

UNANCHAY
REVISTA CIENTÍFICA
ISSN 2953 6707

03

CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

VOLUMEN 2

Nº. 02

Julio - Diciembre 2023



Contacto:
infounanchay@istte.edu.ec

Revista Científica Unanchay (ISSN 2953-6707)

Volumen 2. Número 2. Año 2023.

La Revista Científica Unanchay, es un espacio editorializado por el Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, que tiene el propósito de difundir la producción científica en el área de ciencias de la ingeniería constituyéndose como un espacio de referencia para la socialización de investigaciones y producciones técnicas aplicadas a las líneas de investigación de la revista.

Tabla de Contenidos

Artículos Originales

	pp.
Análisis computacional del comportamiento aerodinámico de un vehículo con estructura tubular Jairo Edison Guasumba Maila, Diego Andrés Calero Torres, Luis Patricio Criollo Yanchatipan, Víctor Alfonso Garay Cisneros	1-18
Análisis de alteraciones auditivas en el personal administrativo, expuestos a ruido industrial del sector metalúrgico Richard Andrés Cabrera Armijos, Claudio Porfirio Calderón Coello, Jorge Eduardo Mediavilla Mediavilla	19-29
El dolor lumbar asociado a posturas forzadas en actividades administrativas: estudio de caso Indira Vanessa Cabrera Armijos	30-40

Artículos de Revisión

	pp.
Implementación de la tecnología 4.0 en la industria automovilística en Ecuador retos y perspectivas Edgar Edurman García Silvera	41-55
El portafolio electrónico como estrategia de evaluación innovadora Belkis Coromoto Andrade Pacheco, Zaydi Daviana Gutiérrez Berríos, Angélica Maribel Cárdenas Rubio	56-66

Análisis computacional del comportamiento aerodinámico de un vehículo con estructura tubular

Computational analysis of the aerodynamic behavior of a vehicle with a tubular structure

Jairo Edison Guasumba Maila¹, Diego Andres Calero Torres², Luis Patricio Criollo Yanchatipan³, Victor Alfonso Garay Cisneros⁴

Resumen:

La presente investigación se plantea realizar un análisis computacional a una estructura tubular de un vehículo con motor Nissan Tiida, con la finalidad de observar el comportamiento aerodinámico de la estructura en la simulación y verificar si el método de análisis computacional aplicado concuerda con los cálculos propuestos desde las referencias teóricas, para ello, la investigación se enfoca en un estudio descriptivo, que determine paso a paso el proceso de análisis de la estructura de manera teórica, adicionalmente el estudio se sustenta en la aplicación de una técnica de investigación acción participativa, con la finalidad de relacionar el proceso metodológico con el proceso computacional desarrollado por los participantes especialistas en el área y de los participantes técnicos del área, los valores utilizados dentro de la investigación son el coeficiente de penetración, coeficiente de empuje y la velocidad inicial, el prototipo puesto a prueba es una estructura tubular sin carrocería para el cual se esperó encontrar un coeficiente de penetración (C_x) alrededor de 3,35 a 0,45, sin embargo el resultado fue de $C_x=0,588$ superior al coeficiente presente en los vehículos todoterreno y acercándose más a una estructura de un bus. La resistencia aerodinámica disminuye con la velocidad a la que circula un vehículo, siendo ésta para el análisis de hasta 100 Km/h, reflejando que a esa velocidad la estructura en la simulación presenta un flujo de aire promedio y no generando alteraciones en su estructura inicial.

Palabras clave: Simulación de flujo computacional, coeficiente de arrastre, coeficiente de empuje, coeficiente de sustentación

¹ Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Magister en Diseño Mecánico con Mención en Fabricación de Autopartes, <https://orcid.org/0000-0002-0533-0397>

² Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Magister en Energías Renovables, <https://orcid.org/0000-0003-4754-4251>

³ Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Magister en Educación Mención en Gestión del Aprendizaje Mediado por TIC, <https://orcid.org/0000-0003-3647-2918>

⁴ Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Magister en Educación Mención en Gestión del Aprendizaje Mediado por TIC, <https://orcid.org/0000-0001-6739-9309>

Autor de correspondencia: jguasumba@istte.edu.ec



Abstract:

The present research aims to carry out a computational analysis of a tubular structure of a vehicle with a Nissan Tiida engine, with the purpose of observing the aerodynamic behavior of the structure in the simulation and verifying whether the computational analysis method applied agrees with the calculations proposed from theoretical references, for this, the research focuses on a descriptive study, which determines step by step the process of analysis of the structure in a theoretical manner, additionally the study is supported by the application of a participatory action research technique, with the purpose of relating the methodological process with the computational process developed by the specialist participants in the area and the technical participants in the area, the values used within the research are the penetration coefficient, thrust coefficient and the initial speed, the prototype placed The test is a tubular structure without a body for which it was expected to find a penetration coefficient (C_x) around 3.35 to 0.45, however the result was $C_x=0.588$ higher than the coefficient present in off-road vehicles and approaching more like a bus structure. The aerodynamic resistance decreases with the speed at which a vehicle circulates, this being for the analysis up to 100 km/h, reflecting that at that speed the structure in the simulation presents an average air flow and does not generate alterations in its initial structure.

Keywords: *Computational flow simulation, drag coefficient, thrust coefficient, lift coefficient*

Introducción

El análisis de perfiles aerodinámicos basado en simulación dinámica de fluidos (CFD) originada mediante un software, proporciona información sobre el comportamiento de las superficies de un vehículo que se encuentra en contacto con el flujo de aire, donde el modelo elegido es el que presenta, menores coeficientes de arrastre, mediante un análisis de flujos, permitiendo determinar resistencias, variaciones en la estabilidad, entre otras.

El CFD, es considerado como una tecnología de Ingeniería Asistida por Computadora (CAE), siendo una herramienta fundamental utilizada en la mayoría de los ámbitos industriales para el desarrollo de diseño en la ingeniería actual (Jaramillo, Jiménez, Ortega, Ríos y Zambrano, 2022), para la producción de toda clase de autopartes de vehículos, y, su uso se ha vuelto indispensable para estudios de tipo aerodinámicos.

El desarrollo de modelos de simulación aerodinámicos, usa los resultados originados en el CFD, para mejorar todo tipo de diseños conceptuales, perfeccionando el detalle del producto, con una resolución más apropiada a las necesidades del rediseño requerido, dándose un rápido acceso en la resolución del problema, en empresas como Marco Polo la cual innova sus productos en cada modelo, mientras que en el Ecuador, se han utilizado en Universidades como la ESPE, las cuales han comparado las propiedades aerodinámicas de vehículos de tipo SEDÁN estándar con respecto a otros modificados, en tanto que en la ESPOCH, mediante análisis aerodinámicos se logró obtener una carrocería apropiada para una motocicleta de Tipo CUSTOM. (Alba & Guaguasi, 2018)

El uso de plataformas y programas que se encarguen de evaluar de manera teórica el comportamiento de un elemento antes de su fabricación, representa un ahorro de tiempo, recursos y materiales en el desarrollo de cualquier prototipo pensado a ser aplicado en la industria, por tanto, la “informática puede utilizarse con múltiples propósitos, en especial cuando se enfoca a sustituir tareas repetitivas e iterativas como la solución de fórmulas y sus cálculos matemáticos respectivos” (Vargas y Contreras, 2007, p. 64). Razón por la cual, en la presente investigación se plantea realizar un análisis computacional a una estructura tubular de un vehículo con motor Nissan Tiida, con la finalidad de observar el comportamiento aerodinámico de la estructura en la simulación y verificar si el método de análisis computacional aplicado concuerda con los cálculos propuestos desde las referencias teóricas.

Por lo que la mecánica computacional es considerada útil para mejoras experimentales, a través del uso de herramientas numéricas, donde su forma de trabajar es en la mecánica de fluidos, con resultados confiables, donde las nuevas tecnologías y la continua mejora de los algoritmos, han hecho posible ejecutar en computadoras personales.

Análisis teórico

Aerodinámica

La aerodinámica es la ciencia que estudia los fluidos, encargados de generar movimiento sobre un cuerpo definido, enfocado en obtener un valor mínimo originado

por una resistencia originada por un movimiento, evitando efectos negativos posibles, generados por el consumo de energía, así como la desestabilización del vehículo ante la presencia de vientos cruzados. (Gómez, Martín, Águeda, & García, 2016)

Por su parte, la resistencia al aire es una fuerza que actúa en dirección opuesta al movimiento del automóvil y aumenta a medida que la velocidad aumenta. Para minimizar esta resistencia, los diseñadores automotrices aplican principios aerodinámicos para dar forma al vehículo de manera que el flujo de aire se deslice suavemente alrededor de la carrocería en lugar de generar turbulencias.

Algunas características aerodinámicas comunes en los automóviles incluyen, la forma y curvas de la carrocería, que optimice el flujo de aire y logre minimizar las turbulencias y el arrastre. Esto se logra mediante el diseño de líneas suaves y curvas, y la reducción de protuberancias innecesarias.

Los ángulos y pendientes presentes en los parabrisas, ventanas laterales y parte trasera cuentan con una configuración que permite al aire deslizarse de manera eficiente. Los alerones traseros y los alerones delanteros también se pueden utilizar para controlar el flujo de aire y generar fuerza descendente (downforce) para mejorar la estabilidad a altas velocidades. Las ecuaciones que rigen la aerodinámica se mencionan en el estudio realizado por ETSEIB (2018) tal como se enlistan a continuación:

- Ecuación de Navier – Stokes, para una correcta simulación de un flujo de tipo transitorio e incompresible
- Ecuación de continuidad
- Ecuación de estado
- Condiciones de contorno
- Condiciones iniciales

De igual forma, fueron agrupados por modelos tal como se describen a continuación:

- Modelos premiados de Reynolds (RANS)
- Modelos de Simulación de Grandes Remolinos (LES)
- Modelos de Simulación Numérica Directa (DNS)

Efecto Venturi

En base al principio de Bernoulli, se origina un efecto denominado Venturi, el mismo que se da cuando un determinado fluido circula por un conducto de tipo cerrado, con un estrechamiento originado por una depresión, generando un aumento en la velocidad del fluido. (Martín, 2016)

Número de Reynold.

Reynolds fue quien estudió las características de flujo de los fluidos inyectando un trazador dentro de un líquido que fluía por una tubería, por lo que el flujo lineal se denomina laminar y el errático turbulento. (Ruiz & Curicama, 2013). Las características que condicionan el flujo laminar son aquellas que dependen de las propiedades del líquido y de las dimensiones del flujo, aumentando las fuerzas del

momento o inercia, las cuales son contrarrestadas por la fricción o fuerzas viscosas. Por tanto, cuando las fuerzas opuestas alcanzan un equilibrio se producen cambios en las características del flujo, definidos estos, como la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas (o de rozamiento).

$$N_{RE} = \frac{F_{inerciales}}{F_{viscosas}} \quad (1)$$

Factores Aerodinámicos

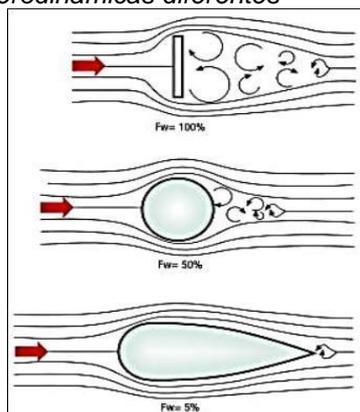
Los factores aerodinámicos a tener en cuenta, por su incidencia en el estudio fueron los perfiles aerodinámicos, flujo de aire, flujo interior, flujo exterior, flujo laminar, flujo turbulento, resistencia por presión, resistencia por rozamiento, resistencia total de avance y las partes del vehículo que serán descritos a continuación.

Perfiles aerodinámicos

Los perfiles aerodinámicos se dan en función de sus formas básicas, con valores de coeficientes C_x , establecidos según la dirección de la corriente de aire definida. Los fabricantes de vehículos buscan que sus carrocerías prototipo se asemejen al modelo de una gota de agua, la cual sufre un moldeamiento con el aire, para poder obtener una menor resistencia posible con una habitabilidad escasa interior, originando un flujo de tipo tubular o laminar, comparándose la resistencia al avance de tres formas distintas como se puede observar en la figura 1.

