motor Company, 2024) (Carro y González, 2024).

Toyotismo y la Manufactura Esbelta (Just inTime)

La 3era Revolución Industrial se lleva a cabo un siglo después y luego de dos Guerras Mundiales, desarrollo de la Energía Nuclear y la Electrónica. La primera con un gran auge en USA y Europa para luego entrar en remisión por años con un crecimiento significativo en Asia.

Tras el final de la Segunda Guerra Mundial, se despierta la necesidad de ver y evaluar la Calidad de los productos que se fabricaban a través de controles estadísticos. Exponentes como Walter Shewhart (1930-1940) a través de la búsqueda de sistemas de control de calidad de sus productos logra aportar los fundamentos para el muestreo estadístico. Más tarde, en la década de los 50, W. Edward Deming al igual que Taylor sostienen que las empresas deberían pensar más en los ambientes de trabajo y en los procesos para que consecuentemente se mejorara la calidad.

Avanzando los años en el siglo XX y aprovechando el aprendizaje que dejaron las Guerras Mundiales, los japoneses se fueron interesando en el conocimiento que aportaban otras disciplinas y ciencias, como la matemática, estadística, administración y la economía, que hicieron posible el análisis sistémico y la mejora en los sistemas de operaciones. En tal sentido, destacan los trabajos de Taichii Ohno y Shingeo Shingo entre los años 50 y 70, introdujeron conceptos de los métodos de Ford y otras técnicas que exaltaron el papel fundamental del inventario en la producción conocidas a su tiempo como Sistema de Producción Toyota, o también “Just inTime”. The W. Eduard Deming Institute (2024).

Como todo debe evolucionar, los vacíos y deficiencias de los viejos perceptos y fundamentos del Sistema Ford fueron evidenciados en la fuerza laboral, que los japoneses adaptaron a su cultura apoyándose en la cooperación y participación del empleado logrando la contribución a la mejora continua. Estas respuestas de los trabajadores Japoneses creó un espacio ideal para incluir las ideas de mejoras continuas y Círculos de Calidad propuestas por Deming a través del Ciclo de Calidad (PDCA), Juran y Kaoru Ishikawa (1950-1960) con sus 7 Herramientas Clásicas para la Gestión de la Calidad a los fines de valorar procesos empresariales, trayendo consigo grandes contribuciones al movimiento conocido como Gerencia de Calidad Total o TQM, culminando con el desarrollo de las celdas de manufactura y equipos de trabajos con Sistemas de Calidad a nivel gerencial y cambios evolutivos (SPC Consulting Group, 2012).

Los conceptos centrales de este paradigma incluyen: (a) producción pull (tirar) en lugar de push (empujar), mediante tarjetas Kanban, (b) mejora continua (Kaizen) y cero defectos, (c) reducción drástica de los tiempos de preparación (set-up) de

máquinas, (d) involucramiento activo de los trabajadores a través de Círculos de Calidad. El impacto en el diseño de plantas fue revolucionario: se introdujeron celdas de manufactura en forma de U para facilitar el flujo y la comunicación, los almacenes se minimizaron (filosofía de inventario cero o justo a tiempo), y el layout se concibió como flexible y fácilmente reconfigurable (Shingo, 1989; Carro & González, 2024).

Adicionalmente, se incluye el concepto de variedad de productos, el sistema Ford se concentraba en orígenes de un producto único, que nunca cambiaba. A lo que Shingo dedicó esfuerzos para solucionar los problemas de puesta a punto y los cambios de máquinas, buscando reducir tiempos de set up, tiempos de tener lista la máquina para operaciones de minutos a segundos. Estos Cambios fueron imitados y aplicados en otras compañías japonesas dando lugar a incrementos notorios en los niveles de productividad y de calidad a nivel mundial. Los empresarios norteamericanos empezaron a interesarse en Japón viajando para estudiar este nuevo sistema, aprendiendo aspectos importantes como el uso de las tarjetas Kanban y los Círculos de Calidad obligando a cambiar de paradigma, adaptándose a un nuevo sistema de gestión entendiendo los nuevos principios fundamentales de esta Nueva Filosofía de Gestión.

Todas estas transformaciones evolutivas en los sistemas de producción ocurrieron desde 1949 hasta 1975. Corrían los años ’80 y para entonces el éxito en estos nuevos principios lo venían alcanzando empresas como General Electric, Omark Industries y Kawasaki (Nebraska). Avances sustentados por las investigaciones realizadas por Robert Hall y Richard Schönberger bautizando sus aportes como Manufactura de Clase Mundial (WCM) o Manufactura de Flujo Continuo (CFM). Todas hacían referencias a los conceptos creados por el Sistema de Producción Toyota. Derivando un enfoque de sistemas necesario, aplicado al análisis productivo de la empresa, el cual debe integrar aquellos conceptos correspondientes al qué, cómo, y para quién producir, interrelacionando aquellas funciones que le otorgan ese carácter tridimensional a su productividad. (Velázquez,1996)

En su momento Gómez & Núñez (1997) y García & Silva (1996), concordaron en la importancia que tiene el diseño de plantas industriales y la necesidad intrínseca de materializar ideas tecnológicas para dar soluciones a las demandas de consumidores adaptables dentro de la dinámica actual del mercado. al hablar de diseños adaptables a la realidad de las necesidades que demarca el mercado que viene evolucionando, el diseño ideal de una nueva planta industrial contempla también su ubicación, un espacio geográfico delimitado que ofrezca la combinación perfecta de condiciones y servicios ideales para su mejor funcionamiento. Partiendo de las premisas instauradas desde los tiempos de Taylor enfocados en las actividades dentro de la unidad de trabajo, buscando maximizar la utilización de la mano de obra en la medida en la que se adiestraba con el tiempo y las nuevas tecnologías llamándose a este análisis Ingeniería de Métodos.

Por otra parte, estudiar las formas de Manejar los materiales a lo largo del proceso de producción, con la disposición de estos dentro de las instalaciones de planta, se le viene conociendo como distribución en plantas y manejo de materiales. Es de hacer notar que todos estos autores concuerdan en que al Integrar las tres áreas de estudio mencionadas hoy en día se reconoce como el Diseño de Plantas Industriales.

A medida en que el tiempo progresa, emergen mejoras sobre los avances anteriores; e incluso las tecnologías se renuevan, dejando atrás algunas que cumplieron su propósito en el tiempo y abriéndole paso a las tecnologías que permitieron la supervisión en tiempo real de los Sistemas de Producción en sus distintas etapas: diseño, planeación, manufactura, distribución de suministros y supervisión de producción, control de calidad y logística de distribución hasta finalmente, llegar a los consumidores. La inclusión de la automatización de procesos, el uso integral del Wi-Fi y la emergente inteligencia artificial, hoy por hoy han hecho más fáciles las tareas de planificación, supervisión de producción y logística del resto de la cadena de suministro en tiempo real.

Además de hacer más seguras algunas tareas para los trabajadores, que por una u otra razón deban desempeñar actividades de alto riesgo; mejorando con ello los niveles de producción e incrementado a su vez sus niveles de productividad o eficiencia de sus procesos.

Industria 4.0: Digitalización y Fábricas Inteligentes

La 4ta Revolución Industrial, el Internet promovió un cambio a través de avances tecnológicos acelerados: la digitalización de la información y el desarrollo del internet vía Wi-Fi, sinónimo de conexión a tiempo real. La obtención de Energías renovables: Energía Solar, Eólica y Geotérmicas para el año 2000. Esto obligó a estar atentos a cambios y pulsos de ajustes más presentes y a su vez más frecuentes en cada una de las partes de la línea de producción dentro y fuera de las instalaciones o plantas de manufactura. Gracias al impulso creado por la evolución dinámica y vertiginosa del internet emergen desarrollos de nuevas tecnologías como la Inteligencia Artificial AI y el Internet de las cosas (IoT) domésticas y IoTI a nivel industrial. Esta 4ta Revolución tuvo como objetivo mejorar la productividad, eficiencia y a su vez promover la flexibilización de los procesos y cómo se realizan las tareas. Aspectos, criterios y elementos fundamentales que permitan facilitar la toma de decisiones y una personalización más inteligente en la producción y en toda la cadena de suministro.

Así, Acevedo (2018), Autodesk Factory (2018) y Salimbeni (2021), comparten herramientas evolucionadas y de avanzada para complementar esa producción incesante de ideas de mejoras o de diseño de plantas industriales o almacenes inteligentes. acuñándose un término traído por la inclusión de la Inteligencia Artificial, personalizando aún más las ideas propuestas por aquellos Ingenieros Industriales in situ o a distancia, creadores todos de soluciones innovadoras a problemáticas encontradas en diversos procesos de producción.

A esto también se agrega, el aporte que “Las transformaciones de la Industria 4.0 nos permiten trabajar junto con las máquinas de formas innovadoras y altamente productivas” afirmado por el líder futurista y consultor estratégico Burrus (2024). Utilizando como pilares de esta 4ta Revolución Industrial, la integración de los sistemas de información, la ciberseguridad y la utilización de espacios de almacenajes virtuales “la Nube”, trascendiendo la capacidad local a través de las Unidades de Procesamiento de Información Local (CPU) para trabajar ahora con Unidades de Procesamiento de Información Global los (GPU).

A esta triada integrada para el manejo, procesamiento y almacenaje de información

se le agregan, el internet de las cosas (IoT e IoIT) tanto a nivel doméstico como industrial, que permite estar interconectados a tiempo real a los fines de poder estar informados de lo que está pasando en cualquier etapa del proceso o en cualquier actividad que conforma una operación que pertenece al proceso que se está analizando.

Por otra parte, en la industria 4.0 la automatización y la conectividad son bases para lograr el pináculo de optimización de procesos de diseño y producción, permitiendo una producción altamente personalizada, flexible y eficiente. Estas fábricas inteligentes permiten la incorporación o adición de secciones, sistemas o subsistemas automatizados que hagan más fácil, seguros y/o más eficientes cada uno de estos elementos en cualquier proceso que está bajo análisis.

La integración digital de la información proporciona acceso en tiempo real de los datos, parafraseando a Garatu (2018). La inteligencia artificial, la realidad aumentada y los robots colaborativos como primer acto agregan o afinan los niveles de eficiencia y productividad que deseen trazarse las empresas en sus operaciones de manufactura, buscando la anhelada excelencia en sus procesos.

Aunado a esto, hay que resaltar el protagonismo dentro de estos impulsadores de la digitalización industrial al cliente conectado. Este aspecto acentúa aún más ese elemento diferenciador que modifica o resalta a uno u otro de estos procesos más eficientes. Ver la forma en que cada uno refleje original innovación, del cómo y de qué manera se van dando respuestas a las necesidades que presentan los clientes en la medida que aprenden y evolucionan con el mercado global continuamente cambiante de acuerdo a las nuevas exigencias.

Industria 5.0: El Retorno al Humanocentrismo

En la actualidad, la 5ta Revolución Industrial reconocida por la Comisión Europea desde el 2021 la liderizan la Industria como motor clave de la economía y la prosperidad de un país. Las sociedades se enfrentan a una gran transición y para seguir siendo el motor de la prosperidad, las industrias deben encabezar las transiciones humana-digital-verde. Esta busca regresar a lo esencial, aunque se tengan todos los avances tecnológicos, se busca centrar todo al ser humano, el trabajador, el planeador, el cliente, el auditor de calidad o el aliado del almacén de la empresa.

El objetivo central de la Industria 5.0 de acuerdo con Pagethink (2022), en la búsqueda de diseños de plantas exitosas es cambiar paradigmas del mundo industrial – económico. Las organizaciones deben estar al servicio del ser humano. Sus pilares fundamentales según Feixas (2022) se definen como el humanocentrismo, el cual promueve talento, diversidad y el adiestramiento. La tecnología debe estar al servicio de la persona, promoviendo la colaboración efectiva entre humanos y máquinas inteligentes (robots colaborativos o cobots), y respetando la diversidad, el talento y la formación continua de los trabajadores. El segundo la resiliencia, cuando se habla de la creación de organizaciones que sean “antifrágiles”. La capacidad de los sistemas productivos para adaptarse y recuperarse frente a crisis (pandemias, guerras, cambio climático, interrupciones en la cadena de suministro). El tercero es la sostenibilidad, que lideriza la acción sobre el ser sostenible respetando los límites del planeta, adoptando modelos de economía circular, eficiencia energética y reducción de la huella ecológica. Estos tres pilares, proporcionan a las empresas una visión de lo que significará

el verdadero progreso en los próximos años. (Salimbeni, 2021; Núñez, 2023).

Discusión: Implicaciones para el Diseño de Plantas y Almacenes

La evolución descrita demuestra una tesis central: "no existe un diseño de planta único, universal o permanente". Cada paradigma productivo genera su propio modelo de layout, con ventajas y limitaciones específicas. En la tabla 1 se sintetizan las principales relaciones identificadas entre paradigma productivo y diseño de instalaciones.

Tabla 1
Evolución de los paradigmas productivos y su impacto en el diseño de plantas

Paradigma	Principio Clave	Tipo de Layout	Rol del almacén
Taylorismo	División del trabajo /OCT	Funcional o por Procesos	Pulmón de inventario (grandes stocks)
Fordismo	Producción en masa/ Línea de ensamble	Lineal o en Línea (rígido)	Estación intermedia de acumulación
Toyotismo (Lean/Jit)	Eliminación de desperdicios (Kaizen)	Celular o en forma de U	Minimizadorotación continua cero inventarios
Industria 4.0	Digitalización / IoT/ IA	Flexible, simulado con gemelo digital	Smart Warehouse datos en tiempo real, automatizado
Industria 5.0	Humanocéntrico + Sostenible +Resiliente	Adaptativo, colaborativo, reconfigurable	Almacén verde, resiliente y centrado en el empleado.

Nota: Elaboración propia a partir de Carro y González (2024), Salimbeni (2021),Feixas (2022) y Pagethink (2023)

En esta búsqueda de la excelencia y teniendo como norte, ser cada vez más eficientes y ser empresas pioneras en innovaciones de clase mundial se desarrollan más herramientas de diseño de Plantas y Almacenes. Hoy existen herramientas más evolucionadas o personalizadas para cada necesidad de las empresas. Estas nuevas herramientas se les llama Herramientas Inteligentes y han llegado para quedarse así lo confirman fabricantes como Autocad en sus distintas versiones (1990- presente), Autodesk 2D y 3D, (Combita,2015) Sketchup (2000 – presente) (Acevedo, 2018) y sus versiones evolucionadas para instalaciones de Plantas Industriales tales como Autodesk Factory Design (2011) 2D y 3D y Solid Plant en su versión de 2012. Para el diseño de almacenes resaltan Flexsim USA y Flexsim Andina (2024).

En Venezuela se tienen un cruce de circunstancias que pueden de una manera u otra interferir en lo rápido que los profesionales en el área, locales se eduquen, adiestren y entrenen con las distintas herramientas que mundialmente ya se encuentran disponibles. Lamentablemente, por debilidades del entorno o carencia de recursos y equipos disponibles; aunque exista sin duda alguna el talento, la

creatividad e inventiva para proponer ideas que solucionen necesidades. La realidad es que habrá que trabajar en desarrollo de estas herramientas inteligentes o el aprendizaje local de dichas herramientas dadas las limitaciones o restricciones tecnológicas para el desarrollo o innovación propias para atender de manera personalizada necesidades locales.

Las últimas dos revoluciones industriales, Industria 4.0 y 5.0 abrieron las puertas a la digitalización, automatización y la interconexión de sistemas. De aquí se recoge que el Ingeniero Industrial es clave en la implementación de tecnologías avanzadas. Entre las que más resaltan, el Internet de las cosas, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, para optimizar los procesos de producción buscando incrementar la eficiencia de sus procesos, el diseño y gestión de sistemas y procesos de producción, garantizando la calidad, la seguridad y la sostenibilidad en la Industria.
En la actualidad, el ingeniero industrial enfrenta el reto de integrar las tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0 (IA, IoT, robótica colaborativa, simulación) con los principios orientadores de la Industria 5.0 (centrado en el ser humano, sostenibilidad, resiliencia). Esto requiere repensar la distribución en planta no solo para maximizar la eficiencia y minimizar costos, sino también para potenciar la adaptabilidad, la seguridad psicológica de los trabajadores y la reducción de la huella ecológica de las operaciones logrando consigo unos sistemas de producción aptos y más personalizados para atender las necesidades.

Optimización de los sistemas de producción

En la fase de Diseño de Plantas Industriales, hablar de un buen diseño hacia un Layout de producción más Inteligente es hablar de una optimización. El Diseño de Plantas industriales se rige por la eficiencia y la sostenibilidad. La concepción de una Distribución de Producción Inteligente se convierte en elementos cruciales para el éxito empresarial. Elementos esenciales para maximizar productividad y minimizar costos cumpliendo estándares ambientales.

¿Por dónde empezar a diseñar o redefinir estos espacios productivos?

Partiendo con la Integración de principios de Ingeniería y tecnología avanzada. Tener una compresión profunda de los procesos de manufactura. Aprovechar el aprendizaje de la automatización de procesos y la adopción de la industria 4.0 están redibujando el mapa del Layout Industrial. Teniendo presente que la clave está en la planificación estratégica del espacio físico y la disposición de los equipos de trabajo.

Gestión de Proyectos Diferente: Cómo Lograr los Resultados en la Industria 4.0 y 5.0

La gestión de proyectos, bajo este nuevo contexto, debe evolucionar hacia modelos basados en confianza, diversidad de los equipos, flexibilidad, propósito compartido y uso de la sabiduría colectiva, en lugar de la rigidez, la normalización excesiva y el control jerárquico tradicional. En tal sentido se debe orientar hacia el logro de resultados en un entorno industrial 4.0 y 5.0.

Dentro de los sistemas de Producción también se encuentran la gestión de proyectos, donde se consideran sistemas inteligentes de gestión resaltando el Enfocar el trabajo en lograr un “propósito”, no en cumplir un plan. Hacer una gestión del equipo basada en confianza e influencia, no en imposiciones y control. Aprovechar la diversidad para construir un equipo fuerte, no

buscar la uniformidad. Promover la flexibilidad y la capacidad de adaptación, no la rigidez y normalización. Desarrollar una mentalidad que abrace el cambio, no simplemente gestionarlo. Incentivar la simplicidad y la facilidad, no hacer solo ingeniería para la gestión y la entrega. Utilizar la sabiduría colectiva, por encima del individualismo.

¿Cómo deben prepararse para estos nuevos retos Los Gerentes de Proyectos?

La Nueva Generación de Gerentes deben desarrollar habilidades para trabajar en entornos humanocéntricos, comprendiendo la sostenibilidad, ser resilientes en la Cadena de Suministro y manejar inteligentemente el conocimiento tecnológico enfocándose en la viabilidad.

La Industria 4.0, 5.0 y el Futuro Ingeniero Industrial

Responder a la interrogante de la preparación de los nuevos retos para los gerentes, Rehse (2018) evidencia que la digitalización, particularmente la conectividad y las tecnologías inteligentes, revolucionarán la producción industrial. Salimbeni (2019) agrega que el auge de las herramientas de diseño tanto analíticas y de simulación van a mantener y hasta potenciar la demanda del ingeniero industrial con creces.

También comenta que deberá mantenerse actualizado y aprendiendo nuevas tecnologías de punta, como las utilizadas en empresas digitales que, a través del modelado digital, comunicación y operatividad de procesos de manufactura puedan realizarse diligentemente dentro de sus instalaciones, integrando vertical y horizontalmente sistemas de información de data e interfases como los sistemas de control de procesos físicos a través de dispositivos y sistemas.

Con estos sistemas integrados se busca que los procesos y los trabajadores estén involucrados en diversas tareas como actores dentro de un sistema de trabajo socio tecnológico permitiendo un desarrollo personal, espacio libre de riesgos, de impactos negativos hacia el trabajador integrando lo sensorial y antropológico del propio sistema. Salimbeni (2021). Nuñez (2023) opina que los Ingenieros Industriales deben estar preparados en cuanto a principios y técnicas propias de sus disciplinas; manejando últimas tecnologías y sistemas de gestión. Acentúa que el desarrollo conlleva el despliegue de una serie de combinaciones de tecnologías emergentes, de impacto como el Internet de las Cosas (IoT) y la Inteligencia Artificial (IA), garantizando la resiliencia y eficiencia dentro de la cadena de suministro.

El Ingeniero industrial es clave en la implementación de tecnologías de avanzada IoT, IoIT e IA, en la Industria 4.0 y 5.0 desarrollando habilidades técnicas y de gestión. Liderar equipos multidisciplinarios y adaptarse a entornos empresariales en constante cambios. Ser resilientes con los retos y complicaciones emergentes causados por factores externos y continuar su labor.

El Profesional de Ingeniería Industrial debe desarrollar habilidades en análisis de datos, ciberseguridad, robótica y gestión de la cadena de suministro. Deben empatizar con sus colaboradores, adaptarse a los cambios, tener pensamiento creativo, crítico y ecológicamente inteligente para estar alineados a las nuevas demandas del mercado laboral actual, desarrollando ventajas competitivas de acuerdo a estas nuevas exigencias.

Conclusiones

El recorrido histórico analizado, desde la Primera Revolución Industrial hasta la emergente Industria 5.0, evidencia una trayectoria no lineal sino dialéctica: de la mecanización a la racionalización científica, luego a la flexibilidad esbelta, después a la digitalización sistémica y, finalmente, a una síntesis que busca rehumanizar la tecnología. Cada etapa ha dejado una huella profunda y duradera en el diseño de plantas y almacenes, que evoluciona desde espacios rígidos, jerárquicos y orientados exclusivamente a la eficiencia física, hasta entornos inteligentes, adaptativos, colaborativos y centrados en las personas.

A partir del análisis realizado, se formulan las siguientes conclusiones:

1.- El diseño de plantas industriales es un reflejo directo del sistema de producción adoptado. No constituye una decisión meramente técnica o de ingeniería de métodos, sino una decisión estratégica de negocio que debe alinearse coherentemente con el paradigma productivo elegido integrando saberes de la ingeniería de métodos, objetivos competitivos de la organización y características de su fuerza laboral.

2.- La Industria 4.0 ha proporcionado un conjunto poderoso de herramientas tecnológicas (IA, IoT, simulación, gemelos digitales, robótica) que permiten niveles de optimización, control y flexibilidad antes inimaginables. Sin embargo, la tecnología por sí sola no garantiza el éxito.

3.- La Industria 5.0 facilita el propósito y la orientación ética: la sostenibilidad ambiental y el bienestar humano se constituyen ahora como criterios de diseño tan importantes como la productividad y la rentabilidad.

4.- El perfil del ingeniero industrial del futuro inmediato debe ser necesariamente híbrido y multidisciplinario. Requiere: (a) dominio sólido de los principios y técnicas clásicas (estudio de tiempos y movimientos, distribución de planta, manejo de materiales), (b) competencias tecnológicas avanzadas (análisis de datos, ciberseguridad básica, manejo de software de simulación y diseño asistido, comprensión de IoT e IA), y (c) habilidades transversales o "blandas" (empatía, liderazgo adaptativo, pensamiento crítico, inteligencia ecológica, capacidad de trabajo en equipos diversos y resiliencia personal).

5.- En contextos con limitaciones tecnológicas, de conectividad y de recursos como el venezolano, el desafío es doblemente exigente. Se debe fomentar la creatividad, la inventiva y la ingeniería de bajo costo para desarrollar soluciones apropiadas y contextualmente viables. Por otro lado, no se puede perder de vista la dirección de las tendencias globales, formando a los profesionales locales en los principios y metodologías de la Industria 4.0/5.0, aunque sea de manera simulada o con recursos limitados, para evitar un rezago tecnológico insalvable.

Finalmente, se concluye que la transición hacia los principios de la Industria 5.0 no es una opción decorativa o de moda pasajera para las empresas que aspiran a la excelencia sostenible; es una necesidad imperativa y estratégica en un mundo caracterizado por la incertidumbre, la competencia global y las crecientes demandas sociales y ambientales. El diseño inteligente, humanocéntrico y resiliente de plantas y almacenes, anclado en la comprensión profunda de la evolución de los sistemas de producción, se constituye como un factor diferenciador clave para el éxito empresarial en el siglo XXI.

REFERENCIAS

Acevedo Juan (2018). Diseño planta industrial (fábrica de yogurt) Diseño de Plantas Industriales. Visual 3D Layout Sketchup. [Video] Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=9CepY4wHjQk.

Autodesk (2018). Factory design utilities overview. Team D3. [Video] Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=c1UO6mLSmEk.

Autodesk Factory (2011). 3d visual layout with factory design suite. [Video]. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=8MeHL0j-oKE

Burgos V. Fernando (2009). Ingeniería de métodos. Calidad y productividad. 4ª reimpresión de la 2ª edición. Editado por la Dirección de Medios y Publicaciones de la Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

Burrus Daniel (2024). Cutting-edge to and efficiency. ai tool recommendations boost your productivity. Burrus Research. [Pag Web]. Recuperado de: https://www.burrus.com/

Carro P. Roberto y González G. Daniel (2024). El sistema de producción y operaciones. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Universidad Nacional de Mar del Plata [PDF] https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1606/1/01_sistema_de_produccion.pdf

Combita Diana (2015). Diseño de plantas industriales usando autodesk. [Video]. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=YNuM8ZN4xbQ

Feixas Josep (2022). Los tres pilares de la industria 5.0. Actualidad y noticias de informática y tecnología
blog inforolot. España [Blog].Recuperado de: https://www.inforolot.com/los-tres-pilares-industria-5-0/

FlexSim (2024). Procesos logísticos picking en el centro de distribución con flexsim. [video]. © 1993-2024 FlexSim Software Products, Inc. Todos los derechos reservados.
https://www.youtube.com/watch?v=2P1kDFKoFAs&list=PLPvTU39UMH0 H74X5-OdZKOPhedS21QDkc

FORD MOTOR COMPANY (2024). Henry Ford biography. Ford Motor company founder. Artículo en Página Web. Recuperado de https://corporate.ford.com/articles/history/henry-ford-biography.html

García L. María C. y Silva E. José R. (1996). Aplicación de la ingeniería de métodos en una empresa maderera. [TEG]. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Industrial. Valencia, Venezuela.

Gómez & Nuñez (1997). Plantas industriales (aspectos técnicos para el diseño). Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniaría Industrial. Primeva Revisión.

Grupo Garatu (2018): ¿Qué es y qué aporta la Industria 4? [Blog]. Grupo Garatu. IT Solutions. 15 Septiembre, 2018. Recuperado de: https://grupogaratu.com/que-es-y-que-aporta-la-industria-4-0/

Neffa Julio C (2023). Intensificación del trabajo y cambio de su sentido: consecuencias del nuevo modo de

desarrollo. CEIL-CONICET- Argentina. https://orcid.org/0000-0002-6664-6010

Neffa Julio C (1999). Crisis y emergencia de nuevos modelos productivos. Los retos teóricos de los estudios del trabajo hacia el siglo XXI. Editorial: CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. Buenos Aires. Recuperado de http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/clacso/gt/20101102030206/5neffa.pdf

Núñez Anel (2023) Experiencias en gerencia financiera: preparación para la industria 5.0 del ingeniero industrial. Revista Honoris Causa. Universidad Yacambú .Vol. 4 N° 2.Julio - Diciembre 2023| ISSN: 2244-8217 / ISSN-L: 2244-8217. Recuperado de: https://revista.uny.edu.ve/ojs/index.php/honoris-causa/article/view/326/393

Pagethink (2023). Industria 5.0 y su impacto en el diseño de espacios industriales. [Blog] 29 de Noviembre de 2023. Recuperado de: https://pagethink.com.mx/blog/single/industria-5-0-y-su-impacto-en-el-diseno-de-espacios-industriales

Rehse, J.-R., Dadashnia, S. and Fettke, P. (2018). Business process management for Industry 4.0 – Three application cases in the DFKI Smart Lego Factory. Information Technology: IT, 60, 133–141.

Salimbeni Sergio (2021). Humans and work in the Digital Factory: Designing the work organization. Conference: First Asia Pacific International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Harbin, China, July 9-11, 2021 ISSN: 2169-8767.At: Hrbin, China. Affiliation: Universidad del Salvador. Recuperado de: DOI:10.13140/RG.2.2.32272.74243

Salimbeni Sergio (2019). La industria 4.0 y el futuro del ingeniero industria. Research Institute of Science and Technology. Chair and Full Professor Ind.5.0. Linkedin [BLOG]. 8 Febrero 2019. Recuperado de: https://es.linkedin.com/pulse/la-industria-40-y-el-futuro-del-ingeniero-industrial-sergio

Shingo, S. (1989). A study of the Toyota production system: from an industrial engineering viewpoint (Rev. ed.). Productivity Press. DOI: 10.4324/9781315136509.

SPC Consulting Group. (2012). Las 7 herramientas básicas de la calidad. Artículo en línea. [HTML].SPC Consulting Group. Página Web https://spcgroup.com.mx/7-herramientas-basicas/

Taylor, F. (1977). Principio de la administración científica. México: HERRERO HERMANOS.

Taylor, F. W. (1973,1911). Principles of scientific management. Principios de la administración científica. Editorial Ateneo: Buenos Aires, Edición 1973.

The W. Eduard Deming Institute (2024). Deming the man. Artículo Biográfico HTML. Recuperado de: https://deming.org/deming-the-man/

Velázquez Mastretta G. (1996). Administración de los Sistemas de Producción Editorial Limusa S.A. México. Recuperado de: http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/05709.pdf

Fecha de recepción: 05 de marzo de 2025

Fecha de aceptación: 20 abril de 2025

APLICACIÓN DEL MODELO UTAUT EN LA ADOPCIÓN DEL USO DE LA TECNOLOGÍA EN ENTORNOS UNIVERSITARIOS

Lisboa Kevin; Jaramillo Mileybis

Escuela de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería
Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

lisboakevin04@gmail.com; mileybisdelvalle@gmail.com

Resumen: el presente artículo explora la aplicación del modelo UTAUT en contextos universitarios para comprender los factores que influyen en la adopción de tecnologías educativas por parte de estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo. Este modelo ofrece un marco teórico para analizar variables como la utilidad esperada, la facilidad de uso percibida, la influencia social y las condiciones facilitadoras, las cuales afectan la intención y el uso efectivo de sistemas tecnológicos. En gestión de calidad, permite entender cómo los actores organizacionales aceptan herramientas tecnológicas destinadas a mejorar procesos y fortalecer la toma de decisiones. El UTAUT se convierte así en una herramienta estratégica para diseñar intervenciones que aseguren la adopción tecnológica orientada a la mejora continua y la eficiencia operativa.

Palabras clave: Modelo UTAUT, tecnología educativa, adopción tecnológica.

UTAUT- BASED ANALYSIS OF THE FACTORS INFLUENCING TECHNOLOGY ADOPTION IN UNIVERSITY SETTINGS

Abstract: this article explores the UTAUT model application in university contexts, to understand influencing the factors in the adopting of educational technologies by students at the Faculty of Engineering, University of Carabobo. This model provides a robust theoretical framework for analyzing variables such as performance expectancy, effort expectancy, social influence, and facilitating conditions, which that affect the intention and effective use of technological systems. In quality management, the UTAUT model helps explain how organizational actors adopt technological tools designed to improve processes and strengthen decision-making. As such, UTAUT becomes a strategic framework for designing interventions that promote technology adoption aimed at continuous improvement and operational efficiency.

Keywords: UTAUT Model, educational technology, technological adoption.

Introducción

En el escenario global contemporáneo, la gestión de la calidad se ha consolidado como un eje estratégico para la competitividad empresarial, la sostenibilidad organizacional y la innovación tecnológica. La norma ISO 9001 promueve principios que permiten integrar tecnologías emergentes y modelos de aceptación como el UTAUT, facilitando la incorporación efectiva de sistemas digitales (Martínez et al., 2025).

En América Latina, la transformación digital ha sido impulsada por la integración de la sostenibilidad, la economía circular y la cultura de calidad, fortaleciendo cadenas productivas y el posicionamiento competitivo de las organizaciones (Calzadilla et al., 2025). El modelo UTAUT ha permitido comprender cómo los usuarios aceptan y utilizan tecnologías en procesos organizacionales.

En el Estado Carabobo, organizaciones manufactureras y educativas han vinculado la gestión de calidad con enfoques de neurociencia y economía conductual, evidenciando que los factores afectivos y cognitivos influyen en la mejora continua. Estas prácticas han fortalecido la cultura organizacional desde una visión humana y estratégica (Padrón et al., 2025), justificando el análisis del impacto del modelo UTAUT y la gestión de calidad en el desempeño empresarial.

Modelo UTAUT

La Teoría Unificada de Aceptación y Uso de las Tecnologías (UTAUT, por sus siglas en inglés) ha sido ampliamente utilizada para analizar la aceptación de tecnologías en diversos contextos organizacionales. Esta teoría propone que la intención de uso y el comportamiento real frente a una tecnología están influenciados por cuatro constructos principales: expectativa de rendimiento, expectativa de esfuerzo, influencia social y condiciones facilitadoras (Venkatesh et al., 2003). UTAUT desarrollada por Venkatesh et al. (2003), busca explicar cómo los individuos adoptan y utilizan tecnologías en contextos organizacionales. Diversos estudios han validado la utilidad del modelo en entornos empresariales, educativos y guberna-mentales, destacando su capacidad para explicar más del 70% de la variabilidad en la intención de uso de tecnologías (Martínez et al., 2025). La expectativa de rendimiento se refiere al grado en que el usuario percibe que el uso de la tecnología mejorará su desempeño laboral, mientras que la expectativa de esfuerzo se relaciona con la facilidad percibida para utilizarla.

Por su parte, la influencia social contempla el impacto de las opiniones de personas significativas en la decisión de adopción, y las condiciones facilitadoras aluden a la disponibilidad de recursos y soporte técnico para su implementación (González y Rivas, 2024). Además, el modelo considera factores moderadores como la edad, el género, la experiencia previa y la voluntariedad del uso, los cuales pueden alterar la intensidad del efecto de los constructos sobre la intención de uso (Torres et al., 2023).

Investigaciones han evidenciado que la integración del modelo UTAUT con sistemas de gestión de calidad como ISO 9001 puede potenciar el desempeño organizacional al fomentar una cultura de mejora continua y adaptación tecnológica (Ramírez et al., 2025). Este modelo ha sido validado en múltiples sectores, incluyendo educación, manufactura y servicios, por su capacidad para predecir la intención de uso y el comportamiento real de adopción tecnológica (Rodríguez Mendoza, 2020). El modelo UTAUT ha sido ampliamente

utilizado en investigaciones sobre adopción tecnológica en sectores como educación, manufactura, servicios, emprendimiento y administración pública. Entre ellos, García de Blanes Sebastián (2023) aplicó UTAUT2 (Extensión del modelo UTAUT) para estimar la intención de uso de plataformas de pago móvil, demostrando su utilidad en contextos digitales emergentes. De igual forma, Rodríguez Mendoza (2020) validó el modelo en una pequeña empresa peruana que adoptó un sistema ERP, evidenciando su capacidad para explicar el comportamiento organizacional frente a nuevas tecnologías.

En el ámbito gubernamental, Machado de Freitas y Silva da Rosa (2022) realizaron una revisión crítica sobre la aplicación del modelo en gobiernos electrónicos, destacando su versatilidad para evaluar la aceptación tecnológica en entornos institucionales complejos.

El modelo UTAUT se basa en cuatro constructos principales (Nuñez Solano & Olea Cordova, 2022):

1. Rendimiento esperado: es el grado en que el usuario de que usar la tecnología mejorará su desempeño laboral. Este constructo es el más influyente en la intención de uso, especialmente cuando el beneficio es claro y medible.

2. Esfuerzo esperado: se refiere a la facilidad percibida para aprender y utilizar la tecnología. Si el sistema es intuitivo y no requiere mucho entrenamiento, la intención de uso aumenta.

3. Influencia social: es la percepción de que personas importantes para el usuario (jefes, colegas, familiares) creen que debería usar la tecnología. Este factor es más fuerte en entornos donde el uso es visible o socialmente valorado.

4. Condiciones facilitadoras: se relaciona con la disponibilidad de recursos, infra-estructura y soporte técnico que permiten el uso efectivo de la tecnología. Este constructo influye directamente en el comportamiento de uso, más que en la intención.

Estos constructos afectan directamente a dos variables dependientes (Nuñez Solano & Olea Cordova, 2022):

a. Intención conductual: es la disposición consciente del usuario para utilizar la tecnología. Se considera el paso previo al uso real y está influenciada por los tres primeros constructos.

b. Comportamiento de uso: es el uso efectivo y real de la tecnología en el entorno laboral. Está influenciado por la intención conductual y por las condiciones facilitadoras.

El modelo UTAUT no solo permite entender la adopción tecnológica desde una perspectiva organizacional, sino que también ofrece herramientas para diagnosticar, planificar e intervenir en procesos de transformación digital en instituciones educativas. Su enfoque estructurado facilita la identificación de resistencias, motiva-ciones y necesidades del profesorado y del estudiantado frente a nuevas herramientas digitales.

Metodología

La investigación es de tipo cuantitativo, descriptivo y transversal. Se aplicó un cuestionario estructurado según los constructos del modelo UTAUT referido anteriormente, apoyados en la aplicación en Google Forms, con el objetivo de analizar el nivel de aceptación tecnológica entre estudiantes de la Escuela de Ingeniería

Industrial de la Universidad de Carabobo. Así, los factores son: rendimiento esperado, esfuerzo esperado, influencia social y condiciones facilitadoras, y las variables dependientes intención conductual y comportamiento de uso. Las preguntas se formularon en escala tipo Likert de cinco puntos (del 1 al 5), permitiendo captar el grado de acuerdo de los participantes con afirmaciones relacionadas con el uso de tecnologías en su entorno académico.

La muestra estuvo conformada por 28 estudiantes activos de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo, mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Una vez recolectadas las respuestas, los datos fueron exportados a una hoja de cálculo en Microsoft Excel y posteriormente procesados en el software estadístico SPSS. Se aplicaron análisis descriptivos para identificar tendencias generales.

Se garantizó el consentimiento informado y la confidencialidad de los datos, en concordancia con principios éticos de investigación en seres humanos.

Desarrollo de la Investigación

La incorporación de tecnologías digitales en el ámbito educativo ha transformado significativamente los procesos de enseñanza y aprendizaje. En este contexto, el modelo UTAUT se ha consolidado como una herramienta teórica eficaz para evaluar la aceptación de tecnologías, al considerar factores como el rendimiento esperado, el esfuerzo requerido, la influencia social y las condiciones facilitadoras (Rodríguez Mendoza, 2020).

En la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo, se ha promovido el uso de plataformas virtuales, software especializado y recursos digitales como parte del proceso formativo. Sin embargo, la adopción efectiva de estas herramientas depende de la percepción que los estudiantes tienen sobre su utilidad, facilidad de uso y el entorno institucional que las respalda (García de Blanes Sebastián, 2023).

Los resultados obtenidos revelan una tendencia positiva en la aceptación tecnológica, especialmente en los constructos de rendimiento esperado e influencia social. Esto sugiere que los estudiantes reconocen el valor de las tecnologías para mejorar su desempeño académico, y que el entorno social —compañeros y docentes— influye significativamente en su disposición a utilizarlas.

Sin embargo, se ha obtenido como resultado que la mayoría de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo no cuentan con las condiciones facilitadoras para la adopción de tecnologías que contribuyan a su desarrollo académico y profesional dentro de las instalaciones.

Estos hallazgos refuerzan la importancia de integrar modelos como UTAUT en el análisis de entornos educativos, y de fortalecer las condiciones institucionales que faciliten su implementación (Vázquez Cid De León et al., 2023).

Análisis de los Resultados

Los datos fueron procesados en Excel y SPSS, aplicando estadística descriptiva, correlaciones de Pearson y pruebas t para diferencias cono fue el caso del sexo. Para determinar las preguntas más valoradas y las menos valoradas se sacó un promedio de los encuestados y para determinar el

constructo más valorado y el menos valorados se realizó un promedio de las preguntas pertenecientes a sus respectivos constructos. Así, se determinaron las preguntas más valoradas y las menos valoradas por los estudiantes participantes (ver tablas 1 y 2).