Figura 1

Resistencia al avance de formas aerodinámicas diferentes



Nota. Gómez, Martín, Águeda, y García, 2016

Flujos de Aire

Gómez et al. (2016) mencionan que el flujo de aire es el contacto que se origina entre el vehículo y el aire, donde actúan varias fuerzas de resistencia que limitan la aerodinámica de la unidad como se pudo observar en la figura 1, y se clasifican en flujo interior y flujo exterior. El primero, trata de cuando el aire ingresa por las entradas, existentes en la carrocería de un determinado vehículo, avión, tren, entre otras; beneficiando de manera positiva su refrigeración y negativa su aerodinamismo, produciéndose la ventilación en el habitáculo del piloto, en un porcentaje del 20% del total, mejorando el confort climático de los ocupantes, con una temperatura constante

aceptable, la cual depende del exterior y de la velocidad del vehículo, pudiendo renovar el aire.

El flujo exterior según la investigación realizada por Gómez, consiste en la circulación del aire sobre una determinada carrocería, generando un factor de resistencia confiable, pero este flujo provoca zonas de presión y depresión denotando factores con mayor resistencia en aspectos como el porte y forma de la carrocería, la velocidad relativa del vehículo respecto al avance, la carga sobre las ruedas, la densidad del fluido, y el tipo de superficie, determinando que el aire tome formas denominadas de flujo laminar y flujo turbulento.

En lo que respecta al flujo laminar Gómez et al. (2016) destacó que cada partícula de aire sufre desplazamiento, con respecto a la carrocería, en una dirección y velocidad única, conociéndose un flujo uniforme, el cual, cuanto mayor sea el flujo laminar, menor será la resistencia aerodinámica característico de velocidades de circulación bajas, mientras que el flujo turbulento, trata de dar un límite laminar, donde el flujo de aire se transforma en turbulento, dada la pérdida de velocidad de las partículas de aire existentes con respecto a los cambios de dirección, característico de velocidades de circulación altas.

Resistencia por presión

Se trata de presiones positivas en las zonas cóncavas y negativas en las zonas convexas, con base a un coeficiente de presión definido (Domínguez, 2018). Donde las zonas más cálidas son las presiones positivas, mientras que las azuladas son las negativas, como se detalló anteriormente.

Resistencia por rozamiento

Se origina por efecto de la viscosidad del aire (Domínguez, 2018)

Resistencia total de avance

Es aquella que depende de la densidad del fluido, superficie frontal, velocidad de circulación y coeficiente aerodinámico (Domínguez, 2018)

Partes de un vehículo

La forma y el diseño de estas partes se optimizan para reducir la resistencia al aire, mejorar la estabilidad y aumentar la eficiencia del vehículo; entre las partes que más se encuentran en contacto con el flujo de aire son los spoilers, mismos que se encuentran en la parte trasera del vehículo y se utilizan para modificar el flujo de aire y reducir la resistencia aerodinámica. Pueden estar integrados en la forma del vehículo o ser elementos separados.

El difusor, que se encuentra en la parte inferior trasera del vehículo, ayuda a acelerar el flujo de aire y a reducir la presión aerodinámica en esa zona, todo ello, con la finalidad de mejorar el rendimiento y la estabilidad del vehículo a altas velocidades.

Mientras que el alerón, que se encuentran en la parte trasera del vehículo, está diseñado para generar fuerza descendente y mejorar la estabilidad a altas velocidades, puede tener formas y configuraciones diferentes según el tipo de vehículo y su propósito.

Proceso de Simulación

Los procesos de simulación automotriz constituyen una serie de actividades o procedimientos que empleando ciertas herramientas permiten evaluar y analizar el

rendimiento y comportamiento de los vehículos antes de su producción y lanzamiento al mercado. Estos procesos facilitan simular y predecir cómo se comportará un vehículo en diferentes condiciones de funcionamiento y escenarios de conducción sin la necesidad de realizar pruebas físicas en prototipos reales.

- Pre-Procesamiento
- Procesamiento
- Post-Procesamiento

Pre-Procesamiento, es la parte en la que se genera e inserta una geometría en un determinado software de Diseño tipo CAD, así como las cargas, condiciones de contorno, mallado en el cual se origina elementos sólidos tetraédricos en 3D, triangulares en 2D y elementos de vigas en 1D, la cual debe estar diseñada de manera óptima, dividiéndose en dominios y subdominios, en base a nodos, donde la calidad de la malla permite verificar el cociente de aspecto, donde los puntos jacobianos a determinar son importantes, y finalmente está el tipo de análisis. (Martínez, 2017)

Procesamiento, es la parte o sección donde se generan ecuaciones características de un modelo simplificado, que garantice la idoneidad del mallado, así como las condiciones de frontera. (Martínez, 2017)

Post-Procesamiento, en esta etapa se visualizan resultados obtenidos, de forma gráfica. (Martínez, 2017)

Metodología

La investigación se enfoca en un estudio descriptivo, que determine paso a paso el proceso de análisis de la estructura de manera teórica, adicionalmente el estudio se sustenta en la aplicación de una técnica de investigación acción participativa, con la finalidad de relacionar el proceso metodológico con el proceso computacional desarrollado por los participantes especialistas en el área y de los participantes técnicos del área, con la finalidad de romper la dicotomía de sujeto-objeto (Bernal, 2010). Al ser una técnica no científica, los resultados se interpretaran desde un punto de vista técnico de prueba y error, mientras que la descripción del procedimiento será monitoreado, para encontrar la configuración adecuada para la estructura, logrando conformar un equipo de trabajo y método, en el cual se analice el procedimiento de evaluación de la estructura, mediante el análisis de los resultados computacionales y los resultados calculados, para ello, a continuación se describen los principios básicos que rigen las estructuras de los vehículos.

Principios básicos de la aerodinámica

El principio básico de la aerodinámica es la de Bernoulli, quien describe el comportamiento de un fluido a lo largo de una línea de corriente, y el estudio realizado por Martín (2016) utiliza la siguiente formula para expresar la teoría mencionada por Bernoulli.

$$\frac{v^2 \rho}{2} + P + \rho g z = \text{constante} \quad (2)$$

Dónde:

V = Velocidad del fluido

ρ = Densidad del fluido

P = Presión originado a lo largo de la línea de corriente

g = Gravedad

z = Altura en función de la gravedad

Coefficientes Aerodinámicos

En el área automotriz, los coeficientes aerodinámicos son utilizados para describir y comparar el comportamiento aerodinámico de los vehículos. Estos coeficientes se obtienen mediante pruebas en túneles de viento y análisis computacional de dinámica de fluidos. Consisten en números adimensionales que se usan para un estudio de tipo aeronáutico o aerodinámico de las cargas que generan un cuerpo en movimiento a través del aire. A continuación, se presentan las definiciones de coeficientes de tipo de arrastre C_x y de sustentación C_l :

Coefficiente de arrastre o Penetración (C_x)

Influye en el comportamiento de un vehículo, refiriéndose a su aerodinamismo y a su desplazamiento originado a través del aire, el cual depende de la velocidad y de su densidad, donde mientras menor sea este, menores serán los efectos que se producen. El coeficiente de penetración es muy importante en función del flujo que roza de manera homogénea al vehículo con un grado bajo de rozamiento. (Aguirre, 2009). Los componentes que dependen de los coeficientes de arrastre son:

- La superficie y el tipo del cuerpo al que se le ejecuta el análisis.
- La velocidad del fluido.
- La densidad del tipo de fluido, siendo permitido aumentar o disminuir en un 5%.

El C_x según Aguirre (2009), en la mayoría de los autos varía entre 0.28 y 0.35, mientras que vehículos todo terreno varían entre 0.35 y 0.45, “vehículos prototipo pueden bajar aún más su C_x hasta llegar a tener menos de 0.25” (Aguirre, 2009, p. 13), calculando la resistencia aerodinámica que produce la fuerza, con base a una superficie frontal, expresada de la siguiente manera:

$$C_x = \frac{F_x}{\frac{1}{2} \rho v^2 A} \quad (3)$$

Dónde:

F_x = Fuerza de arrastre

C_x = Coeficiente de arrastre

σ = Densidad del fluido
V = Velocidad relativa de la corriente
A = Área de referencia

En la tabla 1 se muestran los coeficientes de arrastre de marcas de vehículos más conocidos, con los cuales se relacionaron para obtener el valor del coeficiente que se aplicó al estudio realizado.

Tabla 1

Coeficientes Aerodinámicos

Modelo	Cx	Modelo	Cx
Volkswagen XL1	0.186	Opel Kadett (1989)	0,38
Tesla Model 3	0.21	Renault Vel Satis (2002)	0,33
Toyota Prius	0.24	Irizar PB (2002)	0,55
Tesla Model S	0.24	Camión con deflectores	0,70
Audi A6	0.26	Autobús	0,49
Jaguar XE	0.26	Motocicleta	0,70
Mazda3	0.26	Fórmula 1 en Mónaco (el mayor)	1,084
BMW I8	0.26	Fórmula 1 en Monza (el menor)	0,7
Nissan GT-R	0.26	Paracaídas	1,33
Mercedes Clase C	0.26	Perfil alar simétrico	0,05
Astra (2004)	0.32	Esfera	0,1
Peugeot 807 (2002)	0.33	Cubo valor de referencia	1
Renault Vel Satis (2002)	0.33		
Hispano Divo (2003)	0.349		
Renault Espace (2002)	0.35		
Renault Espace (1997)	0.36		
Citroën CX (1974)	0.36		

Nota. Domínguez, 2018 y Aguirre, 2009

Cy (Coeficiente de empuje lateral)

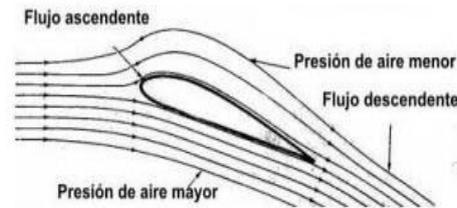
El coeficiente de empuje lateral C_y , se deriva del efecto de aire, aplicado a la unidad en forma lateral, incidiendo así la conducción y trayectoria, producida u originada (Gómez et al, 2016).

CI (Coeficiente de sustentación)

Este tipo de coeficiente indica la capacidad de crear una fuerza en dirección perpendicular a la velocidad que origina movimiento, incide en forma vertical sobre la carrocería hacia debajo de modo que el empuje del vehículo sea hacia el asfalto, lo que produce mayor agarre e incremento de la estabilidad (Uribe, 2008).

Figura 2

Diferencia de Presiones



Nota. Uribe, 2008

El coeficiente de sustentación según Uribe (2008), depende del cuerpo a analizar, el cual se determina con base a la siguiente ecuación:

$$Fl = Cl \frac{1}{2} \rho v^2 A \quad (4)$$

Dónde:

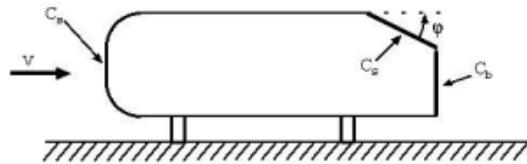
- Fl = Fuerza de sustentación
- Cl = Coeficiente de sustentación
- σ = Densidad del fluido
- V = Velocidad relativa de la corriente
- A = Área de referencia

Dinámica de flujo computacional CFD

En el contexto automotriz, CFD desempeña un papel importante en el diseño y desarrollo de vehículos, ya que permite analizar y optimizar los flujos de aire alrededor del vehículo y dentro de sus componentes. Siendo útil para un estudio encargado de la mecánica de fluidos, que utiliza los métodos numéricos y algoritmos, que analizan problemas sobre el flujo de sustancias, donde, los ordenadores son usados para realizar millones de cálculos necesarios para simular la interacción de los líquidos y gases con superficies complejas, reduciendo la velocidad de cálculo en un tiempo con situaciones complejas como los fluidos trans sónicos o turbulentos (ETSEIB, 2018), como se puede observar en la figura 3, donde los casos de validación (cuerpo de Ahmed), es un modelo de tipo genérico con una forma muy simple, en el cual los resultados experimentales son muy precisos, con un ángulo fijo de hasta 12.5° (Sacco, González, & Giuggioloni, 2005). Se coloca este ejemplo por el hecho de que el estudio busca que los resultados obtenidos en el ordenador coincidan con los que se han calculado, y de esa manera, validar el procedimiento y parámetros utilizados para simular un caso puntual que con base a los datos que arroje el estudio, pueda ser fabricado

Figura 3

Esquema del cuerpo de Ahmed



Nota. Sacco, González, y Giuggioloni, 2005

Los factores que determinan la resistencia aerodinámica son:

$$R = \frac{1}{2} \sigma v^2 ACx \quad (5)$$

Dónde:

Velocidad al cuadrado, es proporcional a la resistencia aerodinámica en el cual se incrementa más deprisa la velocidad.