Tabla 1
Preguntas más valoradas de la encuesta

Ítem	Promedio
La tecnología educativa me permite desarrollar habilidades que considero relevantes para el entorno profesional de la ingeniería industrial.	4,36
La integración de tecnología en las asignaturas ha mejorado mi capacidad para aplicar conocimientos teóricos en situaciones prácticas.	4,11
El reconocimiento académico y social por el uso adecuado de tecnología motiva a los estudiantes a explorar más herramientas digitales.	4,11

Tabla 2
Preguntas menos valoradas de la encuesta

Ítem	Promedio
La escuela ofrece recursos suficientes para que el uso de tecnología educativa sea parte integral de mi formación.	2,14
La escuela ofrece oportunidades de formación continua para que tanto estudiantes como docentes se mantengan actualizados en el uso de tecnologías emergentes.	2,39
Cuando tengo dificultades técnicas, puedo acceder a soporte o ayuda por parte de docentes o personal de la escuela como Power BI.	2,40

Se puede apreciar en la tabla 1 que, los estudiantes están de acuerdo con que la tecnología educativa les permite desarrollar habilidades que consideran fundamentales para el entorno empresarial como ingenieros industriales. Resalta de la tabla 2, que los estudiantes reportaron que la escuela de Industrial no ofrece los suficientes recursos para que el uso de la tecnología educativa sea eficiente y sea parte esencial de la formación de los estudiantes de la escuela.

Los promedios de cada pregunta permitieron calcular los promedios para los cuatros constructos del modelo UTAUT con la finalidad de saber cuál es el de mayor peso y el más débil en este contexto académico (ver tabla 3).

Tabla 3
Promedios y desviaciones estándar muestrales por constructo del modelo UTAUT

Constructo	Ítems	Prom	Desviación Estándar
Rendimiento Esperado	1–5	4,04	0,22
Esfuerzo Esperado	6–10	3,71	0,27
Influencia Social	11–15	3,76	0,37
Condiciones Facilitadoras	16–20	2,41	0,16

En la tabla 3, se pueden ver el promedio por constructo, que es la percepción que tienen los estudiantes de la escuela de Ingeniería Industrial. También incluye la desviación estándar muestral, que representa qué tan de acuerdo están los estudiantes en los aspectos de la escuela en cuanto al uso y adopción de tecnologías refiere.

Para cada uno de los constructos del modelo UTAUT se tienen los siguientes análisis, empezando con la interpretación del promedio y después con la de la desviación estándar muestral:

1. Rendimiento esperado (M=4,04, SD=0,22): se percibe que la tecnología mejora el aprendizaje y desempeño académico por parte de los estudiantes. Además de que detecto que su opinión es homogénea, casi todos creen que la tecnología ayuda a adquirir habilidades importantes en la industria y los motiva a explorar más herramientas y tecnologías útiles en el entorno industrial.
2. Esfuerzo esperado (M=3,71, SD=0,27): los alumnos tienen una buena percepción de facilidad de uso de las tecnologías y herramientas que se encuentren a su alcance, aunque con margen de mejora. La variabilidad indica que algunos de ellos ven fácil el manejo de programas y herramientas de gestión y encuestas, mientras que otros.
3. Influencia social (M=3,76, SD=0,37): los estudiantes sienten apoyo social, ya sea de docentes y otros compañeros; para usar tecnología. Lo cual es positivo ya que puede incentivar a la escuela a considerar su potencial académico e invertir en su implementación y su mantenimiento. Opiniones más divididas sobre el apoyo social recibido.
4. Condiciones facilitadoras (M=2,41, SD=0,16): se ha reportado baja percepción sobre el acceso a recursos, soporte técnico e infraestructura institucional. Los alumnos no cuentan con los recursos necesarios para adoptar la tecnología adecuada ni tampoco cuentan con un soporte técnico a cuál acudir por cualquier problema o duda que puedan llegar a tener durante su manejo. Todos coinciden en que hay poca infraestructura y soporte.

En resumen, los estudiantes perciben que el uso de tecnologías educativas mejora su rendimiento académico, aunque consideran que las condiciones institucionales no son adecuadas para su implementación. La baja desviación estándar en este último constructo indica un consenso generalizado sobre la falta de infraestructura y soporte técnico.

Análisis de Fiabilidad

Para evaluar la fiabilidad interna del instrumento, se calculó el coeficiente alfa de Cronbach. Este coeficiente permite estimar el grado de consistencia entre los ítems que conforman una misma dimensión, considerando que valores superiores a 0.70 son indicativos de una adecuada fiabilidad (ver Tabla 4).

Tabla 4

Valores típicos de interpretación del alfa de Cronbach

Valor de α	Interpretación
≥ 0.90	Excelente fiabilidad
0.80 – 0.89	Buena fiabilidad
0.70 – 0.79	Aceptable
0.60 – 0.69	Cuestionable
< 0.60	Pobre (revisar ítems)

El coeficiente alfa de Cronbach es una de las herramientas más utilizadas para estimar la fiabilidad, entendido como una medida de la consistencia interna; es decir, el grado de

interrelación entre los ítems. Generalmente, se considera aceptable un valor superior a 0.70, mientras que valores por encima de 0.80 indican una buena fiabilidad, y superiores a 0.90 pueden sugerir redundancia entre ítems (Hernández, Fernández & Baptista, 2014; Tavakol & Dennick, 2011).

Se aplicó la prueba de fiabilidad usando el programa SPSS para evaluar cada uno de los constructos del UTAUT aplicado. Posteriormente, se aplicó la prueba con todos los datos para determinar la fiabilidad del modelo y se comparó con los valores típicos para su interpretación (Ver tabla 5).

Tabla 5

Valores del alfa de Cronbach obtenidos de la prueba de fiabilidad de cada constructo

Constructo	Valor de α	Interpretación
Rendimiento Esperado	0.863	Buena fiabilidad
Esfuerzo Esperado	0.768	Aceptable
Influencia Social	0.774	Aceptable
Condiciones Facilitadoras	0.840	Buena fiabilidad

El coeficiente alfa de Cronbach para el instrumento completo fue de 0.896, lo que indica una alta consistencia interna general. No obstante, se calcularon también las alfas (α) por constructo, con el fin de evaluar la fiabilidad interna específica de cada dimensión del modelo UTAUT. Los resultados mostraron valores aceptables a buenos, lo que respalda la validez del instrumento en sus componentes individuales.

Análisis de Factores

Con el propósito de evaluar la validez estructural del instrumento y confirmar empíricamente la agrupación de ítems según los constructos del modelo UTAUT, se aplicó un análisis factorial exploratorio (AFE) utilizando el método de componentes principales como técnica de extracción. Esta técnica es ampliamente recomendada en estudios de validación de instrumentos, ya que permite identificar estructuras latentes y reducir la dimensionalidad sin perder información relevante (Lloret-Segura et al., 2014; García Magallanes et al., 2025; Ledesma et al., 2021). Para facilitar la interpretación de los factores, se empleó una rotación ortogonal Varimax, que maximiza la varianza explicada por cada componente y mantiene la independencia entre ellos. Este tipo de rotación es especialmente útil cuando los constructos teóricos son conceptualmente distintos, como ocurre en el modelo UTAUT (Benites, 2021; Viteri Robayo, 2022; FasterCapital, 2025).

Se estableció como criterio de retención el autovalor mayor a 1, siguiendo la regla de Kaiser, y se consideraron únicamente las cargas factoriales absolutas superiores a 0.50 como indicativas de una asociación significativa entre el ítem y el componente. Este umbral garantiza que los ítems incluidos en cada factor contribuyen de manera sustancial a la dimensión correspondiente, cumpliendo con los estándares metodológicos para estudios exploratorios (Hair et al., 2014; García Magallanes et al., 2025; Lloret-Segura et al., 2014).

Previamente a la extracción de componentes, se evaluó la adecuación de los datos mediante el índice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de

esfericidad de Bartlett, con el fin de verificar que la matriz de correlaciones era apropiada para el análisis factorial. Valores de KMO superiores a 0.80 y significancia estadística en la prueba de Bartlett respaldan la pertinencia del modelo aplicado (Pizarro & Martínez, 2020; Romero, 2020).

Para verificar la pertinencia de los datos para el análisis factorial exploratorio, se aplicó la prueba de esfericidad de Bartlett, obteniéndose un resultado estadísticamente significativo (χ^2=160.501; gl=55; p<0.001). Este valor indica que la matriz de correlaciones difiere significativamente de una matriz identidad, lo que confirma que los ítems están correlacionados entre sí y pueden ser agrupados en factores latentes. Además, el índice de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) fue de 0,729, lo que se considera aceptable según los criterios establecidos por Kaiser (1974), respaldando la pertinencia de aplicar el análisis factorial sobre los datos obtenidos (ver en la tabla 6).

Tabla 6

Matriz de correlaciones (Prueba de KMO Y Bartlett)

Variable		Valor
Determinante		0,001
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de Muestreo		0,729
Prueba de Esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-Cuadrado (χ^2)	160,501
	Grados de Libertad (gl)	55
	Significancia (p)	<0,001

Las comunalidades representan la proporción de la varianza de cada variable que puede ser explicada por los factores extraídos en el análisis factorial (ver Tabla 7).

Tabla 7

Comunalidades de las variables

Variable	Comunalidad (Extracción)	Interpretación
VAR00003	0.877	Excelente representación
VAR00009	0.875	Excelente representación
VAR00005	0.875	Excelente representación
VAR00010	0.787	Muy buena representación
VAR00008	0.761	Muy buena representación
VAR00016	0.743	Muy buena representación
VAR00013	0.725	Buena representación
VAR00004	0.713	Buena representación
VAR00006	0.705	Buena representación
VAR00015	0.690	Aceptable representación
VAR00011	0.629	Aceptable representación
VAR00014	0.522	Representación moderada

Nota. Método de extracción: análisis de componentes principales

En cuanto a las comunalidades, se observó que la mayoría de las variables presentan valores superiores a 0.6, lo que indica una buena representación por los factores extraídos. Las variables VAR00003, VAR00005 y VAR00009 destacan con comunalidades superiores a 0,87, lo que sugiere una excelente capacidad explicativa del modelo sobre estas dimensiones. Por otro lado, la variable VAR00014 obtuvo una comunalidad de 0,522, lo que indica una representación moderada, aunque aún aceptable dentro del contexto del análisis.

Se extrajeron tres componentes principales con autovalores mayores a 1, siguiendo el criterio de Kaiser. Estos componentes explican conjuntamente el 72,97% de la varianza total, lo cual es un indicador robusto de la estructura subyacente del instrumento (ver tablas 8).

El análisis de componentes principales reveló que los tres primeros factores presentan autovalores superiores a 1, cumpliendo con el criterio de Kaiser para su retención. Estos componentes explican conjuntamente el 72,968% de la varianza total, lo que se considera un nivel satisfactorio de explicación en estudios de corte exploratorio (ver tabla 9).

Tabla 9
Suma de cargas al cuadrado de la extracción

Componente	Autovalor	% de Varianza	% Acumula
1	4.625	42.046	42.046
2	1.932	17.562	59.608
3	1.470	13.360	72.968

Tabla 9
Suma de cargas al cuadrado de la rotación

Componente	Autovalor	% de Varianza	% Acumula
1	2.842	25.834	25.834
2	2.644	24.038	49.872
3	2.541	23.096	72.968

Tras aplicar la rotación Varimax, se observó una redistribución más equilibrada de la varianza entre los factores, facilitando su interpretación. El primer componente explicó el 25.834%, el segundo el 24.038%, y el tercero el 23.096% de la varianza, manteniendo el total acumulado en 72.968%. Estos resultados respaldan la estructura factorial del instrumento, indicando que los ítems se agrupan coherentemente en tres dimensiones latentes que capturan la mayoría de la variabilidad observada. La matriz de componentes rotados muestra cómo cada ítem se asocia con los factores extraídos en el análisis factorial. Las cargas factoriales indican el grado de correlación entre cada ítem y el componente correspondiente. Tras aplicar la rotación Varimax, se busca que cada ítem se relacione fuertemente con un solo componente, facilitando la interpretación (ver tabla 10).

La matriz de componentes rotados reveló una estructura clara compuesta por tres factores. Los ítems se agruparon de forma coherente, con cargas factoriales superiores a 0,50 en sus respectivos componentes, lo que indica una asociación significativa entre cada ítem y su dimensión subyacente.

Por último, para evaluar la consistencia interna de los ítems agrupados en cada componente identificado mediante análisis factorial exploratorio, se aplicó el coeficiente de fiabilidad alfa de Cronbach. (ver tabla 11).

Tabla 10

Matriz de componentes rotados

	Componente		
Ítem	**1**	**2**	**3**
VAR00013	0.848		
VAR00015	0.773		
VAR00006	0.701		
VAR00014	0.684		
VAR00010		0.881	
VAR00008		0.854	
VAR00016		0.807	
VAR00011		0.527	
VAR00005			0.932
VAR00003			0.925
VAR00004			0.660

Tabla 11

Valores del alfa de Cronbach obtenidos de la prueba de fiabilidad de cada componente

Componente	Alfa de Cronbach	Nº de ítems	Interpretación
1	0.793	4	Fiabilidad aceptable
2	0.834	4	Fiabilidad sólida
3	0.840	3	Fiabilidad sólida

Los valores del alfa de Cronbach obtenidos para cada componente fueron superiores al umbral mínimo recomendado de 0.70, lo que indica una adecuada consistencia interna. En particular, los componentes 2 y 3 alcanzaron valores superiores a 0.80, considerados como indicadores de fiabilidad sólida. Dado que todos los ítems se encuentran en una misma escala ordinal de tipo Likert, se reporta el alfa de Cronbach estándar, sin necesidad de recurrir a la versión basada en elementos estandarizados. Estos tres factores se corresponden con los constructos de Rendimiento Esperado, Esfuerzo Esperado y Condiciones Facilitadoras, definidos en el modelo UTAUT. La ausencia de un cuarto componente vinculado a la Influencia Social podría explicarse por la baja comunalidad de sus ítems o por la escasa variabilidad en las respuestas, lo cual coincide con hallazgos previos que señalan dificultades en la extracción de constructos cuando la muestra es limitada o los ítems no presentan suficiente diferenciación (Hair et al., 2014).

El primer componente agrupó ítems relacionados con la expectativa de mejora en

el desempeño académico mediante el uso de tecnologías, reflejando el constructo de Rendimiento Esperado. El segundo componente se asoció con la percepción de facilidad para aprender y utilizar herramientas digitales, correspondiente al Esfuerzo Esperado. El tercer componente representó las Condiciones Facilitadoras, vinculadas a la disponibilidad de recursos técnicos y soporte institucional. Estos resultados respaldan la validez estructural del instrumento aplicado y confirman la pertinencia de los ítems seleccionados para medir los constructos del modelo UTAUT en el contexto educativo de la Escuela de Ingeniería Industrial.

Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con hallazgos reportados en estudios recientes que han aplicado el modelo UTAUT en contextos universitarios, utilizando herramientas como SPSS y análisis factorial exploratorio. Entre estos estudios, García de Blanes et al. (2024), en universidades españolas, analizaron la adopción del aprendizaje móvil (M-learning) post-pandemia mediante UTAUT-2. Aunque el modelo fue extendido, se confirmó que la influencia social, la motivación hedónica y la satisfacción influyen en la intención de uso, mientras que el rendimiento y el esfuerzo esperados no mostraron efectos directos. Este contraste con el presente estudio sugiere que el contexto presencial puede modificar los patrones de adopción tecnológica.

Así también, García de Blanes et al. (2025) encontrando que el rendimiento esperado y las condiciones facilitadoras fueron predictores de la intención de uso de plataformas educativas. Estos resultados refuerzan la validez de los hallazgos obtenidos en la Universidad de Carabobo, donde las condiciones institucionales fueron el constructo menos valorado, evidenciando una brecha entre la percepción de utilidad y la infraestructura disponible.

Por su parte, Attuquayefio y Addo (2014), identificaron que las condiciones facilitadoras influyen directamente en el comportamiento de uso, mientras que la influencia social tiene un impacto moderado. Esta tendencia se replica parcialmente en el presente estudio, donde la influencia social no emergió como componente independiente en el análisis factorial, posiblemente por baja comunalidad o escasa variabilidad en las respuestas.

Finalmente, la revisión sistemática de Xue et al. (2024), realizada en China, analizó 162 estudios sobre UTAUT en educación superior y concluyó que el rendimiento esperado es el predictor más fuerte de la intención de uso, especialmente en contextos de aprendizaje móvil. Este patrón se repite en la presente investigación, donde los estudiantes valoran positivamente el impacto de la tecnología en su desempeño académico.

En conjunto, estos estudios confirman que el modelo UTAUT es robusto y replicable en diversos entornos educativos, y que los constructos de rendimiento, esfuerzo e infraestructura institucional son determinantes clave en la adopción tecnológica. La coherencia entre los resultados obtenidos en la Universidad de Carabobo y los reportados en universidades de España, México, Perú, Ghana y China refuerza la validez externa del instrumento aplicado y su utilidad para el diagnóstico institucional. El análisis factorial exploratorio confirmó la validez estructural del instrumento, con tres componentes principales que explican el 72.968% de la varianza total. Las cargas factoriales superiores a 0.80 y un alfa de

Cronbach global de 0.896 respaldan la coherencia interna y la fiabilidad del instrumento.

Aunque se evidencia una disposición favorable hacia la tecnología, su adopción efectiva exige condiciones institucionales más sólidas. La articulación del modelo UTAUT con prácticas de gestión de calidad, como las promovidas por la norma ISO 9001, podría fortalecer la infraestructura tecnológica y potenciar el desempeño académico.

Conclusiones

La presente investigación demuestra que la aceptación tecnológica entre estudiantes de ingeniería está fuertemente influenciada por la percepción de utilidad y el entorno social, pero limitada por la falta de condiciones institucionales adecuadas. El modelo UTAUT se confirma como una herramienta válida y confiable para evaluar estos factores en contextos educativos.

Por lo que se concluye que la adopción de tecnologías en entornos académicos no depende únicamente de la actitud de los usuarios, sino también de la capacidad institucional para facilitar su implementación. La combinación de modelos como UTAUT y prácticas de gestión de calidad representa una vía prometedora para mejorar el rendimiento académico y profesional de los futuros ingenieros industriales.

No obstante, una de las principales limitaciones del estudio fue el tamaño reducido de la muestra (28 estudiantes), lo que restringe la generalización de los resultados. Esta condición metodológica, si bien es común en estudios exploratorios, sugiere que una muestra más amplia podría permitir análisis más robustos para investigaciones futuras.

Finalmente, a pesar de ser una muestra pequeña, los resultados obtenidos ofrecen una visión representativa del entorno institucional actual y constituyen una base sólida para futuras investigaciones ampliadas. En particular, se recomienda explorar la interacción entre los constructos del modelo UTAUT y variables organizacionales como la cultura de innovación, el liderazgo académico y las políticas de formación digital, con el fin de diseñar estrategias integrales que impulsen la transformación tecnológica en la educación superior.

REFERENCIAS

Attuquayefio, S. & Addo, H. (2014). Review Of Obstacles Which Inhibit Ict Adoption In Higher Education. European Scientific Journal 10(13):1857-7881

Benites, L. (2021). Aplicación del modelo UTAUT en entornos educativos virtuales. Revista de Investigación Educativa, 39(2), 45–60. https://revistas.uned.es/index.php/reined/article/view/29561

FasterCapital. (2025). UTAUT Model: Understanding Technology Adoption. https://fastercapital.com/knowledge/utaut-model.html

García de Blanes Sebastián, M., Sarmiento Guede, J.R., Azuara Grande, A,. Ferrao Filipe, A. (2025). UTAUT-2 predictors and satisfaction: implications for mobile-learning adoption among university students. Educ Inf Technol 30, 3201–3237. https://doi.org/10.1007/s10639-024-12927-1

García de Blanes Sebastián, M. (2023). Aplicación del modelo UTAUT2 para estimar la intención de uso de tecnología en plataformas de pago móvil. URJC – Burj Digital.

https://burjcdigital.urjc.es/items/4468bafc-44c2-48ca-9a13-3c48b23c96ce

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2014). Multivariate Data Analysis (7th ed.). Pearson Education. https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/multivariate-data-analysis/P200000003

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). McGraw-Hill.