Superficie Frontal, es el área que ocupa el auto, visto de manera frontal, donde los coches de gran altura y anchura se dan más oportunidades de hacer fluir el aire suavemente. (ETSEIB, 2018). Los parámetros para analizar comúnmente en un ensayo de tipo CFD son:

- **Distribución de presiones**, donde se observa las partes que tienen mayor presión ante un flujo determinado.
- **Velocidad del aire**, donde se permite observar las zonas o secciones que corresponden a velocidades de aire mayores, así como las menores.

Efectos de modificación

Las modificaciones aerodinámicas en el área automotriz pueden tener diversos efectos, desde la reducción de la resistencia aerodinámica y la generación de fuerza descendente hasta el control del flujo de aire y el enfriamiento del motor. Estas modificaciones se realizan con el objetivo de mejorar el rendimiento, la eficiencia y la estabilidad del vehículo, a continuación, se describe los efectos que dichas modificaciones producen en un vehículo

- Consumo alto de combustible
- Velocidad final menor
- Esfuerzo innecesario del motor
- Eficiencia del sistema de enfriamiento menor.
- Disminución de la capacidad de disipación originada por el calor de los frenos.
- Esfuerzos innecesarios originados en la suspensión.
- Desgaste de neumáticos.
- Ruido excesivo del viento.

Software SolidWorks 2018

Modelado 3D: SolidWorks 2018 permite crear modelos 3D utilizando una amplia gama de herramientas y funciones. Puedes comenzar creando un nuevo archivo y seleccionando el tipo de diseño que deseas realizar, como piezas, ensamblajes o dibujos. Luego, puedes utilizar las herramientas de modelado, como extrusión, revolución, barrido, entre otras, para crear las formas y geometrías deseadas. Es una versión donde destaca el análisis y validación de los diseños y el diseño mecánico, eléctrico y electrónico conectados en el proceso de diseño.

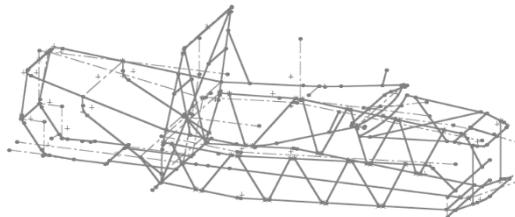
Las dimensiones externas del Chasis tienen un largo de 3615 mm, ancho de 1409mm y una altura de 1102.5 mm, mientras que las dimensiones de los tubos son de

- Tubo Redondo: 50x2.2 mm
- Tubo Redondo: 25.4 x 2.2 mm
- Tubo Redondo: 70 x 2.2 mm
- Angulo: 50 x 40 2.2 mm
- Tubo Estructural Cuadrado: 25.4 x 2.2 mm

Según la ANT (2019), los vehículos livianos, motocicletas y similares, el límite máximo es de 100 Km/h = 27.77 m/seg. Como se tiene las medidas principales se procede a modelar el chasis, Iniciando con: Vehículo Tubular Nissan Tiida Un bosquejo en 3 D del vehículo como se presenta en la figura 4

Figura 4

Bosquejo lineal 3D de la estructura del vehículo a analizar

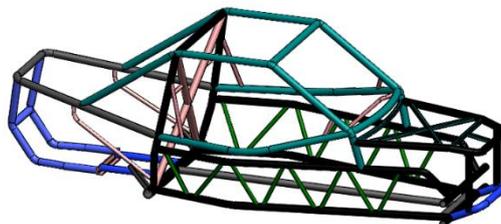


Nota. Autores, 2019

El siguiente paso es seleccionar el miembro estructural a utilizar tubo cuadrado 25mm x 25mm x 2mm. Finalmente se da el modelado del chasis tubular tipo jaula biplaza con motor Nissan Tiida figura 5

Figura 5

Diseño 3D tubular de la estructura a ser analizada



Nota. Autores, 2019

En la tabla 2 se presentan las dimensiones del vehículo que entrara en el proceso de simulación

Tabla 2

Perfil Aerodinámico de Nissan Tiida

Sección	Medidas
Largo	3615 mm
Ancho	1409mm
Altura	1102.5mm

Nota. Estas dimensiones serán puestas a prueba con una condición de frontera de velocidad 27,77 m/seg. Autores 2019.

Dentro del programa de diseño el cuerpo se encuentra ubicado en las coordenadas que se presentan en la tabla 3

Tabla 3

Dimensiones computacionales

Coordenada	Ubicación
X min	-2.000m
X max	3.000m
Y min	-1.000m
Y max	2.500m
Z min	-2.000m
Z max	2.000m

Nota. Autores 2019

Las condiciones de simulación bajo las cuales se realizó el análisis tomaron como opciones de flujo externo, laminar-turbulento, adiabático, con una presión de 101325 Pa a una densidad del aire de 1.225kg/m³, en una temperatura de 270°K y un modelo tubular K-epsilon

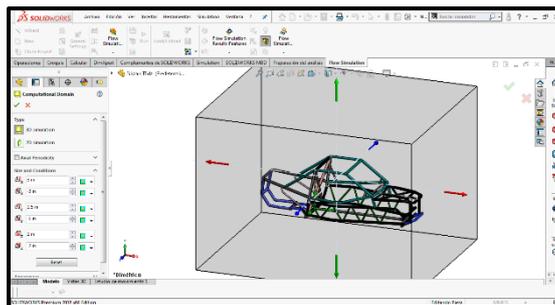
Simulación

El siguiente paso es activar la pestaña denominada Flow Simulation y de ahí la ventana Wizard, abre una pantalla en la cual se ubican todas las propiedades que se mencionaron con anterioridad. Luego se ubican las unidades en las que se quiere trabajar, para después, continuar con la selección del tipo de análisis, el cual, puede ser interno o externo. Posteriormente se selecciona el tipo de fluido para la simulación CFD (aire); una vez activado y seleccionado el fluido, se procede a detallar las características. Finalmente se ubican los datos requeridos como presión, temperatura, velocidad, intensidad de turbulencia, entre otras.

Una vez definidas todas las características y propiedades que se requieren para el análisis, se procede a establecer el dominio computacional, como se detalla en la Figura 6.

Figura 6

Dominio Computacional



Nota. Autores, 2019

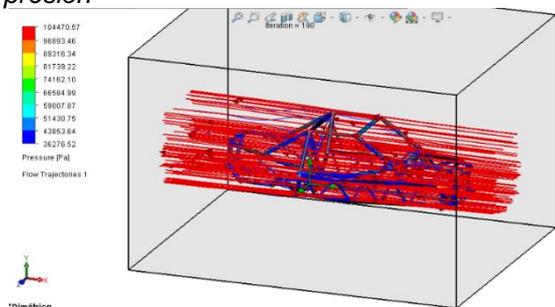
En este paso, se establecen los límites requeridos para finalmente ejecutar el análisis en la opción Run. Una vez efectuado el análisis del software, se procede a fijar la trayectoria del fluido, seguido de la localización, temporalidad y condiciones del lugar donde se ejecutó el proceso investigativo. Es necesario que se declare adecuadamente la población, muestra, recolección de datos, pruebas y equipos de medición, junto al análisis estadístico (proceso y software) y las referencias en caso de que aplique.

Resultados y discusión

De acuerdo a los resultados del análisis del coeficiente aerodinámico expuestos en la figura 7, se evidencia que para diferenciar las magnitudes, el programa asigna una escala de colores, para la presión mínima azul y para la máxima roja, dando los siguientes valores de: $P_{\min}=36276.52 \text{ Pa}$ / $P_{\max}=104470.57 \text{ Pa}$.

Figura 7

Simulación aerodinámica / presión

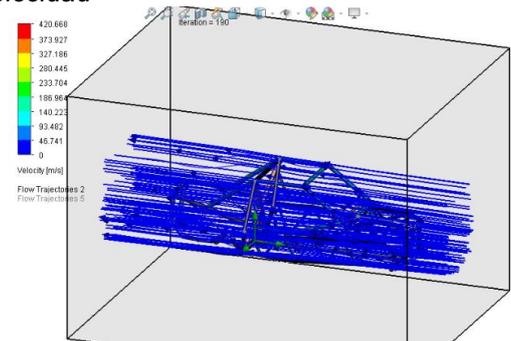


Nota. Autores, 2019

Los resultados de velocidad se observan en la figura 8, al igual que la presión las velocidades se pueden apreciar mediante el código de colores, partiendo de cero como mínima en azul, hasta 420.668 m/seg., en color rojo, dando valores de: $V_{\min}=0 \text{ m/seg.}$ $V_{\max}=420.668 \text{ m/seg}$

Figura 8

Simulación aerodinámica / velocidad

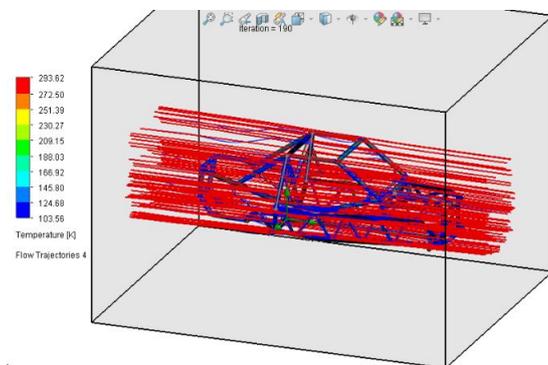


Nota. Los Autores

Análisis: Las temperaturas se dan mediante el código de colores, partiendo de 103.56 °K en azul, hasta 23.62 °K en color rojo.

Figura 9

Simulación aerodinámica / temperaturas



Nota. Autores, 2019

El cálculo de los coeficientes aerodinámicos, se basaron en los resultados de las fuerzas en (x, y) del análisis computacional, donde el coeficiente de arrastre C_x para el prototipo con estructura tubular presentó un 0.588 muy similar a los C_x del Irizar PB (2000) con 0.55, al camión con deflectores con 0,70 y un autobús con 0,49 (Domínguez, 2018; Aguirre (2009). Llegar a caracterizar el C_x del prototipo estudiado y observar el comportamiento del aire con la estructura sin incurrir en costos experimentales como un túnel de viento, es uno de los factores que el análisis CFD aporta al diseño mecánico de prototipos en la industria actual (Romantchik et al, 2019), además, durante el desarrollo de este análisis las ecuaciones presentadas generaron algunos datos que no se tenían en cuenta, por ello, dentro del software se introdujeron los parámetros mínimos mencionados en el apartado de la metodología, y con base a ellos, el programa mediante el uso de la aplicación solver se determinaron las variables desconocidas del sistema de ecuaciones como el desplazamiento, velocidad, temperatura y presión (Jaramillo et al, 2022), para luego, analizarlas y obtener el valor C_x presentado. Por tanto, se puede decir que el prototipo puede alcanzar un máximo de velocidad de viento de 420.668 m/seg y que alrededor

de la estructura se pueda soportar una presión máxima de $P_{\max}=104470.57$ Pa.