Kaiser, H. F. (1974). An index of factorial simplicity. Psychometrika, 39(1), 31–36. https://link.springer.com/article/10.1007/BF02291575

Lloret-Segura, S., Ferreres-Traver, A., Hernández-Baeza, A., & Tomás-Marco, I. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: una guía práctica, didáctica y basada en la evidencia para la creación de cuestionarios. Anales de Psicología, 30(3), 1151–1161. https://revistas.um.es/analesps/article/view/211231

Machado de Freitas, M., & Silva da Rosa, F. (2022). Revisión de literatura sobre la aplicación de la Teoría Unificada de Aceptación y Uso de Tecnologías en gobiernos electrónicos. Revista Contabilidad y Negocios, 17(34), 233–262. https://doi.org/10.18800/contabilidad.202202.010

Microsoft. (2025). Copilot (versión de agosto de 2025) [Modelo de lenguaje de gran tamaño]. https://copilot.microsoft.com/

Pizarro Romero, K., & Martínez Mora, O. (2020). Análisis factorial exploratorio mediante el uso de las medidas de adecuación muestral KMO y esfericidad de Bartlett para determinar factores principales. Universidad Nacional de Tumbes. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7723210.pdf

Rodríguez Mendoza, M. A. (2020). Validación del modelo UTAUT en la adopción de un sistema ERP en una pequeña empresa peruana. Dialnet – Natura@economía. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9095457.pdf

Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. International Journal of Medical Education, 2, 53–55. https://www.ijme.net/archive/2/making-sense-of-cronbachs-alpha/

Vázquez Cid De León, C., et al. (2023). Caracterización de la norma ISO 9001:2015 en organizaciones con inteligencia artificial. SciELO Perú – Revista Ingeniería Industrial. https://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2523-63262023000100109

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. MIS Quarterly, 27(3), 425–478. https://doi.org/10.2307/30036540

Viteri Robayo, J. (2022). Validación de instrumentos mediante análisis factorial exploratorio. Revista Científica de Ciencias Sociales, 8(1), 112–130. https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/rccs/article/view/412

Xue, L., Rashid, A. M., & Ouyang, S. (2024). The Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) in Higher Education: A Systematic Review. Sage Open, 14(1). https://doi.org/10.1177/21582440241229570

Fecha de recepción: 22 de agosto de 2025

Fecha de aceptación: 04 de noviembre de 2025

EL FACTOR K EN LA EFICIENCIA DE SISTEMAS CONTRA INCENDIOS. ANÁLISIS HIDRÁULICO MEDIANTE SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

Cordero Cristina y Di Stefano Luis

Escuela de Ingeniaría Industrial. Facultad de Ingeniería.
Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela

criscordero09@gmail.com, ldistefano13@gmail.com

Resumen: este estudio examina el impacto del factor K en el diseño hidráulico de sistemas de rociadores automáticos contra incendios, en el marco de la normativa NFPA 13. Se propone una metodología basada en simulación computacional, que permite evaluar el comportamiento del sistema ante distintos escenarios de incendio. A través del desarrollo de un simulador, se analizan variables críticas como presión, caudal, tiempo de activación, consumo total de agua, considerando el factor K como una variable de optimización. Los resultados obtenidos evidencian que el tratamiento dinámico del factor K mejora la eficiencia del sistema y permite una respuesta más precisa ante condiciones reales. Asimismo, se plantea la necesidad de actualizar los marcos normativos para incorporar herramientas de simulación avanzadas y fomentar la comparación entre distintos modelos CFD. Esta investigación contribuye al fortalecimiento del diseño técnico de sistemas contra incendios, promoviendo soluciones más seguras y adaptables.

Palabras clave: factor K, diseño hidráulico, simulación computacional.

THE K-FACTOR IN THE EFFICIENCY OF FIRE PROTECTION SYSTEMS. HYDRAULIC ANALYSIS THROUGH COMPUTATIONAL SIMULATION

Abstract: this study examines the impact of the K-factor on the hydraulic design of automatic fire sprinkler systems within the framework of NFPA 13 standards. A computational simulation-based methodology is proposed to evaluate system behavior under various fire scenarios. Through the development of a simulator, critical variables such as pressure, flow rate, activation time, and total water consumption are analyzed, considering the K-factor as an optimization variable. The results demonstrate that treating the K-factor dynamically enhances system efficiency and enables a more accurate response under real conditions. Furthermore, the study highlights the need to update existing regulations to incorporate advanced simulation tools and encourages the comparison of different CFD models in future research. This work contributes to strengthening the technical design of fire protection systems, promoting safer and more adaptable solutions.

Keywords: K-factor, hydraulic design, computational simulation.

Introducción

En el diseño de sistemas de protección contra incendios, los rociadores juegan un papel fundamental. Uno de los aspectos técnicos más relevantes en su selección y funcionamiento es el factor K, una constante que influye directamente en el caudal de agua que entrega cada dispositivo. Aunque tradicionalmente se ha tratado como un valor fijo, hoy en día existen herramientas que permiten analizarlo de forma más dinámica y precisa.

Este artículo explora la relación entre el factor K y los distintos tipos de rociadores, así como el desarrollo de una simulación computacional para optimizar su selección y evaluar su desempeño. A través de un enfoque práctico, se presentan los parámetros evaluados, los resultados obtenidos y la metodología utilizada para desarrollar un simulador capaz de representar escenarios reales. El objetivo es aportar una visión más completa sobre cómo mejorar el diseño hidráulico y fortalecer la respuesta ante incendios, integrando tecnología y análisis en cada etapa del proceso; todo esto dentro del marco normativo de la NFPA 13.

Marco Normativo (NFPA 13), Definición del Factor K

La NFPA 13 (National Fire Protection Association), establece los requisitos mínimos para el diseño e instalación de sistemas de rociadores automáticos. Esta norma realiza la clasificación de los riesgos en tres categorías principales: riesgo ligero, riesgo ordinario y riesgo extraordinario, cada uno con exigencias y condiciones hidráulicas distintas.

El factor K es una constante hidráulica que refleja el diseño físico del rociador, representa la relación que existe entre la presión presente en el rociador y el caudal descargado por él, expresado mediante la ecuación (1):

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}} \quad (1)$$

Donde:

Q, es el caudal de descarga, que puede ser expresado en litros por minuto (L/min) en el sistema métrico o en galones por minuto (gpm) en el sistema inglés.

P, es la presión del agua en la boquilla del rociador, medida en bares (bar) o libras-fuerza por pulgada cuadrada (psi).

K, es el factor K ($\mathbf{gpm/\sqrt{psi}}$), una constante de descarga, que relaciona las propiedades geométricas y de resistencia de la boquilla del rociador.

El factor K se determina de manera experimental mediante ensayos, al medir el caudal de agua que descarga un rociador a una presión de prueba específica. Un valor del factor K más alto indica que el rociador puede descargar un mayor caudal de agua a una presión dada, lo que tiene profundas implicaciones en el diseño del sistema de rociadores contra incendios.

Factor K y su Asociación al Tipo De Rociadores

Los rociadores se clasifican según su factor K, lo que a menudo se correlaciona con el tamaño de su orificio y su aplicación prevista. A partir del desarrollo del rociador con factor k=5.6 $\mathbf{gpm/\sqrt{psi}}$, se desarrollaron rociadores de mayor o menor tamaño como puede apreciarse en la tabla 1.

Tabla 1

Valores de Factor K, de acuerdo a la Norma NFPA 13

Factor K ($gpm/\sqrt{psi}$)	Descripción	Presión mínima (psi)	Aplicación
2.8	Rociadores de respuesta rápida para techos residenciales	7	Residencial
4.2	Rociador de orificio pequeño	7	Residencial y algunos sistemas de oficina
5.6	Rociador estándar	7	Aplicaciones de riesgo ligero y ordinario
8.0	Rociador de orificio grande	7	Almacenamiento y áreas de riesgo ordinario
11.2	Rociador de respuesta rápida, control de supresión de incendios (ESFR)	12	Almacenamiento de altura
14.0	Rociador de orificio extra grande (EO)	12	Almacenamiento de altura y áreas industriales
16.8	Rociador de orificio extra grande (EO)	12	Almacenamiento de altura y áreas industriales
22.4	Rociador de orificio extra grande (EO)	12	Almacenamiento de altura y áreas industriales
25.2	Rociador de orificio extra grande (EO)	12	Almacenamiento de altura y áreas industriales
28.0	Rociador de orificio extra grande (EO)	12	Almacenamiento de altura y áreas industriales

Nota: NFPA 13-2022

El valor del factor K puede variar desde 2.8 hasta 28.0, dependiendo del tipo de rociador y su aplicación.

Rociadores de orificio estándar (Standard Orifice - SO): generalmente con un K=5.6 o K=8.0, son los más comunes para riesgos ligeros y ordinarios.

Rociadores de respuesta rápida de orificio grande (Large Orifice-LO / Quick Response - QR): a menudo con un K=8.0 o K=11.2, diseñados para descargar un mayor volumen de agua en las etapas iniciales de un incendio, mejorando la supresión.

Rociadores de respuesta rápida y orificio extra grande (Extra Large Orifice - EO / QR): con factores K de 14.0 o 16.8, se utilizan en aplicaciones donde se requiere una descarga de agua aún mayor, como en instalaciones de almacenamiento.

Rociadores de control de modo de aplicación específico para almacenamiento (Specific Application Control Mode - ESFR): estos rociadores están diseñados para suprimir incendios en almacenamiento de altura, con valores de K que pueden ser tan altos como 28.0. Su elevado caudal permite un ataque directo y la supresión del fuego en su origen.

La selección de un rociador con un factor K específico no es arbitraria; está directamente vinculada a la densidad de descarga requerida para un área determinada, lo que a su vez depende del tipo de riesgo de incendio. Un factor K alto permite mayor caudal a presión baja, lo que puede ser ventajoso en sistemas con limitaciones hidráulicas. Sin embargo, también implica

mayor demanda de agua, lo que puede afectar el dimensionamiento de bombas y tanques. Aunque el factor K aumenta, la presión mínima no lo hace proporcionalmentm esto se debe a que la ecuación (1), $Q = K\sqrt{P}$ (1), permite que un rociador con mayor K entregue más caudal de agua con la misma presión dada. No obstante, para garantizar un patrón de rociado efectivo y superar la resistencia del sistema, se establece una presión mínima estándar (entre 7 psi a 12 psi). La presión mínima es un requisito de diseño, no necesariamente la presión operativa ideal del rociador. La correcta selección del factor K es crucial para:

- Garantizar una cobertura uniforme en toda el área protegida.
- Optimizar el uso de recursos hidráulicos del sistema.
- Cumplir con los requisitos normativos y de desempeño (NFPA 13-2022).

Factor K y su relación de acuerdo al tipo de rociador

Es importante resaltar que existe una relación entre los factores K, en comparación al factor nominal K=5.6, de tal manera que el caudal descargado por ellos es un porcentaje establecido que se puede comparar al caudal con factor K=5.6. Supongamos para el ejemplo de cálculo una presión de 12 psi y los valores de K=4.2, K=5.6 y K=8.0 respectivamente

K=4.2 y P= 12psi $Q_{(K=4.2)} = 4.2\sqrt{12} = 14.55$ gpm

K=5.6 y P= 12 psi $Q_{(K=5.6)} = 5.6\sqrt{12} = 19.40$ gpm

K=8.0 y P= 12 psi $Q_{(K=8.0)} = 8.0\sqrt{12} = 27.70$ gpm

$\frac{Q_{(K=4.2)}}{Q_{(K=5.6)}}$=0.75 $\frac{Q_{(K=8.0)}}{Q_{(K=5.6)}}$=1.43

Mediante este procedimiento, previamente detallado para cada valor de K, se puede establecer en la tabla 2, la siguiente comparación:

Tabla 2

Comparación del Factor K

Factor K $gpm/\sqrt{psi}$	Relación respecto a K=5.6
2.8	0.5
4.2	0.75
5.6	1.0
8.0	1.4
11.2	2.00
14.0	2.50
16.8	3.00
22.4	4.00
25.2	4.50

Nota: elaboración propia

De esta comparación se puede establecer la relación $\frac{Kactual}{Kbase}$ Donde:

- Kactual: es el valor del rociador que se está analizando.
- Kbase = 5.6 es el valor de referencia (rociador estándar).

Para K=2.8, $\frac{2.8}{5.6} = 0.50$

Este rociador tiene la mitad de la capacidad de descarga que el estándar.

Para K=8.0, $\frac{8.0}{5.6} = 1.43$

Este rociador tiene 43% más capacidad de descarga que el estándar.

Para K=22.4, $\frac{22.4}{5.6} = 4.00$

Este rociador tiene 4 veces la capacidad de descarga del estándar.

Este cálculo es útil para comparar rápidamente el rendimiento hidráulico de distintos rociadores sin necesidad de aplicar la fórmula completa de caudal. Mediante esta comparación se puede seleccionar el tipo de rociador más adecuado según el riesgo de incendio, el tipo de ocupación y las características hidráulicas del sistema. Los rociadores con factores K más altos, como los EO (extra grandes), son ideales para aplicaciones industriales o de almacenamiento en altura, donde se requiere un mayor caudal para controlar incendios más intensos.

Simulación Computacional en la Selección del Factor K

La propuesta este artículo consiste en desarrollar y utilizar una simulación computacional de análisis de riesgo específico para determinar el factor K óptimo en cada escenario de estudio. En lugar de aplicar valores estándar, esta metodología considera: La Carga de fuego, y la Presión disponible con las limitaciones propias del sistema hidráulico.

Mediante el software desarrollado, se pueden obtener valores del caudal de descarga, densidad de descarga, tiempo de activación del rociador y tiempo estimado de control del fuego, esto permite modelar distintos escenarios de incendio y evaluar el comportamiento de diversos rociadores. Esta técnica proporciona un método para seleccionar el factor K que maximice la eficiencia hidráulica sin comprometer la cobertura ni el tiempo de respuesta.

Parámetros de evaluación de la Aplicación Computacional

Tipo de Riesgo: la norma NFPA 13-2022 “Standard for the Installation of Sprinkler Systems”, establece una clasificación de riesgos para diferentes tipos de ocupaciones, La clasificación de riesgo de ocupación provee un medio conveniente de categorización de las cargas de combustible y la severidad del fuego asociado con ciertas operaciones en la edificación; son presentadas como descripciones cualitativas, en vez de medidas cuantificables. Las ocupaciones se clasifican en; Ocupaciones de Riesgo Leve o Ligero, Ocupaciones de Riesgo Ordinario del grupo 1 y grupo 2 y Ocupaciones de Riesgo Extra del grupo 1 y grupo 2.

Temperatura de activación del rociador: representa el punto térmico en el que un rociador automático se activa para liberar agua en caso de incendio, esta temperatura debe coincidir con los valores especificados por el fabricante, generalmente entre 57 °C y 182 °C, dependiendo del tipo de rociador y su aplicación.

RTI (Response Time Index): es un parámetro que mide la sensibilidad térmica de un rociador automático frente a un incendio. Se expresa en metros por raíz cuadrada de segundo ($m \cdot s^{0.5}$) y refleja la rapidez con la que el rociador responde al aumento de temperatura en su entorno, es clave en la clasificación de rociadores como "rápidos" o "estándar", en la siguiente tabla se muestran los valores de RTI típicos:

Temperatura ambiente del recinto a evaluar: es la temperatura promedio que se mantiene en el espacio donde se instalarán los rociadores. Este valor influye directamente en la elección de la temperatura de activación del rociador, la norma NFPA 13-2022 establece que la temperatura de activación del rociador debe ser al menos 30 °C por encima de la temperatura ambiente máxima esperada en el recinto. En recintos con temperatura ambiente controlada (como oficinas o residencias), suele estar entre

18 °C y 25 °C. En espacios industriales o almacenes sin climatización, puede variar ampliamente, desde menos de 0 °C hasta más de 50 °C, dependiendo del clima local y la actividad interna.

Temperatura de gases calientes**:** La temperatura de los gases calientes generados durante un incendio varía según la fase del fuego, el tipo de combustible y las condiciones del recinto, estos gases se acumulan en la parte superior de la edificación ocasionando temperaturas elevadas. En la fase incipiente: del fuego, la temperatura de la llama puede alcanzar hasta 538 °C, pero los gases aún no se acumulan significativamente. En la fase de combustión libre los gases calientes pueden superar los 700 °C, especialmente cerca del techo, donde se concentran por efecto de la convección.

Velocidad del aire caliente**:** este parámetro depende de varios factores como la geometría del espacio, la temperatura, la presión y la dinámica del fuego. En espacios cerrados, la velocidad del aire caliente puede alcanzar entre 2 y 5 m/s en condiciones moderadas. En incendios más intensos o en estructuras verticales (escaleras, ductos), puede superar los 10 m/s (tabla 4).

Tabla 3
RTI típicos (NFPA 13)

Tipo de Rociador	RTI típico ($m \cdot s^{0.5}$)	Características Principales
Respuesta rápida (QR)	≤ 50	Activación veloz, ideal para ocupaciones de riesgo ligero como oficinas, escuelas o residencias.
Respuesta estándar	Entre 80 y 90	Activación más lenta, adecuada para ambientes industriales o comerciales con mayor carga térmica.
Respuesta especial	Entre 50 y 80	Usados en condiciones específicas donde se requiere un equilibrio entre sensibilidad y resistencia al entorno.
ESFR (Early Suppression Fast Response)	≤ 50	Diseñados para suprimir incendios rápidamente en almacenes con alta carga combustible.

Nota: NFPA 13-2022

Tabla 4
Valores Típicos de velocidad del aire caliente (u)

Clasificación del Incendio	Rango Típico de Velocidad (u) m/s	Escenarios de Aplicación
Crecimiento Lento	0.5 - 1.0	Incendios que se desarrollan lentamente, como los que involucran materiales como papel o madera en ambientes con techos bajos.
Crecimiento Medio	1.0 - 2.5	El rango más común para la mayoría de los incendios de riesgo estándar, como los que ocurren en oficinas o tiendas.
Crecimiento Rápido	2.5 - 3.0 o más	Incendios que se propagan muy rápido, como los que involucran líquidos inflamables, plásticos o riesgos industriales de alta peligrosidad.

Nota: fuente: (Hurley et al., 2016)

Área de cobertura del Rociador: El Área de Cobertura por rociador, medida en m² o en pie2, es el área sobre la cual se asume que el rociador va a descargar el agua, para propósitos del cálculo. La norma NFPA 13, establece un Área de Cobertura máxima para rociadores estándar colgantes y montantes, que depende de la clase de riesgo, Tabla 5.

Tabla 5
Área de cobertura del rociador (NFPA 13)

Clase de Riesgo	Área de Cobertura Máxima	
	pie^2	m^2
Ligero	225	20,9
Ordinario	130	12,1
Extra	130*	12,1*
	100**	9,3**

*Para densidades de descarga < de 0,25 gpm/pie^2
** Para densidades >= a 0,25 gpm/pie^2

Presión hidráulica del Rociador**:** es el parámetro que determina la fuerza con la que el agua fluye a través del rociador una vez activado como consecuencia de un incendio. Este parámetro es esencial para garantizar que se descargue el caudal necesario que permite controlar o suprimir el incendio de manera efectiva. La Presión mínima de operación de un rociador es de 7 psi, en la Tabla 1, se pueden apreciar dichos valores.

HRR (Heat Release Rate / Tasa de Liberación de Calor): Representa la cantidad de energía térmica que un incendio libera por unidad de tiempo, normalmente expresada en kilovatios (kW), megavatios (MW) por cada m² y para el sistema ingles en BTU/s·m²**.**

En la tabla 6, se indican algunos valores característicos de HRR para diversos materiales. Estos valores están basados en datos típicos de pruebas con calorímetros realizados en diversos estudios académicos y recopilaciones bibliográficas.

Tabla 6
Valores de HRR

Material	HRR			Observaciones
	(kW/m²)	(MW/m²)	(BTU/s·m²)	
Madera (pino, roble)	200–300	0.2–0.3	682–1024	Alta combustibilidad
Espuma de poliuretano	400–1000	0.4–1.0	1365–3412	Muy inflamable, rápido crecimiento del fuego
Polipropileno (plástico)	500–800	0.5–0.8	1706–2730	Común en muebles y envases
PVC (cloruro de polivinilo)	100–250	0.1–0.25	341–853	Menor HRR, pero produce gases tóxicos
Papel/cartón	150–250	0.15–0.25	512–853	Rápido encendido, HRR moderado
Combustibles líquidos (gasolina, gasoil)	>1000	>1.0	>3412	HRR extremadamente alto

Nota: fuente NFPA 13-2022.

Parámetros Resultantes de la Aplicación Computacional

Tiempo de activación del rociador: Según estudios realizados por Hurley et al., (2016), el tiempo de activación puede estimarse con esta fórmula

$$t_a = \frac{RTI}{\sqrt{u}} . Ln\left(\frac{Tg - T_0}{Tg - Ta}\right) \quad (2)$$

Donde:

- t_a: Tiempo de activación (segundos)
- RTI: Índice de tiempo de respuesta del rociador (m·s^0.5)
- u: Velocidad del aire caliente (m/s)
- Tg: Temperatura del gas caliente (°C)
- T_0: Temperatura ambiente (°C)
- Ta: Temperatura de activación del rociador (°C).

Caudal del rociador (Q): es la cantidad de agua que descarga por unidad de tiempo una vez activado el rociador. Se expresa en galones por minuto (gpm) o litros por minuto (L/min), puede estimarse con la fórmula.

$$Q = K.\sqrt{P} \quad (3)$$

Donde:

- K: Factor K del rociador ($gpm/\sqrt{psi}$)
- Q: Caudal en galones por minuto (gpm)
- P: Presión (psi)

Densidad de Aplicación o Descarga (D): representa un parámetro clave que indica la cantidad de agua que debe aplicarse por unidad de superficie para controlar o extinguir un incendio. Su cálculo se puede hacer utilizando la ecuación 4:

$$D = \frac{Q}{A} \quad (4)$$

Donde:

- D: Densidad (gpm/pie²)
- Q: Caudal (gpm)
- A: Área cubierta (pie²)

Una vez realizado el cálculo del valor numérico de la Densidad de Aplicación, es necesario verificar si el mismo cumple con lo estipulado en la normativa NFPA 13 relativo a Las curvas de densidad/área, las cuales describen gráficamente múltiples puntos de diseño para cada clase de riesgo de ocupación.

Tiempo estimado de control (T): este parámetro se refiere al intervalo de tiempo necesario para que el sistema logre contener o extinguir un incendio una vez que se ha activado. Depende de múltiples factores como el tipo de riesgo, la densidad de aplicación, el caudal, el número de rociadores activados en el área de diseño. Su cálculo se puede hacer utilizando la siguiente ecuación:

$$T = \frac{C}{D} \quad (5)$$

Donde:

- T: Tiempo en segundos (minutos)
- C: Constante ajustada (galones/ pie²)
- D: Densidad aplicada (gpm/pie²)

La constante ajustada C que se usa en la fórmula, del tiempo estimado de control (ecuación 5) no es un valor universal ni fijo en todos los escenarios.

Se puede usar como referencia típica en ciertos estudios o modelos simplificados valores como los mostrados en la tabla 7.

Tabla 7
Valores característicos de C

Tipo de ocupación o riesgo	Valor típico de C		Comentario
	(gal/pie²)	(Litros/m²)	
Riesgo ligero (oficinas, escuelas)	0.15 – 0.20	20–25	Baja carga de combustible
Riesgo ordinario (almacenes, talleres)	0.30 – 0.50	30–35	Carga moderada de materiales combustibles
Riesgo extra (industria química, plásticos)	0.60 – 1.00	40–60	Alta carga térmica y combustibilidad
Almacenamiento en estanterías altas	1.00 – 2.00	60–80	Requiere mayor densidad y volumen por área

Nota: fuente propia

En la práctica el valor de C, se puede calcular a partir de las tablas de densidad de diseño de la NFPA 13-2022 según el riesgo de ocupación, este valor representa el volumen total de agua requerido por unidad de área para controlar un incendio (en gal/pie² o Litros/m²), ajustado según el tipo de riesgo u ocupación.

La estimación precisa del consumo de agua es un parámetro crítico para la planificar la demanda hidráulica en una situación de contingencia. Para tal motivo, resulta indispensable considerar dos variables que inciden directamente en dicho cálculo: el tiempo de operación y el número de rociadores activados.

Tiempo de operación (top**):** representa la duración estimada durante la cual los rociadores estarán descargando agua una vez activados. Este valor depende del tipo de riesgo, la respuesta del cuerpo de bomberos, y la capacidad de control del incendio. esta variable dentro del simulador planteado permite ajustar el consumo total de agua a escenarios más realistas.

Número de rociadores: aunque el cálculo hidráulico suele centrarse en el rociador hidráulicamente más alejado correspondiente al área de diseño, el número total de rociadores activados influye directamente en el volumen de agua requerido. Se puede dar el caso que múltiples rociadores se activan simultáneamente, aumentando el consumo. Incluir esta variable en el simulador permite dimensionar correctamente las reservas de agua y validar la capacidad de las bombas y tanques de almacenamiento. a fórmula utilizada para calcular el consumo de agua por rociador es:

$$\text{Consumo por rociador (gal)} = Q.\frac{top}{60} \qquad (6)$$

Donde:

- Q= Caudal del rociador (gpm)
- top = Tiempo de operación en minutos

La fórmula para el consumo total es:

$$\text{Consumo total (gal)} = Q.\frac{top}{60}.N \qquad (7)$$

Donde:

- N= Número de rociadores activados
- la conversión de galones a litros es de 3,78541 por cada galón.

Metodología para desarrollo del simulador

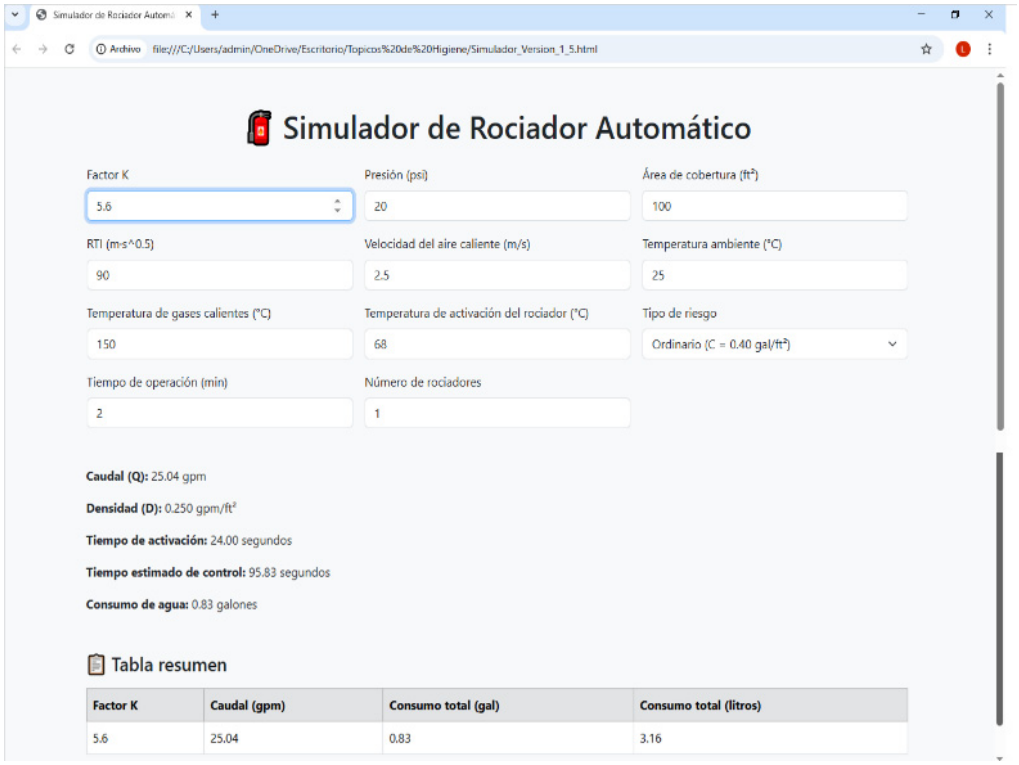
Para este proyecto, desarrollamos un simulador en línea que facilita los cálculos de rociadores automáticos en diferentes escenarios. Se puede considerar una herramienta sencilla, accesible y que se pudiera usar desde cualquier navegador. Por eso, decidimos trabajar con tecnologías web estándar: HTML, CSS y JavaScript.

El primer paso fue el desarrollo de la estructura y el diseño. El HTML se encargó de la arquitectura del simulador, organizando cada campo y etiqueta para que la interfaz fuera intuitiva. Luego, con CSS, definimos el esquema de colores, elegimos la tipografía y nos aseguramos de que el diseño del body sea responsivo y pueda ser usado en cualquier dispositivo.

Con relación a los cálculos, utilizamos JavaScript para escribir las fórmulas que calculan el caudal, la densidad de descarga, los tiempos de activación y control, y el consumo de agua. Se implementaron funciones que ajustan los valores automáticamente, dependiendo del tipo de riesgo que el usuario seleccione; así el simulador se adapta a distintos escenarios de forma inteligente.

El objetivo fue crear una herramienta rápida de usar y fácil de entender, tanto para estudiantes que recién se inician en el tema como para profesionales que necesitan una referencia rápida. Esta herramienta nos permitió realizar un estudio comparativo sobre distintos valores del factor K para obtener conclusiones y recomendaciones que puedan facilitar la escogencia del mismo.

Figura 1
Interfaz gráfica del simulador



Simulación de Escenario

Para ilustrar el funcionamiento del simulador y evaluar el desempeño hidráulico de un sistema de rociadores automáticos, se plantea un escenario representativo de riesgo ordinario con condiciones térmicas y de flujo típicas en espacios industriales o comerciales. Los parámetros definidos permiten analizar el tiempo de activación del rociador, el tiempo estimado de control del incendio y el consumo total de agua requerido.

Parámetros del escenario

- Temperatura de activación del rociador: 68 °C Valor estándar para rociadores de respuesta rápida, comúnmente utilizados en oficinas, almacenes y talleres.
- RTI (Índice de respuesta térmica): 90 m·(s)^0.5 Representa la sensibilidad del rociador al aumento de temperatura. Un RTI de 90 m·(s)^0.5 indica una respuesta moderadamente rápida.
- Temperatura ambiente: 25 °C Condición inicial del entorno antes del desarrollo del incendio.
- Temperatura de gases calientes: 150 °C Temperatura alcanzada en el techo durante el incendio, influenciada por la tasa de liberación de calor.
- Velocidad del aire caliente: 2.5 m/s Velocidad ascendente de los gases.
- Área de cobertura: 100 ft² Superficie protegida por cada rociador, utilizada para calcular la densidad de descarga.
- Presión hidráulica: 20 psi Presión disponible en el rociador, utilizada para calcular el caudal de descarga según el factor K.
- HRR (Heat Release Rate): 300 kW Tasa de liberación de calor del incendio, que influye en la temperatura de gases y la activación del rociador.
- Factor K: se utilizaron para efectos de comparación tres (03) valores, 5.6, 8.0 y 11.2 respectivamente.
- Tiempo de operación (top): Para efectos de la simulación se establece en 5 minutos.

Resultados de la Simulación

Los resultados de la simulación realizada del escenario, se pueden apreciar en la tabla 8:

Tabla 8
Resultados de la simulación

K	Caudal (gpm)	Densidad (gpm/ft²)	Tiempo			Consumo Total	
			de activación (s)	estimado de control (s)	de operación (min)	(gal)	(litros)
5.6	25.06	0.251	13.95	95.57	5	2.09	7.91
8.0	35.78	0.358	13.95	67.01	5	2.98	11.27
11.2	50.09	0.501	13.95	47.91	5	4.17	15.81

Nota. fuente propia

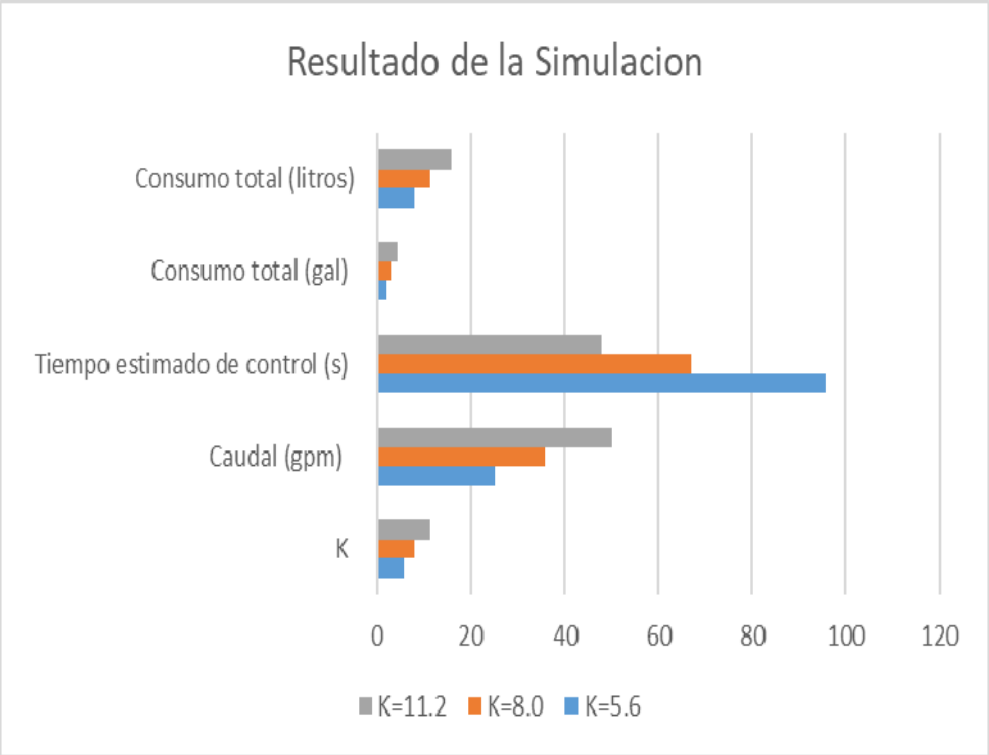
El caudal de descarga aumenta proporcionalmente con el aumento de valor del factor K, dado que este define la capacidad del rociador para liberar agua bajo una presión determinada. A una presión constante de 20 psi, el caudal varía desde 25.06 gpm (K=5.6 $\mathrm{gpm}/\sqrt{\mathrm{psi}}$) hasta 50.09

gpm (K=11.2 $gpm/\sqrt{psi}$). Esta variación impacta directamente en la densidad de aplicación sobre el área cubierta (100 ft²), incrementando de 0.251 gpm/ft² a 0.501 gpm/ft². Una mayor densidad favorece el control rápido del fuego, especialmente en escenarios de alta carga térmica.

La eficiencia en el control del fuego mejora con el aumento del factor K. El tiempo estimado de control disminuye de 95.57 segundos (K=5.6 $gpm/\sqrt{psi}$) a 47.91 segundos (K=11.2 $gpm/\sqrt{psi}$), lo que demuestra que una mayor densidad de agua permite sofocar el fuego más rápidamente.

El volumen total de agua descargada durante los 5 minutos de operación también se incrementa con el valor de K, pasando de 2.09 galones (7.91 litros) a 4.17 galones (15.81 litros). Aunque esto implica un mayor consumo de recursos, se compensa con una reducción significativa en el tiempo de control, lo que puede evitar la propagación del fuego y minimizar daños estructurales.En la Figura 2, se puede apreciar un resumen visual de la simulación realizada.

Figura 2
Gráfico de simulación



Si el número de rociadores activados aumenta, esto tiene un efecto directo sobre el consumo total de agua, la demanda hidráulica y la capacidad de respuesta del sistema. Aunque el desarrollo hidráulico suele centrarse en el rociador correspondiente al área de diseño hidráulicamente más alejado, múltiples rociadores pueden activarse en paralelo, consumiendo mayores recursos, el simulador permite incrementar el número de rociadores.

Conclusiones

El factor K, lejos de ser una constante estática, puede convertirse en una herramienta dinámica para optimizar el diseño de sistemas compuestos por rociadores. La integración de simulaciones computacionales y análisis de riesgo permite seleccionar valores más precisos, adaptados a cada entorno.

La visualización de una serie de variables en el simulador permite realizar estimaciones más precisas en el consumo hidráulico, adaptadas a distintos escenarios de riesgo. Ignorar estos factores podría llevar a una subestimación del caudal necesario, comprometiendo la seguridad del sistema y la efectividad de la respuesta ante incendios. Los rociadores de mayor factor K demostraron una capacidad superior para controlar el fuego en menor tiempo, gracias a su mayor caudal a menor presión. Sin embargo, esto tiene implicaciones, un consumo de agua más alto, lo que podría representar una gran limitación en sistemas con capacidad hidráulica restringida. También implica costos adicionales por el aumento de la capacidad de almacenamiento de agua para combatir la contingencia.

La escogencia de un mayor valor en el factor K puede aumentar los costos, pero también puede optimizar el sistema si se diseña correctamente. Todo depende del equilibrio entre presión, caudal, cobertura y componentes del sistema.

El número de rociadores activados en la zona de contingencia, es una variable crítica que influye directamente en el consumo de agua y la exigencia hidráulica del sistema. Visualizar esta variable en simulaciones permite anticipar escenarios de alta demanda, validar la capacidad de los equipos con el fin de garantizar que el sistema pueda operar eficazmente bajo condiciones reales de incendio.

Estos hallazgos respaldan la necesidad de incorporar herramientas de simulación en el diseño técnico, así como de actualizar los criterios de la NFPA 13 para incluir enfoques más flexibles y adaptativos.

Recomendaciones

La incorporación de herramientas de simulación y CFD (Computational Fluid Dynamics o Dinámica de Fluidos Computacional), en el estudio y diseño hidráulico representa una evolución necesaria en la práctica contemporánea. Estas tecnologías permiten analizar con mayor profundidad el comportamiento de los sistemas y sus componentes, permiten optimizar soluciones y reducir incertidumbres en la toma de decisiones. Su uso no solo mejora la eficiencia del diseño, sino que también contribuye a desarrollar sistemas más seguros, robustos, sostenibles y adaptados a las condiciones reales de operación. Por tanto, se recomienda su integración como parte esencial del proceso de diseño, promoviendo una ingeniería más precisa y orientada a resultados.

Es fundamental promover la actualización de la norma NFPA 13 para que contemple metodologías dinámicas en el diseño y análisis de sistemas de protección contra incendios. La evolución de las herramientas de simulación permite evaluar con mayor precisión el comportamiento real de los sistemas bajo condiciones variables, lo que se traduce en diseños más seguros, eficientes y adaptados a los desafíos actuales.

Sería muy útil fomentar la comparación entre distintos simuladores CFD en futuros

trabajos de investigación. Esto permitiría identificar sus ventajas, limitaciones y niveles de precisión en diferentes escenarios y situaciones de contingencia. Al tener una noción más clara de cómo se comporta cada herramienta, los investigadores podrán tomar decisiones más acertadas al seleccionar el software adecuado para sus estudios, además de contribuir al desarrollo de metodologías más robustas y confiables.

REFERENCIAS

National Fire Protection Association. (2022). NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems. NFPA.

Grimwood, P., Smith, M., & Lees, M. (2020). Fire Protection Systems. Routledge.

Pérez, V., Medina, E., (2024). Herramientas y técnicas modernas de protección contra incendios. Una Revisión Bibliográfica actualizada

Gutiérrez, R. (13 de febrero de 2020). Simulación computacional de incendios: innovando la gestión de emergencias. Universidad de las Américas

Klote, J. H., & Milke, J. A. (2019). Design of Smoke Control Systems. ASHRAE.

Buchanan, A. H., & Abu, A. K. (2017). Structural Design for Fire Safety. Wiley.

Meacham, B. J. (2021). Performance-Based Fire Safety Design. Springer.