Figura 10

Análisis de fuerzas presentes

GG Force (X) 1	430.683 N	Achieved (IT = 160)	24.9111 N	426.243 N
GG Force (Y) 1	362.08 N	Achieved (IT = 139)	6.10272 N	357.413 N
GG Force (Z) 1	56.9311 N	42%	0.915839 N	55.5008 N
GG Force 1	565.536 N	Achieved (IT = 157)	24.72 N	559.025 N
GG Min Dynamic Pressur	0 Pa	Achieved (IT = 48)	0 Pa	0 Pa
GG Min Static Pressure 1	36870.5 Pa	Achieved (IT = 138)	2626.04 Pa	36745.7 Pa
GG Min Total Pressure 1	36870.5 Pa	Achieved (IT = 138)	2626.04 Pa	36745.7 Pa

Nota. Resultados de simulación. Autores 2019

$F_x = 430.683$ N

$$C_x = \frac{F_x}{\frac{1}{2} \rho v^2 A}$$

$$C_x = \frac{430.683 \text{ N}}{\frac{1}{2} * 1.225 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \left(27.77 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \right)^2 (1.55 \text{ m}^2)}$$

$$C_x = 0.588$$

$F_y = 362.08$ N

$$C_y = \frac{F_y}{\frac{1}{2} \rho v^2 A}$$

$$C_y = \frac{362.08 \text{ N}}{\frac{1}{2} * 1.225 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \left(27.77 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \right)^2 (1.55 \text{ m}^2)}$$

$C_y = 0.49455$

Relación C_x/C_y calculada

$$\frac{C_x}{C_y} = \frac{0.588}{0.49455} = 1.2$$

Conclusiones

A través de la realización de este estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

El análisis computacional es una tecnología que se encuentra en crecimiento y en la mayoría de industrias se ha llegado a utilizarlo para todo tipo de desarrollo de prototipos y diseños, aporta con recursos que reducen tiempo y costos que un proyecto de desarrollo normal requeriría, sin embargo se debe tener en cuenta de que el manejo de los software requieren de conocimiento y de la habilidad de interpretar los resultados, esto se puede lograr en base a la comparación de datos obtenidos con los fundamentos teóricos que juegan un papel preponderante en este tipo de trabajos, ya que, la fundamentación teórica respalda con elementos referenciales sobre valores a los que se puede llegar con una estructura tubular y mas considerando que es un prototipo que no posee un valor Cx definido, y que dentro de la teoría como se pudo observar en la tabla 1 los valores referenciales estuvieron muy cercanos a los valores de Cx obtenido durante la simulación.

La resistencia aerodinámica disminuye con la velocidad a la que circula un vehículo, siendo ésta para el análisis de hasta 100 Km/h, sin embargo, al realizar las simulaciones se puede observar que el Cx de la estructura prototipo se comporta como la estructura de un bus, esto se debería a que el prototipo al no contar con superficies amplias, donde, el aire pueda circular sin alteraciones genera este valor elevado, a pesar de ello, dentro de la simulación las velocidades a las que pueden estar sometido los flujos de aire ante el chasis son de hasta $420.668 \text{ m/seg} = 1514 \text{ Km/h}$ y soportar este flujo sin generar alteraciones en su estructura.

Referencias

- Alba, R., y Guaguasi, D. (2018). ANÁLISIS AERODINÁMICO DE UN PROTOTIPO DE AUTO ELÉCTRICO BIPLAZA UTA CIM17. Ambato: Autor - Editor.
- Aguirre, Gómez, F., A., (2009). Análisis aerodinámico del vehículo para la competencia ECO-SHELL. Universidad Politécnica de Valencia.
- Bernal, Torres, C., A., (2010). Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales. PEARSON. 3ra ed. Bogotá, Colombia
- Domínguez, C. (11 de abril de 2018). Análisis aerodinámico de un Fórmula 1 mediante Dinámica de Fluidos Computacionales (CFD). Obtenido de momentogp.com: https://www.momentogp.com/analisis-aerodinamico-de-un-formula-1/?fbclid=IwAR0NHu_77PauBUWg0IClisy_b0Wx5axzLmEYqRQ9xf19OPNVyGRyG5YwY-2Q
- ETSEIB. (2018). Análisis CFD aerodinámico de "Juke Nismo". Barcelona: Autor - Editor.
- Gómez, Martín, Águeda, y García. (2016). Estructuras del Viento. Madrid: Paraninfo. S.A.
- Jaramillo, Suárez, H., E.; Jiménez, Cuero, B., Q.; Ortega, Cabrera, I., O.; Ríos, Chaparro, C., E. y Zambrano, Romero, G., A., (2022) Evaluación computacional del comportamiento de carga de una aeronave liviana, usando software libre. Ciencia y Poder Aéreo. 17(2), 36-51 doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.749>
- Martínez. (2017). Análisis por el método de elementos finitos de los anclajes de cinturones de seguridad en asientos de autobús interprovincial para verificar su resistencia según la norma NTE INEN 2704 en la empresa MIVILTECH SOLUCIONES INDUSTRIALES S. A. Ambato: Autor - Editor.
- Romantchik, Kriuchkova, E.; Santos, Hernández, A., M.; Ríos, Urbán, E. y Terrazas, Ahumada, D., (2019). Análisis del flujo de aire de los extractores de invernadero usando la simulación por CFD. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*. 20(1), 1-14 doi: <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n1.012>
- Ruíz, H., & Curicama, Á. (2013). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TÚNEL DE VIENTO PARA PRUEBAS AERODINÁMICAS EN VEHÍCULOS PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ. RIOBAMBA: AUTOR - EDITOR.
- Sacco, González, & Giuggioloni. (2005). ANÁLISIS DE LA AERODINÁMICA DE UN AUTOMÓVIL DE COMPETICIÓN. Buenos Aires: Larreteguy.
- Uribe. (2008). Diseño de un mecanismo de auto ajuste para spoiler trasero de un auto GT. México D.F.: Autor - Editor.
- Vargas Tamayo, L., F. y Contreras, Bravo, L., E., (2007). Enseñanza de la mecánica de materiales enriquecida con herramientas computacionales. *Ingeniería*, 12(1), 64-71 <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=498850164010>

**Análisis de alteraciones auditivas en el personal administrativo,
expuestos a ruido industrial del sector metalúrgico**
*Analysis of hearing impairment in administrative personnel exposed to
industrial noise in the metallurgical sector*

Richard Andrés Cabrera Armijos¹, Claudio Porfirio Calderón Coello², Jorge Eduardo Mediavilla Mediavilla³

Resumen:

La presente investigación constituye un estudio de cohorte transversal centrado en analizar la posible asociación entre la exposición al ruido ocupacional y la pérdida de audición en trabajadores administrativos pertenecientes a la industria metalúrgica. Para llevar a cabo esta investigación, se efectuaron mediciones exhaustivas de los niveles de ruido tanto en las oficinas como en las áreas de producción. Asimismo, se realizaron audiometrías a 150 trabajadores, valorando los aspectos tonales y del habla en ambos oídos. Los resultados obtenidos revelaron una mayor incidencia de pérdida auditiva en el área específica de Supply Chain, con un índice de 2.00. Del mismo modo, se observó una afectación más significativa en roles ocupacionales como planificador y jefe de logística, con índices superiores a 3.0. Es interesante destacar que el oído derecho exhibió una mayor vulnerabilidad, presentando un índice de afectación de 1.59 en comparación con el oído izquierdo, el cual, registró un índice de 1.79. A partir de estos resultados, se concluye que tanto los trabajadores administrativos como los operativos muestran evidencia de pérdida auditiva. En vista de estos hallazgos, se sugiere la implementación de medidas preventivas tales como la reducción del tiempo dedicado a actividades que propicien la pérdida de audición, la optimización de programas de conservación auditiva, la aplicación de controles ambientales efectivos y la realización de capacitaciones orientadas a la prevención de la pérdida auditiva.

Palabras clave: alteraciones auditivas, pérdida auditiva, audiometría, trabajadores, metalurgia.

¹ Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Magister en Dirección de Operaciones y Seguridad Industrial, <https://orcid.org/0000-0001-9480-885X>

² Universidad Iberoamericana del Ecuador, Ingeniero Industrial, <https://orcid.org/0009-0007-4378-1950>

³ Universidad Iberoamericana del Ecuador, Ingeniero en Seguridad Mención Seguridad Pública y Privada, <https://orcid.org/0009-0005-4317-6916>

Autor de correspondencia: jemed257@gmail.com



Abstract:

The present investigation constitutes a cross-sectional cohort study focused on analyzing the possible association between exposure to occupational noise and hearing loss in administrative workers belonging to the metallurgical industry. To carry out this investigation, exhaustive measurements of noise levels were carried out in both offices and production areas. Likewise, audiometry was performed on 150 workers, assessing tonal and speech aspects in both ears. The results obtained revealed a higher incidence of hearing loss in the specific area of Supply Chain, with an index of 2.00. Similarly, a more significant impact was observed in occupational roles such as planner and logistics manager, with indices higher than 3.0. It is interesting to note that the right ear exhibited greater vulnerability, presenting an affection index of 1.59 compared to the left ear, which registered an index of 1.79. From these results, it is concluded that both administrative and operational workers show evidence of hearing loss. In view of these findings, the implementation of preventive measures is suggested, such as reducing the time dedicated to activities that promote hearing loss, optimizing hearing conservation programs, applying effective environmental controls, and conducting training aimed at hearing loss. preventing hearing loss.

Keywords: hearing disorders, hearing loss, audiometry, workers, metallurgy

Introducción

El estudio se sitúa en el área de la higiene industrial, específicamente enfocado en la prevención de problemas auditivos de origen laboral. Se desarrolla en una empresa metalmeccánica, considerando que este sector industrial tiene una amplia evidencia histórica de elevada prevalencia de hipoacusia inducida por ruido en puestos operativos críticos como calderería, inyección de metales y pintura electrostática.

Sin embargo, en años recientes basta es la literatura científica donde se plantea la pérdida auditiva en roles administrativos expuestos a actividades conjuntas que pueden implicar sobreexposición acústica de forma prolongada llegando a niveles de 85 dB(A) (NIOSH, 1998), todo ello, debido a que este grupo de personas cumple con jornadas extensas en ambientes cerrados, expuestos a una diversidad de fuentes sonoras como impresoras, digitación rápida de teclados, sistemas de sonido y aire acondicionado, tráfico vehicular exterior, uso de audífonos y grupos de trabajo.

(Ordóñez et al., 2023) mencionan en su investigación que aunque estos sonidos pueden parecer inofensivos, su impacto acumulativo en la capacidad auditiva no deben subestimarse, especialmente en un entorno de oficina donde la exposición puede ser extensa y la agrupación de estos ruidos podrían acercarse a los 85 dB(A), contraviniendo los límites permisibles fijados en 70 y 85 dB(A) para trabajo moderado y pesado respectivamente por el Decreto Ejecutivo 2393 de Ecuador (Asamblea Nacional, 1986) e incumpliendo con la Ley Orgánica de Salud de Ecuador (Asamblea Nacional, 2006), que establece el derecho a un ambiente y condiciones laborales saludables.

Por lo que se considera es crucial la implementación de estrategias preventivas y programas de protección auditiva que considere todas las fuentes de ruido en el ambiente laboral, no solo las más obvias o intensas ya que la pérdida auditiva no se debe concretamente a la exposición a niveles altos de ruido, sino también a la exposición prolongada a niveles moderados de ruido, como los que se encuentran a nivel de oficinas (Albarracín et al., 2018).

La investigación aborda esta problemática desde tres perspectivas: a) Los determinantes sociales de la salud (Lalonde, 1974), específicamente las condiciones físicas y químicas del entorno laboral como factor de riesgo para la audición; b) La promoción de ambientes laborales saludables (Nutbeam, 1998) para prevención de enfermedades y lesiones ocupacionales; y c) La teoría de la pérdida auditiva inducida por ruido (PAIR) (Dogdson, 1973) sobre la correlación dosis-respuesta entre exposición sonora y deterioro auditivo.

Metodológicamente, este estudio de cohorte transversal aplica técnicas cuantitativas (mediciones acústicas, audiometrías) y cualitativas (método "Día en la Vida") para analizar la prevalencia de la PAIR en personal administrativo del sector metalúrgico ecuatoriano e identificar los factores desencadenantes como tareas críticas generadoras de sobreexposición sonora.

Los resultados permitieron dimensionar la magnitud del problema para así plantear recomendaciones específicas orientadas a la prevención, lo que concuerda

con la Ley Orgánica de Salud de Ecuador sobre el derecho a un ambiente laboral saludable (Asamblea Nacional, 2006) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, específicamente el ODS 3 sobre salud y bienestar (ONU, 2015) y ODS 8 sobre entornos laborales seguros (ONU, 2015).

En síntesis, el estudio buscó analizar una problemática creciente como la pérdida auditiva ocupacional, pero en un grupo poco estudiado como son los empleados administrativos, para así expandir la comprensión y prevención de este fenómeno.

Metodología

La metodología de investigación se llevó a cabo mediante un enfoque de cohorte transversal, combinando la recolección de datos de incidencia y prevalencia en una empresa metalúrgica de la ciudad de Quito. El objetivo general fue obtener información detallada sobre los niveles de pérdida auditiva en los trabajadores administrativos. La muestra estuvo conformada por 150 trabajadores, con edades entre 25 y 54 años, vinculados a la fabricación de productos metálicos.

El procedimiento incluyó mediciones de los niveles de presión sonora en diversas áreas laborales, como fundición, trefilado, galvanizado, electrosoldado y embalaje, utilizando un sonómetro integrado Extech HD600. Simultáneamente, se llevó a cabo una audiometría tonal liminar en una cabina insonorizada, conforme a la norma ANSI S3.6, para evaluar la salud auditiva de los participantes. Además, se aplicó la metodología "Day In A Life", que implica que los trabajadores registren sus actividades diarias durante una jornada laboral, correlacionando esta información con las mediciones de presión sonora.

La combinación de estas dos herramientas de recolección de datos, mediciones cuantitativas y registros cualitativos detallados de actividades diarias ofreció una perspectiva integral sobre la exposición sonora y sus posibles efectos en la pérdida auditiva. La información cuantitativa obtenida mediante las mediciones de presión sonora permitió una evaluación objetiva de los niveles de ruido en diversas áreas laborales, mientras que la metodología "Day In A Life" proporcionó un contexto detallado sobre las actividades específicas asociadas con la exposición al ruido.

Esta combinación de enfoques diferencia a estas herramientas de otras normas de recolección de información sobre la detección de síntomas musculoesqueléticos al centrarse específicamente en la relación entre la exposición sonora y la pérdida auditiva en el entorno laboral de la industria metalúrgica. Esta metodología no solo identifica la presencia de síntomas, sino que también explora las actividades diarias que podrían estar contribuyendo a la aparición de estos, permitiendo una comprensión más completa de los riesgos asociados con la exposición al ruido, en este contexto laboral.

La elección de evaluar posturas individuales en lugar de conjuntos o secuencias de posturas se basó en la necesidad de comprender los factores específicos que contribuyen a la pérdida auditiva en cada trabajador. Esta decisión

está respaldada por estudios previos que han demostrado la importancia de analizar actividades individuales para identificar de manera más precisa los riesgos y diseñar intervenciones específicas. En este sentido, se busca proporcionar información detallada que permita a los empleadores implementar medidas preventivas adaptadas a las necesidades individuales de los trabajadores.

Resultados

A inicios del año 2023 se practicaron audiometrías tonales a 150 trabajadores de una empresa metalúrgica donde los resultados mostraron que hay cuatro áreas cuyos valores de pérdida auditiva están por encima de un punto en relación con los datos de audiometrías realizadas en el año 2019. La tabla 1 detalla los resultados de las muestras de las pruebas realizadas especificadas por área. Los resultados muestran un aumento en la pérdida auditiva promedio entre todos los trabajadores.

Tabla 1

Muestras de las pruebas realizadas

Área	Posición	Nº Personas	Edad	Perdida Oído Der.	Perdida Oíd Izq.	Promedio OD / OI
Supply Chain	Planificador	3	32	3,30	3,23	3,27
Supply Chain	Jefe de Logística	1	47	3,10	3,30	3,20
Comercial	Call Center	16	36	3,10	3,00	3,05
Operaciones	Jefes Planta	6	39	2,98	3,10	3,04
SIG	Jefe de Calidad	1	48	2,98	3,00	2,99
Comercial	Gerente de Agrifen	1	39	2,90	3,00	2,95
Comercial	Gerente de Exportaciones	1	43	2,80	3,00	2,90
Comercial	Gerente de Proyectos	1	41	2,80	3,00	2,90
Supply Chain	Jefe de Bodegas	1	44	2,80	3,00	2,90
Comercial	Gerente de Distribución	1	43	2,60	3,10	2,85
Supply Chain	Coordinador de despachos	2	30	2,31	3,30	2,81
Comercial	Gerente de Marketing	1	43	2,70	2,80	2,75
Operaciones	Jefes de Mantenimiento	3	45	2,22	3,21	2,72
Comercial	Gerente de Industria	1	41	2,20	3,10	2,65
Supply Chain	Jefe de Planificación	1	44	2,20	3,00	2,60
Comercial	Gerente Comercial	1	42	2,20	2,90	2,55
SIG	Jefe de Medio Ambiente	1	47	2,19	2,90	2,55
TICs	Gerente de Sistemas	1	46	2,21	2,80	2,51
Comercial	Jefe de Producto	1	39	2,20	2,80	2,50
Comercial	Analista de Exportaciones	1	32	2,60	2,20	2,40
SIG	Jefe de Seguridad Industrial	1	45	1,99	2,80	2,40
Supply Chain	Analista de compras	1	33	2,56	2,20	2,38
SIG	Laboratorista	9	47	2,02	2,60	2,31
Comercial	Gerente de Análisis de Mercado	1	44	2,23	2,20	2,22
Finanzas	Analista de cobranza	4	39	1,10	1,00	1,05

SIG	Gerente de SIG	1	54	1,10	1,00	1,05
Supply Chain	Bodeguero	3	37	0,50	0,33	0,42
Operaciones	Gerente Operaciones	1	48	0,33	0,28	0,31
Finanzas	Jefe de Costos	1	44	0,40	0,21	0,31
Operaciones	Gerente Producción	1	48	0,29	0,30	0,30
Operaciones	Gerente Mantenimiento	1	47	0,29	0,30	0,30
SIG	Auditor Interno	2	36	0,30	0,28	0,29
TICs	Soporte Técnico	2	44	0,30	0,22	0,26
Supply Chain	Gerente de Supply Chain	1	45	0,21	0,30	0,26
Comercial	Publicista	1	25	0,30	0,20	0,25
SIG	Asistente de SIG	1	32	0,20	0,30	0,25
Finanzas	Gerente Financiero	1	46	0,30	0,18	0,24
Dirección	Gerente General	1	54	0,26	0,20	0,23
Finanzas	Contador	6	46	0,23	0,20	0,22
Finanzas	Contralor	2	40	0,20	0,23	0,22
Operaciones	Jefes Administrativos	4	36	0,21	0,22	0,22
Finanzas	Gerente de Contraloría	1	46	0,21	0,22	0,22
Comercial	Vendedores de canal	32	36	0,20	0,21	0,21
Recursos Humanos	Jefe de Nomina	1	38	0,20	0,20	0,20
Comercial	Diseñador de planos	1	27	0,21	0,19	0,20
Supply Chain	Asistentes de planificación	1	30	0,21	0,19	0,20
Dirección	Secretaria de GG	1	37	0,20	0,19	0,20
Finanzas	Gerente Crédito - Cobranzas	1	44	0,18	0,21	0,20
Finanzas	Analista de costos	4	36	0,20	0,19	0,20
Comercial	Business Intelligence	1	29	0,20	0,19	0,20
Comercial	Arquitectos	1	39	0,20	0,19	0,20
TICs	Soporte Infraestructura	2	45	0,20	0,19	0,20
Finanzas	Analista de cuentas claves	5	39	0,18	0,20	0,19
Finanzas	Analista de crédito	3	41	0,19	0,19	0,19
Recursos Humanos	Gerente Recursos humanos	1	40	0,10	0,20	0,15
Recursos Humanos	Jefe de Talento Humano	1	41	0,11	0,16	0,14
Recursos Humanos	Trabajadora Social	2	36	0,11	0,12	0,12
Recursos Humanos	Asistente de RRHH	2	35	0,09	0,10	0,10

Nota. Autores, 2023

En la Tabla 1 se muestran los resultados generales del estudio, siendo el promedio global de pérdida auditiva de 1.69, ligeramente mayor en oído izquierdo (1.79 versus 1.59 en oído derecho). Por áreas, Supply Chain registró el mayor índice promedio (2.00), seguido de Comercial (1.92), SIG (1.69), Operaciones (1.14) y el resto de las áreas (<1). Al discriminar por puestos específicos (Tabla 2), planificador, jefe de logística y Call Center se evidenciaron los mayores registros de pérdida auditiva, todos por encima de 3.0. En contraste, con los cargos administrativos y de

servicios como Vendedores, diseñador de planos y asistentes, que obtuvieron los menores puntajes, que fueron de 0.2 o menos.

Tabla 2

Promedio de pérdida auditiva por oído y área de trabajo

Área	Oído Derecho	Oído Izquierdo	Promedio OD / OI.
Supply Chain	1,91	2,09	2,00
Comercial	1,84	2,01	1,92
SIG	1,54	1,84	1,69
Operaciones	1,05	1,24	1,14
TICs	0,90	1,07	0,99
Finanzas	0,32	0,28	0,30
Dirección	0,23	0,20	0,21
Recursos Humanos	0,12	0,16	0,14

Nota. Autores, 2023

También se practicaron audiometrías tonales a los 150 participantes y los resultados mostraron mayor pérdida auditiva en el área Supply Chain (2.00) y en cargos como planificador y jefe de logística (índices sobre 3.0). El oído izquierdo presentó mayor afectación (1.79) que el derecho (1.59).

Tabla 3

Análisis del nivel de audición por área y posición

Área	Posición	Edad	Oído Der	Oído Izq	Perdida Prom. OD / OI
Supply Chain	Planificador	32	3,30	3,23	3,27
Supply Chain	Jefe de Logística	47	3,10	3,30	3,20
Supply Chain	Jefe de Bodegas	44	2,80	3,00	2,90
Supply Chain	Coordinador de despachos	30	2,31	3,30	2,81
Supply Chain	Jefe de Planificación	44	2,20	3,00	2,60
Supply Chain	Analista de compras	33	2,56	2,20	2,38
Comercial	Call Center	36	3,10	3,00	3,05
Comercial	Gerente de Agrifen	39	2,90	3,00	2,95
Comercial	Gerente de Exportaciones	43	2,80	3,00	2,90
Comercial	Gerente de Proyectos	41	2,80	3,00	2,90
Comercial	Gerente de Distribución	43	2,60	3,10	2,85
Comercial	Gerente de Marketing	43	2,70	2,80	2,75
Comercial	Gerente de Industria	41	2,20	3,10	2,65
Comercial	Gerente Comercial	42	2,20	2,90	2,55
Comercial	Jefe de Producto	39	2,20	2,80	2,50
Comercial	Analista de Exportaciones	32	2,60	2,20	2,40

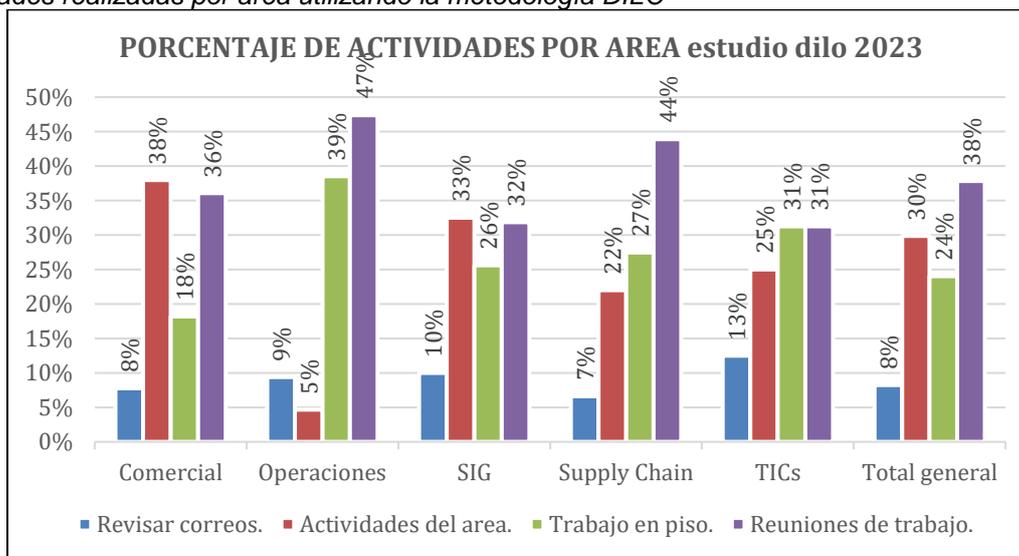
Comercial	Gerente de Análisis de Mercado	44	2,23	2,20	2,22
SIG	Jefe de Calidad	48	2,98	3,00	2,99
SIG	Jefe de Medio Ambiente	47	2,19	2,90	2,55
SIG	Jefe de Seguridad Industrial	45	1,99	2,80	2,40
SIG	Laboratorista	47	2,02	2,60	2,31
SIG	Gerente de SIG	54	1,10	1,00	1,05
Operaciones	Jefes Planta	39	2,98	3,10	3,04
Operaciones	Jefes de Mantenimiento	45	2,22	3,21	2,72
TICs	Gerente de Sistemas	46	2,21	2,80	2,51

Nota. Autores, 2023

Para determinar las razones por las cuales se produce mayor pérdida en ciertas áreas que en otras se realizó un estudio titulado “Day in the Life of” (DILo), técnica útil para comprender los desafíos y procesos diarios en un entorno laboral específico, los resultados se presentan en la figura 1. Se observa que 38% se destina a reuniones de trabajo, 30% a labores específicas de cada área, 24% al trabajo en planta y 8% a revisar correos. Esta distribución de actividades cambió a partir de la pandemia del COVID 19, donde se dio prioridad al desarrollo diferentes actividades que implican mayormente el uso de tecnología, como por ejemplo el aumento de reuniones virtuales, reuniones que se mantienen con bastante frecuencia lo que implica el uso de dispositivos electrónicos de manera regular como el uso de computadores y sus periféricos como mouse y audífonos.