Hurley, M. J., Gottuk, D. T., Hall, J. R., Jr., Harada, K., Kuligowski, E. D., Puchovsky, M. J., & Torero, J. L. (Eds.). (2016). SFPE Handbook of Fire Protection Engineering (5ª ed.). Springer.

Díaz, J. M., & Rodríguez, L. A. (2019). Diseño de simuladores educativos en línea: fundamentos y aplicaciones. Editorial Académica Española.

Fernández, R. (2021). Fundamentos de desarrollo web con HTML, CSS y JavaScript. Alf

Fecha de recepción: 01 de mayo de 2025

Fecha de aceptación: 03 octubre de 25

APLICACIÓN DEL MODELO SERVQUAL PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL SERVICIO EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE CARABOBO

Pinto Luis, Castillo Diogenis

Universidad de Carabobo.
Valencia. Estado Carabobo. Venezuela

luisjpinto02@gmail.com, diogeniscastilloc@gmail.com

Resumen: El presente artículo, muestra el estudio de la calidad del servicio entre estudiantes de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo, utilizando la metodología SERVQUAL para medir la percepción de la calidad de servicio con cinco dimensiones en una muestra de 38 estudiantes. El análisis factorial para el análisis de datos, confirma que la percepción de la calidad se organiza en torno a la empatía, capacidad de respuesta y seguridad. Dimensiones que los estudiantes priorizan. Se evidencia un interesante contraste: aunque los aspectos tangibles, como la infraestructura, son valorados negativamente, las interacciones con el personal y la calidad docente reciben una percepción significativamente positiva. Hallazgos cruciales para una gestión universitaria enfocada a fortalecer el excelente trato y mantener el nivel de conocimiento de los profesores, y en implementar estrategias para asegurar una respuesta eficiente, maximizando así la calidad de servicio con los recursos disponibles.

Palabras clave: SERVQUAL, ingeniería industrial, gestión universitaria.

APPLICATION OF THE SERVQUAL MODEL TO EVALUATE SERVICE QUALITY IN THE SCHOOL OF INDUSTRIAL ENGINEERING AT THE UNIVERSITY OF CARABOBO

Abstract: This article presents the results of a study on service quality among students of the School of Industrial Engineering at the University of Carabobo, using the SERVQUAL methodology to measure the perception of service quality through five dimensions in a sample of 38 students from the aforementioned school, and exploratory factor analysis for data analysis. Factor analysis confirms that the perception of quality is organized around empathy, responsiveness, and safety. These are the dimensions that students prioritize. The research shows an interesting contrast: although tangible aspects, such as infrastructure, are rated negatively, interactions with staff and the quality of teaching receive a significantly positive perception. These findings are crucial for university management focused on strengthening excellent treatment and maintaining the level of professors' knowledge, and in implementing strategies to ensure an efficient response, thus maximizing service quality with the available resources.

Keywords: SERVQUAL, industrial engineering, university management.

Introducción

En el mundo, garantizar la calidad del servicio es esencial para que las organizaciones respondan eficazmente a las expectativas de sus usuarios y mantengan competitividad en entornos cambiantes (Bustamante et al., 2020). La gestión de la calidad, apoyada en estándares como ISO 21001, impulsa la mejora continua y un enfoque centrado en el beneficiario (ISO, 2025), lo que refuerza la relevancia de modelos diagnósticos como SERVQUAL, el cual permite identificar brechas entre expectativas y percepciones de servicio, facilitando acciones estratégicas de mejora (Uquillas-Granizo et al., 2022).

En el sector educativo la calidad del servicio forma parte fundamental de la experiencia institucional y contribuye al desarrollo académico y administrativo (Pérez-Cruz & Pinto-Pérez, 2020). Las instituciones de educación superior que aplican SERVQUAL logran identificar dimensiones críticas como la fiabilidad, respuesta, tangibilidad u otros aspectos que afectan la satisfacción de estudiantes y personal (Bustamante et al., 2020). Además, estudios recientes destacan que SERVQUAL continúa siendo la herramienta más utilizada y confiable para evaluar calidad en educación superior (Uquillas-Granizo et al., 2022).

La aplicación de SERVQUAL en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo, proporciona información valiosa sobre la percepción de calidad del servicio desde la experiencia estudiantil y administrativa. Evaluar las cinco dimensiones tradicionales (tangibilidad, fiabilidad, capacidad de respuesta, seguridad/aseguramiento y empatía) permite detectar fortalezas y áreas de mejora concretas dentro de la institución (Uquillas-Granizo et al., 2022). Esta aplicación apoyaría la implementación de una cultura institucional orientada a la excelencia, fomentando la autoevaluación y optimización continua de los procesos académicos y administrativos.

Para evaluar la calidad del servicio, el modelo SERVQUAL se ha consolidado como uno de los instrumentos más utilizados a nivel mundial debido a su capacidad para identificar brechas entre las expectativas y percepciones de los usuarios (Uquillas-Granizo et al., 2022). Desarrollado originalmente por Parasuraman, Zeithaml y Berry, este modelo pasó de diez dimensiones iniciales a cinco esenciales: fiabilidad, capacidad de respuesta, seguridad, empatía y elementos tangibles, lo que lo hace versátil y aplicable en diversos contextos (Ganga et al, 20191). Estas dimensiones abarcan aspectos físicos como la infraestructura y el equipamiento, así como factores intangibles relacionados con el trato y la confianza generada hacia el usuario. El instrumento está estructurado en 22 ítems, utilizando una escala tipo Likert que permite medir el grado de acuerdo o desacuerdo de los encuestados respecto a cada afirmación (Bustamante et al., 2020). La metodología del SERVQUAL consiste en evaluar por separado las expectativas previas y las percepciones posteriores del servicio recibido, permitiendo calcular una brecha que refleja el nivel real de calidad percibida. Esta estructura ha demostrado alta validez y confiabilidad en estudios recientes, consolidándose como un referente para la gestión de la calidad en organizaciones educativas, de salud y de servicios en general.

En el contexto educativo, el uso del SERVQUAL resulta especialmente útil para detectar debilidades y fortalecer las áreas

clave que impactan en la satisfacción estudiantil y en la eficiencia de los procesos académicos y administrativos (Barragán et al., 2021). La información obtenida de su aplicación permite no solo diagnosticar la situación actual, sino también diseñar planes de mejora continua orientados a elevar la experiencia del usuario y reforzar la imagen institucional. Por ello, su implementación se considera una herramienta estratégica para fomentar una cultura de calidad sostenible en el tiempo (Uquillas-Granizo et al., 2022).

Metodología

La presente investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y diseño no experimental de corte transversal. Su objetivo principal fue evaluar la percepción de la calidad del servicio en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo, empleando el modelo SERVQUAL como instrumento de medición.La población estuvo conformada por los estudiantes activos de la Escuela de Ingeniería Industrial, con una muestra no probabilística por conveniencia de 38 estudiantes (accedieron voluntariamente a participar en el estudio).

Para la recolección de la información se aplicó la técnica de la encuesta, se evaluaron 22 ítems, en las cinco dimensiones del modelo SERVQUAL (fiabilidad, capacidad de respuesta, seguridad, empatía y elementos tangibles). Su distribución fue de manera virtual, a través de la plataforma Google Forms, solicitando a los participantes responderlo de forma individual para minimizar posibles sesgos o influencias externas en sus respuestas. La evaluación fue en entre los meses mayo-junio 2025. Y la ponderación fue con la escala tipo Likert de cinco puntos, con el fin de valorar tanto las expectativas como las percepciones de los encuestados respecto a los servicios ofrecidos por la institución. Una vez recopilada la información, se efectuó un análisis de las percepciones para cada dimensión, con el propósito de identificar las brechas existentes y determinar fortalezas y oportunidades de mejora en la gestión de la calidad del servicio.

Resultados

El estudio sobre la calidad de servicio en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo se fundamenta en una muestra de 38 estudiantes, cuya composición demográfica fue 60,5% de participación femenina y un 39,5% masculina, se caracteriza por una división generacional: los estudiantes de semestres avanzados (7mo en adelante) se encuentran entre los 26 y 31 años, mientras que los de semestres inferiores al 7mo tienen 23 años o menos. Este perfil demográfico subraya la relevancia de las percepciones, cruciales para entender las expectativas y prioridades de los encuestados.

Los resultados descriptivos revelan un contraste marcado entre las percepciones de la infraestructura y el recurso humano. Los aspectos más deficientes, correspondientes a la dimensión de Tangibilidad, obtuvieron calificaciones bajas, en comparación con el resto de las dimensiones: los baños con un promedio de 1,34 y la infraestructura general con 2,16 puntos. En contraposición, los aspectos humanos fueron calificados muy positivamente, con el trato del personal administrativo promediando 4,18 puntos y el conocimiento de los profesores 4,13. Para profundizar en la estructura subyacente de estas percepciones, se realizó un análisis factorial exploratorio. El valor KMO de 0,752 confirma una excelente adecuación muestral. El modelo extrajo cuatro componentes principales con rotación Varimax, que

explican conjuntamente el 70,612% de la varianza total, lo que valida la robustez de la estructura (ver tablas 1 y 2).

Tabla 1

Matriz de componente rotado.

Matriz de componentes rotados[a]

	Componente			
	1	2	3	4
VAR00018	.868			
VAR00021	.856			
VAR00020	.823			
VAR00017	.792			
VAR00007	.661			
VAR00009		.909		
VAR00010		.825		
VAR00014		.757		
VAR00005		.649		
VAR00011			.869	
VAR00006			.604	
VAR00016			.591	
VAR00013			.552	
VAR00003				.698
VAR00012				.688
VAR00015				.601

Método de extracción: Análisis de componentes principales.
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 6 iteraciones.

Nota: Elaboración propia. IBM SPSS.

Tabla 2.

Varianza total explicada

Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	6.248	39.049	39.049	6.248	39.049	39.049	3.767	23.545	23.545
2	2.268	14.179	53.227	2.268	14.179	53.227	3.070	19.187	42.731
3	1.534	9.590	62.817	1.534	9.590	62.317	2.562	16.014	58.745
4	1.247	7.795	70.612	1.247	7.795	70.512	1.899	11.866	70.612
5	873	5.455	76.066						
6	759	4.742	80.809						
7	599	3.745	84.553						
8	566	3.539	88.092						
9	456	2.846	90.938						
10	398	2.488	93.426						
11	336	2.097	95.524						
12	210	1.315	96.838						
13	176	1.097	97.936						
14	131	.819	98.755						
15	112	.702	99.456						
16	087	.544	100.000						

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Nota: Elaboración propia. IBM SPSS

El análisis de la matriz de componentes rotados revela lo siguiente:

Componente 1: se constituye casi exclusivamente por ítems de Empatía, confirmando que el trato personal, la atención individualizada y la comprensión son el pilar fundamental de la calidad percibida por los estudiantes.

Componente 2: agrupa principalmente los ítems de Capacidad de Respuesta, lo que indica que la eficiencia y la disposición para ayudar son percibidos como un constructo clave e independiente.

Componente 3: está constituido principalmente por los ítems de seguridad. Esto indica que la habilidad de los servidores de la escuela para inspirar confianza y credibilidad es medianamente importante para los estudiantes.

Componentes 4: las variables con mayor carga factorial están asociadas a la fiabilidad, a pesar de presentar ítems de otras dimensiones, lo cual podría reflejar matices sutiles en la percepción de los estudiantes.

Discusión y resultados

El análisis factorial exploratorio, dada su naturaleza, busca identificar las dimensiones subyacentes que explican la variabilidad en un conjunto de preguntas. Partiendo de la tangibilidad, fiabilidad, seguridad, capacidad de respuesta y empatía. La intuición inicial podría llevarnos a creer que en un entorno con deficiencias tangibles evidentes (infraestructura deteriorada, baños inactivos), la Tangibilidad sería la dimensión más crítica. Sin embargo, sus resultados desafían esta suposición de manera contundente y revelan una jerarquía de necesidades percibidas por los estudiantes que debe ser atendida con urgencia.

El surgimiento de la Empatía como la dimensión principal (Factor 1), seguida por la Capacidad de Respuesta (Factor 2) Seguridad (Factor 3) y fiabilidad (factor 4), sugiere que para los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo, la interacción humana y la eficacia de la respuesta ante sus necesidades superan, en importancia percibida, a las deficiencias físicas del entorno.

Los estudiantes se centran en lo que consideran más crítico para su supervivencia académica y bienestar, como el trato humano y la eficiencia, desplazando a la fiabilidad en su jerarquía de expectativas.

Finalmente, los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo son pragmáticos y resilientes. Han identificado dónde la universidad aún puede y debe sobresalir, incluso en medio de las dificultades. El presente estudio, no solo es un excelente ejercicio académico, sino una guía práctica para la mejora de la calidad de servicio en un contexto desafiante. Es una prueba irrefutable de que la calidad no siempre reside en el lujo, sino en la conexión humana y la capacidad de responder a las necesidades fundamentales, incluso cuando el entorno físico presenta grandes limitaciones.

Este resultado contrasta con Barragán et al (2021), ya que su investigación determino la calidad del servicio es significativa en las dimensiones de elementos tangibles y empatía de los servicios en su estudio elaborado en México en la Universidad de Colima.

Conclusión

El análisis factorial exploratorio demostró una estructura perceptiva clara y estadísticamente válida.

El valor KMO de 0,752 certifica la idoneidad de los datos para la factorización, y la extracción de tres componentes principales que explican un notable 70,612% de la varianza acumulada confirma la solidez del modelo. Este hallazgo valida que la estructura de las respuestas no es aleatoria, sino que obedece a constructos latentes bien definidos. Sin embargo es pertinente continuar el estudio para una muestra de mayor tamaño.

La jerarquía de las percepciones es irrefutable: mientras que las dimensiones de Empatía y Capacidad de Respuesta emergen como componentes primarios y estadísticamente independientes con las mayores cargas factoriales, las variables de Tangibilidad, a pesar de sus deplorables calificaciones absolutas, no logran agruparse en un factor con suficiente peso.

Esto demuestra que la varianza principal de la percepción de calidad no se explica por las deficiencias físicas, sino por la interacción humana y la eficiencia procedimental, lo que valida la priorización de los aspectos "blandos" del servicio.

REFERENCIAS

Alves, H., & Raposo, M. (2020). The influence of university image on student satisfaction and loyalty: A SERVQUAL approach. International Journal of Educational Management, 34(8), 1321–1336.

Barragán, C., Vázquez, García, J. & Medina, N. Análisis de la calidad del servicio en IES a través del modelo SERVQUAL. RECAI Revista de Estudios en Contaduría, Administración e Infomática, 11 (30), 1-12, 2022. Análisis de la calidad del servicio en IES a través del modelo SERVQUAL

Bustamante, A., López, X., & Silva, M. (2020). Evaluación de la calidad de servicio en educación superior. Amelica.

Ganga, F., Alarcón, N. & Pedraja, L. (2019). Medición de calidad de servicio mediante el modelo SERVQUAL: el caso del Juzgado de Garantía de la ciudad de Puerto Montt - Chile. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería,27(4), 668-681. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000400668

García-Aracil, A., Palomares-Montero, D., & Mora, J. G. (2022). Assessing service quality in higher education: New perspectives from student engagement. Higher Education Research & Development, 41(4), 1129–1145.

ISO. (2025). ISO 21001:2025 – Educational organizations – Management systems for educational organizations – Requirements with guidance for use.

Khan, M. A., & Matlay, H. (2023). Service quality in post-pandemic higher education: A modified SERVQUAL framework. Studies in Higher Education, 48(1), 89–105.

Pérez-Cruz, N., & Pinto-Pérez, J. (2020). Evaluación de la calidad educativa como estrategia de fortalecimiento universitario. Redalyc.

Udo, G. J., Bagchi, K. K., & Kirs, P. J. (2021). The role of SERVQUAL in assessing service quality in higher education: A multi-country study. Journal of Higher Education Policy and Management, 43(3), 273–292

Uquillas-Granizo, G. G., Basantes-Ávalos, R., Vinueza-Jara, A. F., & Basantes-Silva, S. D. (2022). Evaluación de la calidad de los servicios educativos mediante el modelo SERVQUAL. Revista Científica FIPCAEC, 7(1), 3–1.

Fecha de recepción: 01 de febrero de 2025

Fecha de aceptación: 20 abril de 2025

LIDERAZGO RESPONSABLE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL: UN ANÁLISIS INTEGRADOR BAJO LOS ESTÁNDARES ISO 26000 Y SGE 21 PARA LA SOSTENIBILIDAD ORGANIZACIONAL

Paternina María

Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo
Valencia. Estado Carabobo. Venezuela

marieup654@gmail.com

Resumen: Esta investigación contrasta el liderazgo responsable, la responsabilidad social empresarial (RSE) con las normas ISO 26000 y SGE 21 como base para la sostenibilidad organizacional en Venezuela. A partir de un análisis de literatura académica y técnica, se examinan modelos contemporáneos de liderazgo responsable, y se comparan las exigencias de la ISO 26000 como guía ética y de la SGE 21 como sistema de gestión certificable. Los resultados evidencian que el liderazgo responsable actúa como un catalizador estratégico que alinea principios éticos, toma de decisiones y resultados de sostenibilidad, mientras que la transparencia se consolida como eje articulador de la gestión integral. En el contexto venezolano, la adopción conjunta de estos marcos fortalece la legitimidad, la reputación y la resiliencia empresarial.

Palabras clave: responsabilidad social empresarial, liderazgo responsable, sostenibilidad organizacional.

RESPONSIBLE LEADERSHIP AND CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY: AN INTEGRATIVE ANALYSIS UNDER ISO 26000 AND SGE 21 STANDARDS FOR ORGANIZATIONAL SUSTAINABILITY

Abstract: The integration of responsible leadership, corporate social responsibility (CSR), ISO 26000 and SGE 21 regulatory frameworks as a foundation for organizational sustainability in Venezuela. Based on a systematic review of recent academic and technical literature, the research analyzes contemporary responsible leadership models, and compares ISO 26000's characteristics as an ethical guidance standard and SGE 21 as a certifiable management system. The findings show that responsible leadership acts as a strategic catalyst aligning ethical principles, decision-making processes, and sustainability outcomes, while transparency emerges as the articulating axis of integrated management. In the Venezuelan context, the combined adoption of these frameworks strengthens organizational legitimacy, reputation, and resilience.

Keywords: corporate social responsibility, responsible leadership, organizational sustainability.

Introducción

En la tercera década del siglo XXI, las organizaciones operan en un entorno caracterizado por la volatilidad, la incertidumbre y una demanda social sin precedentes de transparencia y ética. La gestión empresarial ha transitado de una visión puramente instrumental, centrada en la maximización del beneficio para el accionista, hacia un paradigma de valor compartido donde la sostenibilidad y la responsabilidad social empresarial (RSE) ocupan el centro de la estrategia corporativa. En este contexto, el liderazgo responsable (LR) emerge no sólo como un estilo de dirección, sino como una competencia crítica para navegar dilemas éticos complejos y presiones institucionales en entornos de alta interdependencia.

El liderazgo responsable se conceptualiza como un fenómeno que trasciende la lógica tradicional, integrando de manera equilibrada las dimensiones sociales, ambientales y económicas en la toma de decisiones. Este enfoque se posiciona como el puente fundamental entre la ética individual del líder y el desempeño organizacional sostenible.

Durante el período 2025-2026, la literatura académica ha enfatizado que el LR no es un conjunto aislado de rasgos de personalidad, sino un proceso vincular y procesual que depende del contexto institucional y la cultura interna.

Para operar estos conceptos, han surgido marcos normativos internacionales que buscan estandarizar las prácticas de responsabilidad. La norma ISO 26000 proporciona una guía de orientación universal sobre los principios y materias fundamentales de la responsabilidad social. Por otro lado, el estándar SGE 21 representa la primera norma europea que permite la certificación de un sistema de gestión ética y socialmente responsable, ofreciendo una estructura clara para integrar la sostenibilidad en todas las áreas de la organización. La complementariedad entre estos instrumentos es evidente: mientras ISO 26000 ofrece el marco conceptual y los principios, SGE 21 facilita la implementación técnica y la verificación externa.

En regiones como América Latina, y específicamente en el caso de Venezuela, la implementación de estos modelos enfrenta desafíos estructurales significativos. La crisis económica, la inflación persistente y las debilidades institucionales obligan a los líderes a adoptar estrategias de resiliencia y adaptabilidad.

A pesar de estas barreras, investigaciones recientes sugieren que la RSE influye positivamente en la imagen y reputación de las empresas, incluso en sectores controvertidos como el petrolero (Bermudez-Colina, y Mejías-Acosta, 2018). Por lo tanto, el análisis de la interrelación entre el liderazgo responsable, la RSE y los marcos ISO 26000 y SGE 21 es imperativo para proponer modelos de gestión que aseguren la legitimidad y sostenibilidad de las organizaciones venezolanas en el horizonte 2025-2030.

Metodología

La presente investigación se fundamenta en un análisis sistemático y crítico de la literatura académica en el período (2024-2026) sobre los pilares del liderazgo responsable y la gestión ética. El desarrollo se estructura en tres ejes fundamentales: la modelización teórica del liderazgo responsable, el análisis técnico de los estándares internacionales de RSE y la contextualización de estas prácticas en economías emergentes y entornos de crisis.

Modelos de Liderazgo Responsable: El marco MMM y ADO

Para comprender la naturaleza del liderazgo responsable, es necesario adoptar marcos integradores que superen la fragmentación conceptual. Uno de los aportes más significativos del período reciente es el modelo propuesto por Heim et al. (2026), el cual articula el fenómeno mediante dos esquemas complementarios:

El esquema MMM (Motive, Mode, Mindset) describe los componentes internos del líder. El motivo (motive) se refiere a las motivaciones éticas intrínsecas que impulsan al líder a buscar un impacto positivo más allá de lo económico. El modo (mode) abarca los comportamientos relacionales y la forma en que se ejerce el poder mediante el diálogo con las partes interesadas (stakeholders). La mentalidad (mindset) implica una visión sistémica y de largo plazo que permite comprender las interconexiones entre la empresa y la sociedad. Por otro lado, el esquema ADO (Antecedents, Decisions, Outcomes) conceptualiza el liderazgo responsable como un proceso causal (la tabla 1 resume este modelo). Los antecedentes incluyen factores de nivel micro (valores del líder), meso (cultura organizacional) y macro (entorno institucional). Estos antecedentes influyen en las decisiones estratégicas (decisions), que a su vez generan resultados (outcomes) observables en múltiples niveles: individual, grupal, organizacional y societal.

Este marco causal permite entender que el LR no es estático; su efectividad depende de "capas" y "condiciones de frontera". Nguyen et al. (2025) enfatiza que, en el mundo digital actual, el LR debe adaptarse a una mayor velocidad de exposición pública y a la complejidad de las interacciones mediadas por la tecnología.

Tabla 1
Componentes del liderazgo responsable

Componente	Descripción Técnica	Nivel de Análisis
Antecedentes (A)	Valores personales, ética profesional, presiones de los grupos de interés y entorno regulatorio.	Micro / Meso / Macro
Decisiones (D)	Inversiones en sostenibilidad, políticas de equidad, transparencia y gestión de riesgos ASG.	Organizacional
Resultados (O)	Reputación, compromiso del empleado, capital social y desempeño financiero sostenible.	Multinivel

Estándar ISO 26000: Principios y Materias Fundamentales

La norma ISO 26000 (2010) constituye el referente mundial de orientación en responsabilidad social. Su desarrollo, fruto del consenso entre expertos de casi cien países, establece que la RS no es exclusiva de las empresas, sino aplicable a cualquier tipo de organización. La norma se estructura

sobre siete principios básicos que definen el comportamiento ético esperado:

1. Rendición de cuentas: obligación de la organización de responder ante las autoridades y sus stakeholders por los impactos de sus decisiones.
2. Transparencia: revelación de información clara y accesible sobre políticas y actividades.
3. Comportamiento ético: basado en la honestidad, equidad e integridad.
4. Respeto a los intereses de las partes interesadas: identificación y respuesta a las necesidades de los grupos de interés.
5. Respeto al principio de legalidad: supremacía del derecho y cumplimiento normativo.
6. Respeto a la normativa internacional de comportamiento: acatamiento de estándares globales incluso si la ley nacional es laxa.
7. Respeto a los derechos humanos: reconocimiento de su importancia y universalidad.

A partir de estos principios, la ISO 26000 identifica siete materias fundamentales que las organizaciones deben abordar para ser socialmente responsables. Estas materias son: gobernanza de la organización, derechos humanos, prácticas laborales, el medio ambiente, prácticas justas de operación, asuntos de consumidores, participación activa y desarrollo de la comunidad

Sistema de Gestión Ética SGE 21

El estándar SGE 21 de Forética (2023) es una norma de gestión que establece requisitos auditables y certificables. Este estándar permite a las organizaciones integrar la ética y la responsabilidad social en su estrategia de manera estructurada. La SGE 21 se organiza en nueve áreas de gestión (la tabla 2 resumes las áreas), cada una con requisitos específicos que aseguran una cobertura holística de la sostenibilidad. El proceso de certificación de la SGE 21 implica una auditoría externa rigurosa que garantiza la credibilidad del sistema ante inversores, clientes y la sociedad en general. Este estándar se alinea con las últimas exigencias europeas y globales en materia de debida diligencia y reporte de sostenibilidad.

En la integración el liderazgo responsable y los marcos normativos mostrados anteriormente, se revela que el éxito de un sistema de gestión ética no reside únicamente en el cumplimiento de requisitos técnicos, sino en la "mentalidad responsable" que los sustenta. La transparencia emerge como el factor determinante que articula las dimensiones estratégicas, humanas y operativas de la organización.

Transparencia como Eje de Ciudadanía Sistémica

De acuerdo con investigaciones realizadas en contextos de ingeniería y consultoría, la transparencia se define como la "ciudadanía sistémica" del modelo de gestión integral (Losada y Carranza, 2014). Bajo este enfoque, la transparencia no es solo la publicación de informes, sino la disposición de la dirección a someter sus decisiones al escrutinio público y a revelar los impactos negativos de su operación.

En un modelo de gestión basado en ISO 26000, la transparencia actúa como el eje articulador de los tres componentes definidos por la teoría de la gestión integral.

1. Componente Estratégico: liderado por la alta dirección mediante el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar). En la fase de planeación, los principios de

comportamiento ético y respeto a los interesados se integran en los objetivos de negocio.
2. Componente Técnico /Operativo: permite el control operacional de sistemas como HSEQ (Salud, Seguridad, Medio Ambiente y Calidad). El principio de legalidad asegura que la operación se mantenga dentro de los marcos jurídicos.
3. Componente Humano: es el factor generador de valor. Se articula a través del respeto a los derechos humanos y la equidad, lo que fomenta el compromiso y la identificación organizacional.

Tabla 2
Características del SGE 21

Área de Gestión	Enfoque Principal	Requisito Clave
Alta Dirección	Liderazgo y compromiso estratégico.	Código de conducta y comité de ética.
Clientes	Calidad, veracidad y privacidad.	Productos responsables y marketing justo.
Proveedores	Ética en la cadena de suministro.	Criterios de compras responsables y evaluación ASG.
Talento Humano	Derechos de los trabajadores y bienestar.	Igualdad de oportunidades y conciliación laboral.
Entorno Social	Impacto en la comunidad.	Acción social y medición de impacto.
Entorno Ambiental	Gestión de impactos ecológicos.	Plan de riesgos ambientales y eficiencia energética.
Inversores	Transparencia y buen gobierno.	Rendición de cuentas y lealtad informativa.
Competencia	Mercado ético.	Competencia leal y respeto a la propiedad intelectual.
Administración Públicas	Relación institucional transparente.	Anticorrupción y cumplimiento fiscal.

Relación Causal entre Liderazgo Responsable y Resultados de Sostenibilidad

El liderazgo responsable actúa como un recurso contextual que fomenta la virtuosidad organizacional, los líderes responsables son los arquitectos primarios de las iniciativas de RSE, utilizando su autoridad para integrar principios éticos en el núcleo de la estrategia. Esta integración genera un círculo virtuoso de beneficios competitivos:

1. Legitimidad y Reputación: los líderes que priorizan el bienestar de los

stakeholders reducen los riesgos socio-éticos y fortalecen la licencia social para operar.

2. Resiliencia: en entornos volátiles, las organizaciones lideradas con principios de responsabilidad demuestran una mayor capacidad de adaptación y recuperación ante crisis.

3. Innovación: el enfoque en la sostenibilidad impulsa el desarrollo de nuevos modelos de negocio circulares y soluciones tecnológicas audaces para desafíos climáticos.

Comparativa Técnica: ISO 26000 vs. SGE 21
La elección entre estos instrumentos depende de los objetivos de la organización. Mientras la ISO 26000 es ideal para organizaciones que buscan una guía cultural y filosófica, la SGE 21 es preferida por aquellas que requieren demostrar su desempeño mediante sellos de calidad y certificaciones (la tabla 3 las contrasta).

Un hallazgo crítico es que el principio de transparencia de la ISO 26000 es el que mayor correspondencia tiene con los requisitos de reporte y comunicación de la SGE 21. La integración de ambos marcos permite a las empresas de ingeniería y servicios optimizar su gestión de riesgos y mejorar su posicionamiento frente a la competencia global.

Tabla 3
Comparativa de ISO 26000 y SGE 21

Característica	ISO 26000	SGE 21
Naturaleza	Guía de orientación (No certificable).	Norma de gestión (Certificable).
Estructura	7 principios y 7 Materias.	9 áreas de gestión auditables.
Lenguaje	"Debería" (Recomendación)	"Debe" (Requisito).
Integración	Compatible con otros sistemas.	Diseñada para integrarse fácilmente (ISO 9001, 14001).
Validación	Autodeclaración o revisión externa opcional.	Auditoría de tercera parte obligatoria.

Discusión y Resultados

La aplicación de estos marcos teóricos y normativos en el contexto actual permite identificar tendencias y desafíos críticos, especialmente en economías emergentes como la de Venezuela. La discusión se centra en la tensión entre la rentabilidad a corto plazo y la sostenibilidad, el impacto de la digitalización en la ética y las particularidades del tejido empresarial venezolano. Uno de los hallazgos más consistentes de los estudios recientes es la persistencia de la tensión entre los objetivos financieros de corto plazo y el compromiso con la sostenibilidad a largo plazo (Pacto

Mundial de las Naciones Unidas (2025) y Canvas Consultores, (2025). A pesar de que el 88% de los CEO a nivel global reconoce que el caso empresarial para la sostenibilidad es hoy más sólido que hace cinco años, la implementación de políticas concretas continúa siendo parcial.

El liderazgo responsable se manifiesta precisamente en la capacidad de gestionar estas paradojas sin recurrir a soluciones simplistas, concibiendo la sostenibilidad no como un costo, sino como una inversión estratégica para la supervivencia organizacional (Heim et al., 2026).

En contextos como el venezolano, caracterizados por una inflación proyectada elevada, la sostenibilidad financiera constituye un desafío prioritario, que no puede abordarse sacrificando el capital humano ni la ética operacional sin comprometer la viabilidad futura KPMG Venezuela, (2025).

Por otra parte, La transformación digital ha introducido nuevas dimensiones en la responsabilidad social. El concepto de "Liderazgo 4.0" integra el uso de tecnologías como la inteligencia artificial (IA) para mejorar la toma de decisiones basada en el análisis de riesgos. Los líderes responsables hoy utilizan mapas de calor y algoritmos para anticipar riesgos operativos y financieros, pero deben hacerlo bajo un marco humanista que garantice que la tecnología no deshumanice el trabajo.

En este sentido, la formación de las competencias para el futuro (green skills y habilidades digitales) es una prioridad absoluta. No se puede hablar de inclusión laboral sin proporcionar la capacitación necesaria para que las personas puedan desenvolverse en entornos altamente tecnificados (Unesco, 2023). El liderazgo responsable, por tanto, se convierte en un motor de empleabilidad sostenible.

En este orden de ideas, el análisis del tejido empresarial venezolano evidencia una brecha significativa entre la percepción gerencial y la implementación efectiva de prácticas de responsabilidad social (la tabla 4 muestra las debilidades y las oportunidades de mejora relacionadas). Estudios realizados en el período 2022–2025 muestran que una proporción mayoritaria de los gerentes venezolanos no concibe la RSE como un componente estratégico del negocio, sino como una práctica filantrópica o complementaria, desvinculada del objeto social de la empresa (Aular Galindo (2022); KPMG Venezuela (2025).

Se pueden inferir tendencias enfocadas en las personas (Canvas, 2025) que sitúa al liderazgo responsable como uno de los tres intangibles más relevantes para las organizaciones en Iberoamérica. La tendencia actual es demostrar más que declarar. En un mundo donde el 68% de la población teme que las empresas exageren sus logros en sostenibilidad, la autenticidad y la integridad se vuelven diferenciales competitivos. Por ello, en Venezuela, las oportunidades se encuentran en la atención a segmentos desatendidos:

1. Economía Plateada: diseño de servicios para una población que envejece y requiere esquemas de retiro y salud especializados.
2. Empoderamiento Femenino: desarrollo de redes de apoyo para el cuidado de los hijos, facilitando la reintegración de la mujer al mercado laboral formal.
3. Emprendimiento con Propósito: fomento de PyMEs que resuelvan problemas sociales reales mediante la innovación tecnológica.

Tabla 4
Debilidades y oportunidades

Debilidad Identificada en Venezuela	Impacto en la Sostenibilidad	Oportunidad de Mejora
Visión no estratégica de los líderes	La RSE es vista como un gasto o una acción de mercadeo aislada.	Formación en liderazgo responsable y alineación con el propósito corporativo.
Bajo involucramiento de stakeholders	Decisiones que ignoran las expectativas de la comunidad y empleados.	Implementación de mecanismos de diálogo basados en ISO 26000.
Falta de comunicación y transparencia	Desconocimiento de los trabajadores sobre las políticas éticas de la empresa.	Socialización del código de conducta y reportes ASG públicos.
Precaria gestión ambiental	Riesgos de sanciones y daños ecológicos irreparables.	Adopción de sistemas de gestión ambiental bajo estándares SGE 21.

Conclusiones

La investigación realizada permite concluir que la integración del liderazgo responsable, la RSE y los marcos normativos ISO 26000 y SGE 21 es una estrategia imperativa para la sostenibilidad de las organizaciones en el período 2025-2030. El liderazgo responsable, fundamentado en una mentalidad de propósito y una ética relacional, actúa como el catalizador que permite que la responsabilidad social pase de ser una actividad periférica a ser el corazón de la ventaja competitiva organizacional.

El estándar ISO 26000 proporciona la base ética y los principios universales necesarios para construir una cultura de responsabilidad. No obstante, su carácter no certificable requiere ser complementado por sistemas de gestión como la SGE 21, que aporta el rigor técnico, la estructura de áreas de gestión y la verificación externa necesaria para generar confianza en un mercado cada vez más escéptico. La transparencia, entendida como "ciudadanía sistémica", es el eje que permite que estos instrumentos operen de manera coherente, conectando las decisiones de la alta dirección con los impactos reales en la sociedad y el medio ambiente.

Para el caso de Venezuela, los desafíos macroeconómicos y la crisis de servicios públicos no deben ser una excusa para abandonar la gestión ética. Al contrario, es en entornos de alta incertidumbre donde el liderazgo responsable demuestra su mayor valor, mitigando riesgos, fortaleciendo la reputación y asegurando la licencia social para operar. La transición hacia modelos de negocio circulares, la inclusión de la diversidad y el empoderamiento de grupos vulnerables son rutas críticas para la resiliencia empresarial.

Finalmente, se recomienda que las organizaciones venezolanas, especialmente en el sector de ingeniería e industria, adopten el modelo de gestión integral propuesto. Esto implica formar a sus líderes en competencias de inteligencia relacional y visión sistémica, implementar códigos de conducta auditables y someter sus reportes de sostenibilidad a verificaciones externas. Solo mediante este compromiso genuino con la responsabilidad y la ética, las empresas podrán navegar los desafíos del siglo XXI y contribuir de manera efectiva al desarrollo sostenible del país.

REFERENCIAS

Aular Galindo, M. J. (2022). La práctica de la Responsabilidad Social Empresarial en Venezuela. Petroglifos Revista Crítica. https://petroglifosrevistacritica.org.ve/wp-content/rep/2022_050105.pdf

Bermudez-Colina, Y. & Mejías-Acosta, A. (2018). Medición de la responsabilidad social empresarial: casos en pequeñas empresas Latinoamericanas/Measurement of Corporate Social Responsibility: cases in Latin American Small business. Ingeniería Industrial, 39(3), 315-325. http://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/view/893

Canvas Consultores. (2025). Liderazgo responsable como activo estratégico: Aprendizajes de 'Approaching the Future 2025'. https://www.canvasconsultores.com/radar/liderazgo-responsable-aprendizajes-de-approaching-the-future-2025/

Entrena A., J. C. (2025). La responsabilidad social empresarial de las pequeñas y medianas empresas en Venezuela: papel del estado. EKTENOS, 3(2), 88-106. https://uhektenos.com/index.php/Uhektenos/article/view/102

Forética. (2023). Norma SGE 21: Sistema de Gestión Ética y Socialmente Responsable. https://foretica.org/sge21/

Heim, I., Laker, B., & Tabaeifard, S. J. (2026). Responsible leadership: A systematic literature review, theoretical framework, and future research directions. Journal of Business Research, 203, 115801

IESA. (2025). Empresarios deberán flexibilizar sus estrategias para protegerse y avanzar en el 2025. https://www.iesa.edu.ve/iesa-al-dia/iesa-informe-de-sostenibilidad-2025

International Organization for Standardization. (2010). ISO 26000:2010 – Guidance on social responsibility. https://www.globalstd.com/blog/guia-iso-26000-responsabilidad-social/

KPMG en Venezuela. (2025). Visión Empresarial Venezuela 2025. https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/ve/pdf/2025/3/Visi%C3%B3n-empresarial-Venezuela-2025%20.pdf

Losada Sáenz, C., & Carranza Martínez, J. C. (2014). Los principios de ISO 26000 como eje articulador del sistema integrado HSEQ – RUC en empresas consultoras en ingeniería y medio ambiente de Bogotá. SIGNOS, investigación En Sistemas de gestión,6(1), 73-87. https://doi.org/10.15332/s2145-1389.2014.0001.05

Nguyen, N. T. G., Wechtler, H., & Lai, P. H. (2025). Taking stock of responsible leadership research: a systematic literature review and research agenda. Society and Business Review.

Pacto Mundial de las Naciones Unidas. (2025). CEO Study 2025: líderes empresariales ante la sostenibilidad. https://www.pactomundial.org/noticia/ceo-study-2025-lideres-empresariales-ante-la-sostenibilidad/

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). (2023). Los futuros que construimos. REPORTE 23 UNESCO - 386933spa.pdf

Wechtler, H., & Nguyen, N. T. G. (2025). Responsible Leadership: Conceptual, Operational, and Theoretical Issues And Clarification. Academy of Management Proceedings, 2025(1).

Fecha de recepción: 01 de abril de 2025

Fecha de aceptación: 12 agosto de 2025

NORMAS Y FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS EN LA REVISTA INGENIERÍA Y SOCIEDAD UC

(interlineado doble en Arial 10)

Autores[1,2,3,] (Apellidos, Nombres; Arial 12, regular, centrado, un espacio)
(interlineado simple en Arial 10)
Institución(es) y dirección(es). (Arial 12, un espacio, regular, centrado).
De existir más de un centro de trabajo, se indicarán superíndices al final del apellido de cada autor (1,2,3, etc.) y se indicarán al comienzo de cada centro**.** Ejemplo:
1. Universidad de... ;
2. Instituto de ..., etc.
Añadir el e-mail del autor principal al final (no usar notas al pie de página).
(interlineado doble en Arial 10)

Resumen: Este documento contiene información para guiar a los autores en la preparación de los artículos técnicos a ser presentados en la Revista Ingeniería y Sociedad UC. El documento está escrito en el estilo requerido para la elaboración de los artículos definitivos, ajustado a normas APA 7. El texto debe escribirse en doble columna (8,5cm de ancho por columna, separadas 0,5cm) con formato tamaño carta, márgenes de 2,54 cm por todos los lados. Los autores deben seguir cuidadosamente las instrucciones para asegurar la uniformidad de los trabajos aceptados para la publicación. El resumen debe ser preciso, no evaluativo, coherente, legible y conciso, presentado en un solo párrafo sin sangría y no debe exceder de 150 palabras. Este debe especificar: propósito, hipótesis/supuestos, metodología, resultados, discusión de resultados y conclusiones. Los títulos, el resumen y el abstract en una sola columna.