Figura 1

Actividades realizadas por área utilizando la metodología DILo



Nota. Autores, 2023

En la figura se exhiben las actividades administrativas críticas identificadas tras la aplicación del método Day In A Life of con sus respectivas categorías según mediciones de presión sonora.

Tabla 4

Actividades críticas según nivel de emisión acústica

Actividad	dbA	Categoría
Atención telefónica	75	Muy ruidosa
Reuniones grupales	70	Ruidosa
Digitación	68	Ruidosa
Impresión / fotocopiado	60	Medianamente ruidosa
Desplazamiento en instalaciones	58	Medianamente ruidosa
Audio conferencias	55	Medianamente ruidosa
Lectura individual	40	Silenciosa

Nota. Autores, 2023

Destacan como actividades con alto nivel de emisión acústica la atención telefónica con (75 dbA), reuniones grupales (70 dbA) y digitación rápida (68 dbA). Entre las actividades medianamente ruidosas se halla la impresión, los desplazamientos internos y las audio conferencias (55-60 dbA).

Discusión

El estudio revela la existencia de deterioro auditivo en el cumplimiento de funciones administrativas en la empresa, destacando de manera significativa en los departamentos de Supply Chain y Comercial. Este deterioro está relacionado con ambientes sonoros desfavorables a los que estos empleados se ven expuestos de manera cotidiana. Es relevante destacar, que la exposición crónica a niveles de sonido superiores a 85 dB(A) durante años, traen como consecuencia, dificultades auditivas incluyendo los trabajadores que asumen roles administrativos, así fue expuesto por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH, 2014),.

La aplicación de la metodología "Day In A Life" permitió identificar con precisión los tipos de tareas donde se genera la mayor emisión de ruido, representando así un mayor riesgo para la salud auditiva de los empleados administrativos. Entre las actividades altamente expuestas al ruido se encuentran la atención telefónica, las reuniones grupales y la digitación rápida, coincidiendo con investigaciones anteriores que han señalado estas actividades como intensamente sonoras en entornos de oficina abierta (Brunskog et al., 2009) y (Rammaert et al., 2018).

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que existe una pérdida auditiva de hasta 3 puntos en su audición con respecto a datos de años pasados, lo que puede derivar en la calificación de enfermedades profesionales según el Código del Trabajo Ecuatoriano. Por lo que es recomendable la implementación de medidas correctivas para evitar que se siga desarrollando esta pérdida auditiva en el personal administrativo de la empresa. Entre estas medidas se sugieren las siguientes:

Desarrollar reuniones grupales presenciales salas de reuniones adecuadas, con buena insonorización o materiales fonoabsorbentes, para evitar la necesidad de subir el volumen y forzar la audición durante las reuniones presenciales.

Definir una duración máxima de las reuniones presenciales para evitar fatiga auditiva. Por ejemplo, no más de 2 horas continuas.

Realizar pausas activas obligatorias cada cierto tiempo durante las sesiones presenciales prolongadas, para dar descanso a los oídos.

Establecer ambientes laborales silenciosos alrededor de las salas de reuniones, instalando paneles divisores, para minimizar distracciones auditivas.

Realizar evaluaciones periódicas de la salud auditiva de los trabajadores que asisten a reuniones presenciales, para monitorear su estado, detectar alertas y tomar acciones tempranas en caso necesario.

Conclusiones

Los resultados obtenidos confirman una alta prevalencia de pérdida auditiva inducida por la exposición laboral al ruido en la muestra estudiada, destacándose una mayor incidencia en el personal administrativo debido a la realización de actividades altamente expuestas al ruido. Este hallazgo respalda la correlación identificada entre la exposición crónica y la severidad del efecto auditivo, subrayando la importancia de intervenir de manera temprana para reducir el riesgo asociado.

La implementación de audiometrías y la metodología "Day In A Life" permitió no solo constatar la presencia de pérdida auditiva en el personal con roles administrativos críticos, sino también identificar las principales actividades generadoras de exposición sonora durante la jornada laboral. Las mediciones audiométricas posibilitaron cuantificar y categorizar objetivamente el grado del deterioro auditivo según los distintos cargos administrativos.

La metodología "Day In A Life" demostró ser una herramienta valiosa para identificar detalladamente la exposición sonora asociada a las diversas tareas realizadas por los trabajadores administrativos. Este enfoque cualitativo complementó de manera efectiva las mediciones cuantitativas, ofreciendo una visión integral de las actividades diarias y su impacto en la salud auditiva.

Es fundamental resaltar que, a pesar de ser comúnmente considerado un ambiente silencioso, las oficinas también pueden representar un entorno nocivo para la salud auditiva de sus ocupantes. Este hallazgo destaca la importancia de considerar y abordar los riesgos auditivos en entornos de oficina, especialmente en roles administrativos donde la exposición al ruido puede no ser evidente de manera inmediata.

En concordancia con la naturaleza cuantitativa y descriptiva del estudio, la metodología utilizada se diseñó para proporcionar una comprensión exhaustiva de la relación entre la exposición laboral al ruido, las actividades diarias de los trabajadores administrativos y la prevalencia de pérdida auditiva. Las conclusiones derivadas de este análisis respaldan la necesidad de intervenciones preventivas y políticas de salud auditiva adaptadas a las particularidades de cada rol administrativo, reforzando así, la coherencia entre los objetivos, la metodología y los resultados obtenidos en este estudio.

Referencias

- Asamblea Nacional. (1986). Decreto Ejecutivo 2393. https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-11/Documento_Reglamento-Interno-Seguridad-Ocupacional-Decreto-Ejecutivo-2393_0.pdf
- Asamblea Nacional. (2006). Ley Orgánica de Salud. Quito, Ecuador. <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/LEYORG%C3%81NICA-DE-SALUD4.pdf>
- Brunskog, J., Gade, A. C., Bellester, G. P., & Calbo, L. R. (2009). Increase in voice level and speaker comfort in lecture rooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 125(4), 2072-2082.
- Dodgson, H. (1973). The acoustic reflex. *Scientific American*. 228(5):34-43. <https://www.jstor.org/stable/10.2307/24927902>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). Acústica. Determinación de los niveles de ruido ambiental. Método de ingeniería (NTE INEN 3864:2013). Quito: INEN.
- Lalonde, M. (1974). *A New Perspective on the Health of Canadians*. Minister of Supply and Services Canada.
- Laverde Albarracín, C., Torres Torres, R., & Bustillos Molina, I. (2018). Capacidad auditiva en trabajadores expuestos al ruido comparada con la norma iso 7029:2000. *Ciencia Digital*, 2(1), 31-45. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i1.3>
- NIOSH (1998). Criteria for a Recommended Standard: Occupational Noise Exposure. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/98-126/default.html>.
- NIOSH. (2014). Noise and Hearing Loss Prevention. Obtenido de <https://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/default.html>
- Nutbeam, D. (1998). Health promotion glossary. *Health Promotion International*, 13(4), 349-364. <https://doi.org/10.1093/heapro/13.4.349>
- ONU (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Ordóñez Guaycha, C. A., Carranco López, J. A., Bustos Pulluquitin, S. P., & Toalombo Vargas, V. M. (2023). Estudio sobre la afectación del ruido en la minería, una revisión sistemática de las principales afectaciones que presenta para la salud de los trabajadores. *Tesla Revista Científica*, 3(2), e251. <https://doi.org/10.55204/trc.v3i2.e251>
- Rammaert, G. P., Kamal, A., Thomas, J., Corthals, P., Majoor, M., & Bij de Vaate, J. D. (2018). Acoustic conditions and sound levels in European Restaurants. *Applied Acoustics*, 141, 138-149.

El dolor lumbar asociado a posturas forzadas en actividades administrativas: estudio de caso
Low back pain associated with forced postures in administrative activities: case study

Indira Vanessa Cabrera Armijos¹

Resumen

La presente investigación es de tipo descriptivo, correlacional de cohorte transversal, cuyo objetivo fue evaluar las posturas forzadas y su relación con la presencia de dolor lumbar. La población objeto de estudio estuvo conformada por ocho personas que desempeñan actividades administrativas en el Centro de Salud de Papallacta, Se aplicó el Cuestionario Nórdico o de Kuorinka para determinar la presencia de sintomatología lumbar y se evalúa el nivel de exposición con el método RULA. La incidencia de dolor lumbar en el grupo estudiado es del 25 % mientras que la prevalencia es del 37,5%, existiendo también casos de ausencia laboral en un porcentaje del 12,5% de los trabajadores. Con los resultados obtenidos se concluye existen posturas forzadas que están afectando la salud de los trabajadores que operan el centro de atención primaria entre estos odontólogos, médicos, enfermeras, obstetra, operativos del ECU911 debiendo realizar el rediseño de los puestos de trabajo de manera individualizada, con el fin de prevenir, reducir y controlar los riesgos ergonómicos presentes.

Palabras claves: Dolor lumbar, Posturas forzadas, Cuestionario Nórdico, Método RULA, Posturas forzadas, Riesgo ergonómico,

Abstract:

The present research is descriptive, correlational with a cross-sectional cohort, the objective of which was to evaluate forced postures and their relationship with the presence of low back pain. The population under study was made up of eight people who perform administrative activities at the Papallacta Health Center. The Nordic or Kuorinka Questionnaire was applied to determine the presence of lumbar symptoms and the level of exposure was evaluated with the RULA method. The incidence of low back pain in the group studied is 25% while the prevalence is 37.5%, with cases of absence from work also existing in a percentage of 12.5% of workers. With the results obtained, it is concluded that there are forced postures that are affecting the health of the workers who operate the primary care center among these dentists, doctors, nurses, obstetricians, ECU911 operatives, and the redesign of the jobs must be

¹ Hospital de las Fuerzas Armadas, Médico Cirujano, Especialista en Salud y Seguridad Ocupacional, <https://orcid.org/0009-0004-7137-2976>
Autor de correspondencia: indivann93@gmail.com

carried out on an individualized basis. in order to prevent, reduce and control the ergonomic risks present.

Keywords: Nordic Questionnaire, Lumbar pain, RULA Method, Forced postures, Ergonomic risk,

Introducción

El dolor lumbar y los desórdenes osteomusculares son la segunda causa de consulta médica general y se considera como uno de los temas de importancia, ya que estos inconvenientes generan costos en el ámbito social, económico y humano, es considerada por los empleadores como una de las mayores causas de ausentismo del trabajo (Mendinueta, Herazo y Pinillos, 2014) y (Maradei Quintana y Barrero, 2016). Además, convierte al dolor lumbar en la condición mecánica más cara y como una de las primeras causas de discapacidad laboral de origen musculoesquelético (Casado, Moix y Vidal, 2008) y (Mendinueta, Herazo y Pinillos, 2014)

Por consiguiente, la alta prevalencia de dolor lumbar en la población trabajadora, se puede suponer que gran parte de los trabajadores se estarían enfrentando a continuar con sus labores sin posiblemente una modificación de su trabajo y con estrategias de compensación que buscan mitigarlo pero que no solucionan el problema, sino que al parecer lo agravan (Maradei Quintana y Barrero, 2016, p. 155)

Las actividades cotidianas relacionadas al trabajo presentan molestias musculoesqueléticas que ocasionan limitación funcional en los operarios del Centro de Salud Papallacta donde se desarrollara la presente investigación.