Palabras clave: Entre tres y cinco palabras clave.

NORMS AND FORMAT FOR ARTICLES TO BE PUBLISHED IN THE ENGINEERING AND SOCIETY UC JOURNAL

Abstract: this document contains information to guide authors in preparing technical articles to be presented in the Journal of Engineering and Society UC. The document is written in the required style for the drafting of final articles, adjusted to APA 7 standards. The text should be written in double columns (8.5 cm wide per column, separated by 0.5 cm) in letter size format, with margins of 2.54 cm on all sides. Authors must carefully follow the instructions to ensure the uniformity of the works accepted for publication. The abstract should be precise, non-evaluative, coherent, readable, and concise, presented in a single paragraph, and should not exceed 150 words. It should specify: purpose, hypothesis/assumptions, methodology, results, discussion of results, and conclusions. The titles, the abstract, and the abstract in a single column.

Keywords: Around 3 to 5 keywords.

INTRODUCCIÓN

La Revista "Ingeniería y Sociedad-UC" es un órgano de divulgación del conocimiento científico y tecnológico vinculado a lo humanístico y social en la Ingeniería y en la formación del ingeniero, lo cual supone una perspectiva de inter y transdisciplinaridad, bajo la responsabilidad de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

El objetivo fundamental de la Revista "Ingeniería y Sociedad-UC" es la publicación semestral de las investigaciones realizadas en el campo del conocimiento científico y tecnológico vinculado a lo humanístico y social.

La Revista "Ingeniería y Sociedad-UC" tiene como objetivos servir de órgano de divulgación del conocimiento, estimular la producción intelectual de los docentes e investigadores de la Universidad de Carabobo, los Centros de Investigación Nacionales e Internacionales, y de otros centros académicos de creación y producción del conocimiento, así como propiciar el intercambio cultural a través de redes información a nivel nacional e internacional, en procura de realimentar la investigación en las áreas mencionadas.

A los fines de cumplir con sus objetivos, la Revista admite la colaboración de autores nacionales y extranjeros, cuyos criterios deberán ser expuestos y analizados bajo los principios de libertad, innovación, coherencia, ética, contribución, social y sistematización que exige el conocimiento científico.

Los artículos serán sometidos a doble arbitraje ciego, previo a la publicación de los mismos. Si el comité editorial lo considera necesario se someterá a un tercer arbitraje.

Sólo se aceptarán trabajos que puedan ser incluidos en las siguientes secciones:

I. Investigación. Proyecto en proceso o concluido.
II. Diseño Instruccional.
III. Ensayo.
IV. Información y/o Resumen de Eventos Académicos.
V. Reseña Bibliográfica.
VI. Autor Invitado
VII. Divulgación de experiencias institucionales

Le corresponderá al autor(s) indicar a cuál sección de las anteriormente mencionadas pertenece su trabajo.

Los trabajos deben ser originales e inéditos, en idioma español y no ser arbitrados por otras revistas. En el caso de que el trabajo fuese presentado en algún evento, se deberá suministrar los detalles correspondientes (Nombre completo, fecha, lugar, institución organizadora).

Para someter un trabajo a la consideración de la Revista, debe enviar el documento almacenado en el procesador de textos Microsoft Office Word (o compatible), vía correo electrónico a las siguientes direcciones de correo: ingenieriaysociedad@uc.edu.ve y ingenieriaysociedaduc@gmail.com

La extensión de los trabajos debe tener un máximo de 15 páginas, incluida la bibliografía.

En conjunto con el ejemplar identificado debe enviarse una página de presentación, la cual debe contener título, autor(es), correo(s) electrónico(s), institución de procedencia, ciudad, una breve reseña curricular que no exceda cincuenta (50) palabras y el resumen del trabajo.

La primera página de los ejemplares sin identificación personal sólo debe tener el título del trabajo y el resumen.

El orden a seguir para la redacción de los **trabajos de investigación** es el siguiente: Portada, Introducción, Metodología o Desarrollo de la Investigación, Análisis, Discusión de Resultados, Conclusiones y Referencias Bibliográficas.

El orden a seguir para la redacción de los **ensayos** es: Presentación del tema, Sustentación, Conclusiones y Referencias.

La Portada debe contener: Titulo del trabajo, en idioma español y en idioma ingles; Nombre(s) del autor(es) y su(s) dirección(es) institucional(es) completa(s), correo electrónico; resumen del trabajo en idioma español y en idioma ingles (Abstract) con un máximo de ciento cincuenta (150) palabras; agregar al resumen de tres (03) a cinco (05) palabras clave.

Todos los artículos son responsabilidad de los autores y no del comité editorial ni del cuerpo de árbitros de la Revista.

TÍTULOS

El título de cada sección se escribirá en negritas, en mayúsculas, justificado a la izquierda en el texto y sin identificación numérica.

Subtítulos

El encabezamiento de las subsecciones se escribirá en negritas y cada palabra iniciando en mayúscula, alineado a la izquierda. Texto inicia en un nuevo párrafo. En caso de requerir otros niveles de subtítulos, deben ajustarse a la jerarquía presentada en APA 7

Fuentes

El título del artículo debe escribirse en estilo Arial, fuente 16, negritas, con interlineado sencillo y el texto en Arial 12. Debe utilizarse fuente 10 para las leyendas de los gráficos y cuadros, así como otros textos subordinados.

Siglas

Las siglas deben ser identificadas en su primera aparición en el texto, con excepción del resumen.

Tablas y Figuras

Los gráficos, fotografías, infografías, diagramas y toda la ayuda gráfica, con o sin información cuantitativa, deben denominarse figura. Deberán enumerarse consecutivamente y con números arábigos; ser incluidos en el texto correspondiente (no agrupados al final del mismo) y con su leyenda.

Todas las tablas y figuras deben ser mencionadas en el texto y deben tomarse las previsiones para que estén ubicadas cerca del párrafo en el cual han sido mencionadas por primera vez. Los gráficos deben ser originales (no fotocopias), nítidos y realizados en impresión de alta resolución; y realizados en impresión de alta resolución; ser enviados en blanco y negro bien contrastados, de 17,5 cm. de ancho máximo.

El título de las tablas debe estar en la parte superior (ver tabla 1). Escribir el título breve pero descriptivo y en cursiva en una línea y debajo del número de la tabla. En caso de ser necesario, use notas para describir los contenidos de la tabla que no pueden entenderse solo con el título o con los datos. Si utiliza

abreviaturas puede especificarlas en las notas, también puedes usarlas para atribución de derechos de autor. Use borde en la parte superior e inferior de la tabla, debajo de los encabezados de columna y encima de los totales de columna. No use bordes verticales para separar los datos, y no use bordes alrededor de cada celda de la tabla.

Cada columna debe estar identificada (en la tabla 1 se pueden ver las dos columnas denominadas: sección y estilo).

Tabla Nº1. Tamaños y estilos de letras

Sección	Estilo
Título principal	Mayúsculas, negrilla, 16
Título de sección	Mayúsculas, negrilla, 12
Título de subsección	Mayúsculas y minúsculas 12
Título de tabla o Figura	Mayúsculas y minúsculas, negrillas, centrados, 12
El texto dentro de una tabla	Mayúsculas y minúsculas, puede variar en un rango de 10 a 12, según sea necesario para su ajuste adecuado
Leyenda de gráficos y tablas	Mayúsculas y minúsculas, 10

Similar a las tablas, las figuras deben numerarse en el orden que aparecen en el documento, su título breve pero descriptivo debe estar una línea debajo del número en letra cursiva. Un ejemplo de ello puede ser observado en la figura 1. Si requiere leyenda, esta debe colocarse dentro de los bordes de la figura. Puede agregar notas cuando necesite describir contenido que no pueden entenderse solo por el título o por la imagen por sí misma. Puede usarlas para atribución de derechos de autor.

El título de las figuras debe estar en la parte inferior. Un ejemplo de ello puede ser observado en la figura 1.

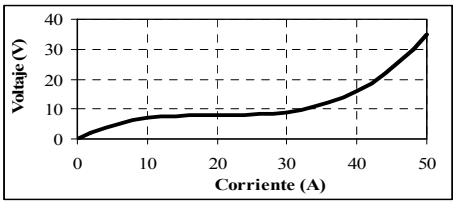


Figura 1. Relación entre el voltaje y la corriente en un elemento no-lineal

Los símbolos matemáticos deben ser muy claros y legibles. Los subíndices y supraíndices deben estar correctamente ubicados. Todas las ecuaciones deben ir en tamaño 10, enumeradas consecutivamente con números arábigos colocados entre paréntesis en el margen derecho.

$$V_P \cos\theta = \{r_Q P_Q + x_Q Q_Q + V_Q^2\}/V_Q \qquad (1)$$

Las referencias citadas en el texto deben expresar apellido del autor y la fecha de publicación}. El título de la sección de referencias tampoco debe identificarse con número alguno y se colocan al final del artículo ordenadas alfabéticamente. Por ejemplo:

REFERENCIAS

ASAMBLEA NACIONAL (2005). Ley de Reforma de la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo. Consultado el día 5 Abril del 2007 desde http://www.asambleanacional.gob.ve/index.php?option=com_dbquery&Itemid=182&task=ExecuteQuery&qid=7&leyes_id=20619.

Martínez, M. (2006). Ciencia y arte en la metodología cualitativa. México: Editorial Trillas.

Pande, P., Neuman, R. y Cavanagh, R. (2004). Las claves prácticas de Seis Sigma. Colombia: McGraw-hill/interamericana.

Rodríguez, M. (2006). Se lo que mi nota dice que sé. En Revista Ingeniería y Sociedad UC, 3 (2) ,94-101.

Sánchez, T. (1998). Nivel Educacional como un pronosticador de sucesos. Manuscrito no publicado.

Sandoval, R. (2002). Importancia de apoyar al talento científico juvenil en su formación investigativa. Tesis de maestría no publicada, Facultad de Educación, Universidad de los Andes.

En caso de agradecimiento, éste se ubicará antes de las referencias bibliográficas (extensión máxima de 50 palabras).

La impresión de los artículos se realizará en blanco y negro. Se recomienda tomar las previsiones necesarias desde el inicio, especialmente en lo referente a las figuras para garantizar su nitidez.

NORMS AND FORMAT FOR ARTICLES TO BE PUBLISHED IN THE ENGINEERING AND SOCIETY UC JOURNAL

(double space, Arial 10)

Author(s) [1,2,3,] (Second name, First Name: Arial 12, regular, centered, single space)
(single space, Arial 10)
Institution(s) & address(es). (Arial 12, regular centered single space).
If there are two or more working places, there will be superindexes on each author (1, 2, 3, etc.), and will be showed at the beginning of each center.
Eg. 1. XXX University …
2. Institute / College …
Add main author's e-mail at the end (Do not use foot notes)
(double space, Arial 10)

Abstract: This document contains information to guide authors in writing technical articles for the "Ingeniería y Sociedad - UC" Journal. This document has been written according to the requirements of the editorial board. Authors must carefully follow the instructions to make sure that the articles are written in a uniform way. Letter-size paper must be used. Margins to be used: upper and lower margins: 2.5 cm; left: 2.5 cm; right: 1.5 cm. The text must be written in double columns (8.5 cm wide, 0.5 cm apart). The title, summary and abstract must be in a single column.

Keywords: Approximately from 3 to 5 key words.

NORMAS Y FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS EN LA REVISTA INGENIERÍA Y SOCIEDAD UC

Resumen: Este documento contiene información para guiar a los autores en la preparación de los artículos técnicos a ser presentados en la Revista Ingeniería y Sociedad UC. El documento está escrito en el estilo requerido para la elaboración de los artículos definitivos. Los autores deben seguir cuidadosamente las instrucciones para asegurar la uniformidad de los trabajos que sean aceptados para la publicación. El papel debe ser tamaño carta y los márgenes superior e inferior deben ser de 2,5cm, el izquierdo de 2,5cm y el derecho de 1,5cm, el texto debe escribirse en doble columna (8,5cm de ancho por columna, separadas 0,5cm). Los títulos, el resumen y el abstract en una sola columna. El resumen no debe exceder de 150 palabras. El resumen debe especificar: propósito, hipótesis/supuestos, metodología, resultados, discusión de resultados y conclusiones.

Palabras clave: Entre tres y cinco palabras clave

.

INTRODUCTION

The Journal “Ingeniería y Sociedad - UC” is a popular science and technology Journal, which contains articles on science and technology as well as on social and humanistic topics applied to engineering and necessary in the training of new engineers, which means the inter and transdisciplinarity, under the responsibility of the Faculty of Engineering of the University of Carabobo. The main goal of this journal is to achieve the six-month publication of research done on science and technology related to humanistic and social topics.

The journal “Ingeniería y Sociedad - UC” has different goals: become a popular science and technology journal, stimulate the intellectual production of the professors and researchers from the University of Carabobo, National and International Research Centers, and other academic centers of creation and production of knowledge, as well as to bring about the cultural exchange through information networks national and internationally, trying to sustain the research in the previously mentioned areas.

In order to achieve its goals, this periodical accepts national and international collaborators, which criteria must be exposed and analyzed under the principles of freedom, innovation, coherence, ethics, social contribution, and systematization demanded by the scientific knowledge. The submitted manuscripts will be evaluated by double blind review prior to publication. In case the publishing committee considers it necessary, the article will be subjected to a third review. Articles to be accepted must be related to:

I. Research: in process or finished.
II. Instructional design.
III. Essay.
IV. Information / Summary of Academic Events.
V. Bibliographic Review.
VI. Invited author.
VII. Disclosure of institutional experiences.

The author has to state the previously mentioned section, in which his manuscript will be published.

Manuscripts must be originals and unpublished, written in Spanish and must have not been previously submitted to publishing review. In case it is to be presented in any event, some information must be given: full name, date, place, organizing institution.

To submit a paper for the consideration of the Journal, you must send the document stored in the Microsoft Office Word (or compatible) word processor, via email to the following email addresses: ingenieriaysociedad@uc.edu.ve and ingenieriaysociedaduc@gmail.com

Articles must have a maximum length of fifteen (15) pages.

Joined to the identified copy, there must be an introduction piece of paper that contains title, author(s), e-mails, institution, city and a profile not longer than fifty (50) words, and the abstract.

The non identified copies first page must only show the title and the abstract.

All pieces of work should follow the next order: Title page, Introduction, Methodology or Research Development, Text, Analysis, Result Discussion, Conclusions and Bibliographic References.

If it is an essay, it should have: Topic Introduction, Theoretical Support, Conclusions and References.

The title page must contain: Title of the manuscript, written in Spanish and English; Author(s) Name(s) and work place address, e-mail; Abstract in English and Spanish, maximum 150 words, with three (03) to five (05) key words.

Authors are fully responsible of all pieces of works, nor the publishing committee nor the evaluating staff.

TITLES

Each section title will be written in bold type, capital letters, to the left of the text, no numbering.

Subtitles

The heading of each subsection will be written in bold type and small letters to the left side of the text.

Letter

The title of the article should be written in Arial, 16, bold type, single space, and the text in Arial 12. For the graphics and charts, use letter size 10 for legends.

Acronym

Abbreviations should be identified at the first appearance in the text, except if it is used in the abstract.

Charts and Figures

Graphics, photographs, diagrams, and any graphic help, with or without quantitative information, must be called Figure. They should be numbered consecutively, using Arabic numerals, and should be placed in the corresponding text, (not at the end), with its legend.

All charts and figures should be mentioned in the text and must be placed near the paragraph where it was mentioned for the first time. Graphics must be original, (not photocopied), sharp, and done in highly resolution printing definition; highly contrasted black and white, 17,5 maximum wide.

Titles for the charts must be above them (See Table N°1). If it was made by the article authors, the source must not be mentioned.

Table N°1. Letter size and Styles

Section	Style
Main Title	Capital, bold type letter, 16
Section Title	Capital, bold type letter, 12
Subsection Title	Capital and small letter, 12
Chart / Figure Title	Centered capital and small letter, 12
Text in the Chart	Capital and small letter, it may vary from 10 to 12 as necessary
Legend in Graphics / Tables	Capital and small letter, 10

The title of the figure must be below it. See the following example in Figure 1.

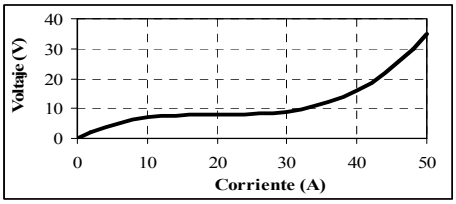


Figure 1. Relationship between voltage and current in a non-linear element

Mathematical symbols must be clear and readable. Sub indexes and supra indexes must be correctly placed. All equations must be in size 10, consecutively numbered,

(Arabic numerals), placed in brackets to the right side.

$$V_P \cos \theta = \{r_Q P_Q + x_Q Q_Q + V_Q^2\}/V_Q \quad (1)$$

The title in the references must not be numbered. References must be numbered, using Arabic numerals in square brackets [1], at the end, in the same order of appearance. For example:

REFERENCES

ASAMBLEA NACIONAL (2005). Ley de Reforma de la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo. Consultado el día 5 Abril del 2007 desde http://www.asambleanacional.gob.ve/index.php?option=com_dbquery&Itemid=182&task=ExecuteQuery&qid=7&leyes_id=20619.

Martínez, M. (2006). Ciencia y arte en la metodología cualitativa. México: Editorial Trillas.

Pande, P., Neuman, R. y Cavanagh, R. (2004). Las claves practicas de Seis Sigma. Colombia: McGraw-hill/interamericana.

Rodríguez, M. (2006). Se lo que mi nota dice que sé. En Revista Ingeniería y Sociedad UC, 3 (2) ,94-101.

Sánchez, T. (1998). Nivel Educacional como un pronosticador de sucesos. Manuscrito no publicado.

Sandoval, R. (2002). Importancia de apoyar al talento científico juvenil en su formación investigativa. Tesis de maestría no publicada, Facultad de Educación, Universidad de los Andes.

In case of Acknowledgement, it must be placed before the bibliographic references (maximum word length: 50 words).

Printing must be in black and white. It is highly recommended to pay special attention in order to guarantee the clearness of the graphics and figures.

	TITULO DEL TRABAJO:

II EVALUACIÓN. Marque con una **X** las características que a su juicio son relevantes en el artículo asignado: **E:** Excelente **– B:** Bueno **– R:** Regular **– D:** Deficiente

	ASPECTOS	E	B	R	D	JUSTIFICACION
1	Titulo					
2	Resumen y palabras clave					
3	Desarrollo coherente del contenido					
4	Organización de secciones					
5	Objetividad de los planteamientos enfoques					
6	Profundidad del tema					
7	Aporte al conocimiento					
8	Uso adecuado de las fuentes					
9	El artículo describe un trabajo original con aportes significativos y/o novedosos					
10	Presentación de conclusiones y recomendaciones					
11	Actualidad de las fuentes					
12	Uso adecuado de tablas y signos					
13	Apreciación general					

III OPINIÓN. De acuerdo a la evaluación realizada, en su opinión el artículo es para:

Publicar	◎	Corregir y Publicar	◎	Corregir Exhaustivamente	◎	No Publicar	◎

IV OBSERVACIONES:

FECHAS DE:

Recepción Documento: _____ **Envío al Árbitro:** _____

Recepción por el Árbitro: _____ **Evaluación:** _____

Nro. CI: _____ **Firma:** _____



Universidad de Carabobo

Facultad de Ingeniería

Ingeniería y Sociedad – UC

Vol 20, No. 1
Enero-Junio 2025

ISSN 1856–352X
Online ISSN 2665-0185



Universidad de Carabobo

Facultad de Ingeniería



Ingeniería
y Sociedad-UC