La relevancia de esta investigación radica en la necesidad de cuantificar y comprender la magnitud del impacto de las molestias musculoesqueléticas en el desempeño laboral y en las actividades cotidianas de los operarios de salud. Para ello, se llevó a cabo un estudio epidemiológico que incluyó la aplicación de cuestionarios específicos para evaluar la prevalencia y severidad de los síntomas musculoesqueléticos, así como la realización de evaluaciones ergonómicas para identificar las posibles fuentes de malestar.

Se emplearon pruebas funcionales para cuantificar la limitación funcional asociada, la cual, permitió calcular el porcentaje de operarios afectados y establecer conexiones entre las actividades administrativas. Donde, un alto porcentaje de operarios afectados subrayaría la urgencia de tomar medidas correctivas, como modificaciones ergonómicas en los puestos de trabajo, programas de capacitación en ergonomía y estrategias para mejorar la salud musculoesquelética, ya que según estudios realizados por Uribe (2008) “se estima que entre 70% y 80% de los adultos sufrirán, al menos, un episodio de dolor lumbar en sus vidas, y entre 2% y 5% de la población general consultará alguna vez por causas relacionadas” (p. 510). Con ello, la investigación proporcionaría una base para la implementación de intervenciones específicas destinadas a mejorar la salud y bienestar de los operarios del Centro de Salud Papallacta

La investigación presenta los resultados obtenidos del análisis de las diferentes actividades que realizan los operarios del centro de salud de Papallacta, enfocándose en evaluar las posturas adoptadas por el personal administrativo, mediante la aplicación de un cuestionario, con el cual se analizó la presencia de dolor lumbar, por

el hecho de que en la actualidad la mayoría de trabajos relacionados con el ámbito administrativo exigen tareas en posturas sedentes durante un tiempo prolongado (Maradei, Quintana y Barrero, 2016), sin embargo, no se puede definir si el dolor lumbar es una causa directa de las posturas que adoptan los administrativos del centro, pero se buscó caracterizar las posturas que pueden influir en la aparición del dolor, adicional fue oportuno el contextualizar la dificultad con estudios anteriores en entornos similares, para enriquecer la comprensión del problema y destacar la continuidad del mismo, consolidando la necesidad de mejoras las condiciones laborales y por ende la salud musculoesquelética. (Panhale, Gurav & Nahar, 2018).

Metodología

La investigación adopta un enfoque descriptivo correlacional de cohorte transversal con el objetivo de explorar la incidencia y prevalencia del dolor lumbar. Este diseño metodológico se selecciona para proporcionar una visión detallada de la relación entre las variables de interés en una muestra específica durante un periodo definido. Para ello, se llevó a cabo una revisión de la literatura con la finalidad de fundamentar conceptualmente la investigación y comprender las variables claves asociadas con el dolor lumbar.

De igual forma, se estableció un protocolo detallado para la recopilación de datos, donde se definieron los criterios de inclusión y exclusión para la selección de la cohorte objeto de estudio, especificando los criterios demográficos y clínicos relevantes. Además, se determinaron los instrumentos de medición, para lo cual, se seleccionó un cuestionario estandarizado y escalas de evaluación del dolor, para garantizar la consistencia de los datos.

La fase de recolección de datos incluyó la identificación y reclutamiento de participantes, así como la implementación de los instrumentos de medición en el contexto de la cohorte transversal. Se registraron datos demográficos, historias clínicas e información adicional relevante para evaluar la incidencia y prevalencia del dolor lumbar en la muestra.

En el marco de la investigación sobre la relación entre las posturas forzadas adoptadas por el personal administrativo-operativo y la presencia de dolor lumbar, se llevó a cabo un cuidadoso proceso de selección de la muestra. La población objeto de estudio, estuvo integrada por ocho individuos desempeñando funciones en el Centro de Salud de Papallacta, la cual, fue abordada en su totalidad debido a su tamaño reducido y manejable. Esta elección se fundamenta en la viabilidad de realizar un censo, permitiendo una representación completa de la población. La decisión de realizar la investigación en el mencionado centro de salud se basó en consideraciones tanto prácticas como teóricas. Prácticamente, el acceso a la población de interés fue facilitado al tratarse de un entorno local y familiar. Teóricamente, el contexto específico del centro de salud se consideró relevante, ya que el entorno laboral puede influir directamente en las posturas adoptadas y, por ende, en la presencia de dolor lumbar. Estas consideraciones reflejan una búsqueda de resultados aplicables y

generalizables, alineándose con una perspectiva epistemológica que valora la relevancia de los hallazgos en contextos similares.

La elección de combinar el Cuestionario Nórdico (Kuorinka et al, 1987) con el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) para la recolección de datos en la investigación sobre la relación entre las posturas laborales y la presencia de síntomas musculoesqueléticos ofrece ventajas significativas para comprender de manera integral los riesgos ergonómicos asociados a las actividades laborales.

La decisión de aplicar el Cuestionario Nórdico, es por el hecho de que “ha sido una de las herramientas más utilizadas a nivel internacional para la detección de síntomas musculoesqueléticos en trabajadores de distintos sectores económicos” (Martínez, y Alvarado, 2017, p. 45) y permite obtener información subjetiva directa de los trabajadores sobre la presencia de síntomas musculoesqueléticos, además, de que los datos obtenidos mediante este método proporcionan información útil para la toma de acciones preventivas (Martínez, y Alvarado, 2017).

Por otro lado, el método RULA se centra en la evaluación objetiva de las posturas corporales durante la realización de tareas laborales. Proporciona datos cuantitativos sobre la ergonomía de las posturas adoptadas, identificando aquellas que pueden generar riesgos para la salud musculoesquelética. Este enfoque cuantitativo agrega una dimensión objetiva y medible al estudio, lo que permite identificar patrones específicos de posturas asociadas a riesgos ergonómicos.

La decisión de evaluar posturas individuales en lugar de conjuntos o secuencias de posturas puede fundamentarse en la necesidad de identificar la contribución específica de cada postura a los síntomas musculoesqueléticos. Esta elección está respaldada por estudios previos que han demuestran la importancia de evaluar posturas de manera aislada para comprender mejor su impacto en la salud musculoesquelética. En resumen, esta combinación de herramientas y la elección de evaluar posturas individualmente se traducen en un enfoque metodológico que aborda tanto la experiencia subjetiva como los aspectos objetivos de la ergonomía en el entorno laboral.

Para realizar el análisis de correlación, se empleó Software ERGOsoft y el programa Kinovea como herramienta para capturar, comparar y medir el movimiento en videos. Para realizar las mediciones, se consideraron las recomendaciones del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España con las indicaciones constantes en la NTP 452: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural y las apreciaciones que menciona el decreto ejecutivo 2393 del reglamento de seguridad y salud de los trabajadores vigente en el Ecuador.

Resultados

Al analizar los datos sociodemográficos de la población estudiada detallados en la tabla 1 se encontró, que la edad media de los participantes es de 25 a 36 años, con un tiempo en el puesto de trabajo de 73.25 meses, siendo el 62.50% mujeres y 37.50 hombres.

Tabla 1

Datos sociodemográficos de la población estudiada

Parámetros	Métricas	
Media de la edad (años)	36,25	
Tiempo que lleva realizando el mismo trabajo media (meses)	73,25	
Femenino	5	62.50 %
Masculino	3	37,50 %

Los datos reportados en la tabla 2, evidencian un riesgo de mediano a alto por puesto de trabajo, lo que indica que, de acuerdo con la exposición al riesgo, se puede mejorar la situación presentada o intervenir y realizar modificaciones en el diseño o en los requerimientos de la tarea a corto plazo. En lo atinente a la variable sexo, los resultados indican que el nivel de exposición al riesgo es más alto en hombres que en mujeres.

Tabla 2

Datos sociodemográficos de la población estudiada

Puesto	Sexo	Nivel de riesgo	Actuación
Administrativo 1	Masculino	Alto	Se deben realizar modificaciones en el diseño o en los requerimientos de la tarea a corto plazo.
Administrativo 2	Femenino	Medio	Situaciones que pueden mejorarse, no es necesario intervenir a corto plazo.
Administrativo 3	Femenino	Medio	Situaciones que pueden mejorarse, no es necesario intervenir a corto plazo.
Administrativo 4	Femenino	Medio	Situaciones que pueden mejorarse, no es necesario intervenir a corto plazo.
Administrativo 5	Masculino	Alto	Se deben realizar modificaciones en el diseño o en los requerimientos de la tarea a corto plazo
Administrativo 6	Femenino	Medio	Situaciones que pueden mejorarse, no es necesario intervenir a corto plazo.
Administrativo 6	Femenino	Alto	Se deben realizar modificaciones en el diseño o en los requerimientos de la tarea a corto plazo.
Administrativo 7	Femenino	Medio	Situaciones que pueden mejorarse, no es necesario intervenir a corto plazo.
Administrativo 8	Masculino	Alto	Se deben realizar modificaciones en el diseño o en los requerimientos de la tarea a corto plazo.

Nota. Descripción de áreas identificado por género y nivel de riesgo. **Puesto:** Describe la posición o función laboral de los individuos evaluados. **Sexo:** Indica el género de la persona evaluada. **Nivel de riesgo:** Indica el nivel de riesgo asociado con la tarea o posición evaluada. En la tabla, se mencionan dos niveles de riesgo: "Alto" y "Medio". El nivel se determina según la postura adoptada durante la tarea y las posibles implicaciones para la salud. **Actuación:** Proporciona recomendaciones o acciones que deben tomarse según el nivel de riesgo identificado. Posibilidades: "Se deben realizar modificaciones en el diseño o en los requerimientos de la tarea a corto plazo" (para casos de nivel de

riesgo "Alto"). "Situaciones que pueden mejorarse, no es necesario intervenir a corto plazo" (para casos de nivel de riesgo "Medio").

La tabla 3 detalla las zonas del cuerpo donde más síntomas de molestia presentan los operarios del centro de salud, además, estos síntomas han sido divididos por género y apreciados en porcentajes. Donde, la incidencia de malestar muscular se presenta en un 25 % de malestar cervical, y un 25% en la región lumbar

Tabla 3

Incidencia de dolor lumbar en la población estudiada

Parte del cuerpo	Cant.	Mujeres	Hombres	%
Cuello	2	2		25,0
Hombro	1	1		12,5
Codo	0			0,0
Muñeca	2	2		25,0
Espalda (Región dorsal)	2	2		25,0
Espalda (Región Lumbar)	2	1	1	25,0
Una o ambas caderas/piernas	0			12,5
Una o ambas rodillas	3	3		37,5
Uno o ambos pies	0			0,0

Nota. Autor, 2023

La prevalencia de dolor lumbar según el género es del 87,5%, con mayor prevalencia en mujeres ya que la evaluación tiene una diferencia de dos en relación a hombres.

La tabla 4 detalla las partes del cuerpo mayormente afectadas y con presencia de síntomas de molestias presentadas por los operarios del centro de salud de Papallacta, las cuales, han sido divididas por género y apreciados en porcentajes. La prevalencia de dolor lumbar según género es de 87,5%, con mayor prevalencia en mujeres ya que la evaluación tiene una diferencia de dos en relación a hombres.

Tabla 4

Prevalencia de dolor lumbar en la población estudiada

Parte del cuerpo	Cant.	Mujeres	Hombres	%
Cuello	6	4	2	75,0
Hombro	4	3	1	50,0
Codo	3	3		37,5

Muñeca	5	4	1	62,5
Espalda (Región dorsal)	5	3	2	87,5
Espalda (Región Lumbar)	7	4	3	87,5
Una o ambas caderas/piernas	2	1	1	25,0
Una o ambas rodillas	2	2		25,0
Uno o ambos pies	1		1	12,5

Nota. Autora, 2023

La tabla 5 presenta el porcentaje de discapacidad por dolores lumbares que se han generado por las actividades realizadas como hasta ahora se han venido desarrollando, donde el 37,5% del personal administrativo presentan dolores lumbares, y si no se toman acciones correctivas de los procesos y actividades la situación de salud puede empeorar.

Tabla 5

Discapacidad a causa de dolores musculoesqueléticos en la población estudiada

Parte del cuerpo	Cantidad	Mujeres	Hombres	%
Cuello	1		1	
Hombro	1		1	12,5
Codo	0			0,0
Muñeca	1		1	12,5
Espalda (Región dorsal)	1	1		12,5
Espalda (Región Lumbar)	3	1	2	37,5
Una o ambas caderas/piernas	1		1	12,5
Una o ambas rodillas	0			0,0
Uno o ambos pies	1		1	12,5

Nota. Autora, 2023

Discusión

El grupo estudiado hay presencia de riesgo ergonómico por posturas forzadas en nivel de exposición medio y alto, con el 65% de la muestra correspondiente a las mujeres con nivel de exposición al riesgo ergonómico alto, en contraste con el 35% de la muestra que corresponde a hombres con nivel de exposición medio, este personal realiza funciones administrativas, cuyas edades están comprendidas en su mayoría entre los 22 y 35, siendo la persona joven de 24 años y la persona de mayor edad de 55 años; el 100% ha presentado sintomatología relacionada a riesgo ergonómico, percibido cómo molestias, dolor y discomfort, pero según los estudios realizados por Galindo, Maradei, y Espinel, (2016) esta percepción de incomodidad y de molestias en la zona lumbar puede aumentar con la cantidad de tiempo que transcurre el operario en una postura sedente, además del tipo de tarea, tanto la presente investigación como la de Galindo, Maradei, y Espinel, (2016) se observa que las actividades como el leer y navegar en internet requieren mayor atención visual en la pantalla y un menor alcance al teclado, en comparación a tareas de digitación y transcripción de textos, de manera que el cambio de postura puede depender también de la tarea y no del espacio donde se encuentra el operario, sin embargo, se debe analizar y especificar actividades para los administrativos que se encuentran en tareas que requieren atención y exactitud y que por ende suelen mantener una inclinación del tronco hacia adelante.

La incidencia de dolor lumbar en el grupo estudiado es del 25 % mientras que la prevalencia es del 37,5%, existiendo también casos de ausencia laboral en un porcentaje del 12,5% de los trabajadores administrativo.

Cabe recalcar que los resultados descritos están relacionados al dolor lumbar exclusivamente, pero existe sintomatología en otros segmentos corporales.

La evaluación con el método RULA en las áreas de trabajo administrativo del Centro de salud Papallacta ayudó a determinar que existe exposición a riesgo ergonómico por posturas forzadas en niveles medio y alto en los puestos administrativos estudiados, evidenciando la necesidad prioritaria de rediseño de los puestos de trabajo; lo que concuerda con lo descrito por (Dimate, Rodríguez y Rocha, 2017). Sin embargo, según el estudio realizado por (Ruiz, 2021) determina que las posturas adoptadas por los operarios para realizar cualquier actividad en ocasiones son más influenciadas por la orientación y el equilibrio mecánico-dinámico, razón por la cual, las actividades diarias también están relacionadas con las necesidades, los motivos y los deseos del operario y acomodan su cuerpo a la disposición que requiere el trabajo, algo que se debería controlar no solo con la adecuación del lugar de trabajo, que si es importante, pero también se debe capacitar al operario sobre las posturas que toma para realizar el trabajo y como su modificación pueden beneficiarlo tanto en el ámbito salud como laboral.

Conclusiones

Las actividades que se realizan en esta unidad de atención son operativas y administrativas dentro de estas son coordinación del traslado de paciente a centros de mayor complejidad, coordinación de programas de nutrición, salud en embarazadas, prevención de suicidio, atención al anciano que se desarrollan dentro de la comunidad.

Mediante el método RULA se obtuvo que los puestos administrativos del centro de salud tienen un nivel de riesgo de exposición por posturas forzadas alto, resultante tanto por aspectos del entorno de trabajo como la organización del trabajo.

La combinación de estas dos herramientas aporta beneficios significativos a la investigación. En primer lugar, permite correlacionar los síntomas musculoesqueléticos subjetivamente informados con las posturas objetivamente evaluadas, lo que facilita una comprensión más completa de la relación entre las actividades laborales y la salud musculoesquelética. Esta convergencia de datos cualitativos y cuantitativos mejora la validez y la confiabilidad de los resultados.

Los resultados sugieren que los puestos administrativos evaluados presentan ciertos niveles de riesgo ergonómico, especialmente aquellos clasificados como "Alto". Esto podría indicar que las posturas adoptadas durante estas tareas pueden aumentar el riesgo de lesiones musculoesqueléticas a corto plazo, y se recomienda realizar modificaciones en el diseño o en los requerimientos de la tarea para mitigar este riesgo. Por otro lado, para aquellos clasificados como "Medio", se sugiere que hay situaciones que pueden mejorarse, pero no es necesario intervenir de inmediato. Es posible que se requieran ajustes a largo plazo para mejorar la ergonomía y reducir cualquier riesgo potencial.

Referencias

- Casado M., M.; Moix Q., J.; y Vidal F., J., (2008) Etiología, cronificación y tratamiento del dolor lumbar. *Clínica y Salud*, 19 (3): 379-392.
- Decreto ejecutivo 2393 del reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo. (n.d.), Ecuador
- Dimate, A., E., Rodriguez, D., C., y Rocha, A., I., (2017). Percepción de desórdenes musculoesqueléticos y aplicación del método RULA en diferentes sectores productivos: una revisión sistemática en la literatura. *Revista de la Universidad Industrial de Santander*, 49(1), 57-74
- Galindo, Estupiñan, Z., T.; Maradei, Garcia, M., F. y Espinel, Correal, F., (2016). Percepción del dolor lumbar debido al uso de un asiento dinámico en postura sedente prolongada, 18(3), 412-424
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42246216008>
- Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, Vinterberg H, Biering-Sørensen F, Andersson G, et al. (1987). Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl Ergon*, 18(3), 233–7.
- Maradei, Garcia, F.; Quintana, Jiménez, L.; y Barrero, L., H., (2016). Relación entre el dolor lumbar y los movimientos realizados en posturas sedentes prolongadas. Revisión de la literatura. *Salud Uninorte*, 32(1), 153-173
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81745985013>
- Martínez, M., M. y Alvarado, Muñoz, R., (2017). Validación del Cuestionario Nórdico Estandarizado de Síntomas Musculoesqueléticos para la población trabajadora chilena, adicionando una escala de dolor. *Revista de Salud Pública*, 21(2), 41-51
<https://doi.org/10.31052/1853.1180.v21.n2.16889>
- Mendinueta, Martinez, M.; Herazo, Beltran, Y. y Pinillos, Patiño, Y., (2014). Factores asociados a la percepción de dolor lumbar en trabajadores de una empresa de transporte terrestre, *Salud Uninorte*, 30(2), 192-199
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81732428011>
- NTE INEN-ISO 11228-1, Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 11228-1 2014-01: Ergonomía, Evaluación de posturas de trabajo estáticas (ISO 11226:2000/COR:2006, IDT). Quito, Ecuador, 23 de enero de 2014.
- NTP 452: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Método RULA (RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT). (n.d.-a). Retrieved from
http://comisionnacional.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_601.pdf
- Panhale VP, Gurav RS, & Nahar SK. (2018). Association of physical performance and fearavoidance beliefs in adults with chronic low back pain. *Annals of medical and health sciences research*. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5423338/?report=reader>.
- Ruiz, Sepúlveda, G., (2021). Cotidianidad y postura corporal, *Boletín de Antropología*, 36(61), 15-31
<https://doi.org/10.17533/udea.boan.v36n61a03>
- Uribe, Cárdenas, R., (2008). Dolor lumbar: una aproximación general basada en la evidencia, *Universitas Medicas*, 49(4), 509-520
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231018741006>

Implementación de la tecnología 4.0 en la industria automovilística en Ecuador retos y perspectivas

Implementation of technology 4.0 in the automobile industry in Ecuador challenges and perspectives

Edgar Durman García Silvera¹

Resumen:

El objetivo del trabajo fue explorar el estado del arte de las tecnologías de vanguardia utilizadas en vehículos, y su impacto en la contaminación en Ecuador. La metodología empleada fue una investigación de tipología documental con un diseño observacional, haciendo una revisión bibliográfica en las bases de datos especializadas de los principales organismos rectores a nivel mundial. Los resultados obtenidos demuestran la importancia del uso de las nuevas tecnologías aplicadas a los coches modernos en aras de incrementar el rendimiento, seguridad y automóviles con menor impacto ambiental, la tendencia es lograr cero emisiones de gases contaminantes, aspecto que en Ecuador es una problemática de acuerdo con el análisis situacional que se realizó. Conclusiones, la tecnología 4.0 en la industria automotriz es imprescindible su implementación y aplicación en la actualidad. La emisión de gases contaminantes por vehículos en Ecuador es una realidad y esta problemática se exagera por no explotar sus recursos renovables.

Palabras clave: Energía renovable, tecnología 4.0, vehículos electricos

Abstract:

The objective of the work was to explore the state of the art of cutting-edge technologies used in vehicles, and their impact on pollution in Ecuador. The methodology used was a documentary typology investigation with an observational design, carrying out a bibliographic review in the specialized databases of the main governing bodies worldwide. The results obtained demonstrate the importance of the use of new technologies applied to modern cars in order to increase performance, safety and cars with less environmental impact, the trend is to achieve zero emission of polluting gases, an aspect that in Ecuador is a problem of according to the situational analysis that was carried out. Conclusion, 4.0 technology in the automotive industry is essential for its implementation and application nowadays. The emission of polluting gases by vehicles in Ecuador is a reality and this problem is exacerbated by not exploiting its renewable resources.

Keyword: Renewable energy, technology 4.0, electric vehicles

¹ Universidad de Ganma, UDG, Cuba, PhD. En Ciencias Naturales, <https://orcid.org/0000-0001-8116-8427>

Autor de correspondencia: egarciasilvera@gmail.com



Introducción

La tendencia a nivel mundial de la expansión en la urbanización, industrialización y globalización se correlaciona con el incremento del número de automóviles personales en todo el planeta (Mattioli et al., 2020). La sociedad moderna depende en gran medida del transporte basado en combustibles fósiles para el desarrollo económico y social lo que ha conllevado a la dependencia limitada por el agotamiento de las reservas de petróleo, así como de las emisiones de gases contaminantes (EPA a, 2023). Las consecuencias de esta problemática han provocado la exacerbación del cambio climático, la mala calidad del aire urbano y conflictos políticos (EPA b, 2023).

La sociedad necesita sostenibilidad, pero el modelo actual está lejos de serlo. Se hace necesario el uso de combustible que reduzcan las emisiones de carbono y el aprovechamiento de los recursos naturales dentro de límites sostenibles. Por lo tanto, el futuro del transporte debe proporcionar mayor libertad, movilidad sostenible y sostenibilidad, crecimiento económico y prosperidad para la sociedad (Rijmenam, 2023).

Las tendencias en la comercialización de automóviles nuevos durante las próximas décadas se fundamentarán en la evolución de su diseño, vehículos compartidos, autónomos, vinculados y con propulsión alternativa, compatibles con el medio ambiente y que generen nulo o bajo impacto ambiental (Zhu et al., 2021).

La amplia gama de tecnologías en las décadas recientes ha iniciado en el mejoramiento, autonomía y compatibilidad con el medio ambiente de los vehículos modernos, además en la mejora del rendimiento, la comodidad y el mantenimiento de los estándares. Desde la dirección asistida hasta la dirección manual, desde los motores diésel hasta los automóviles eléctricos y desde el frenado estándar hasta el frenado ABS, vehículos conducidos por electricidad procedente de energías limpias, seguras e inteligentes son esenciales (Zhu et al., 2021).

Con más competencia en la industria, varios fabricantes podrían invertir en el desarrollo de nuevas y mejores tecnologías, aunque implementarlas tiene sus retos, un ejemplo son los carros eléctricos. El desarrollo e investigación en la mejora tecnológica de baterías eléctricas es el siguiente paso en el desarrollo de estos vehículos lo que repercutirá en la disponibilidad y acceso de estos coches en el planeta (Nichols, 2023).

De esta manera, la comercialización de estos carros es un nicho de investigación en la actualidad con sus retos tecnológicos para su implementación.

Este artículo proporciona un análisis exhaustivo de las muchas tecnologías de vanguardia utilizadas en vehículos comerciales, describiendo sus ventajas e inconvenientes, usos, dificultades actuales y potencial para avances futuros.

También se aborda un análisis situacional del efecto de la contaminación por vehículos en Ecuador.

Metodología

La investigación tuvo un diseño observacional de tipología documental. En este sentido, el artículo presenta una revisión bibliográfica en los principales organismos rectores a nivel mundial del área y en las bases de datos ScienceDirect, Scielo, Dialnet y Elsevier. Los descriptores claves considerados en la búsqueda fueron "industria automotriz, combinados con "tendencias" en el ámbito tecnológico, medio ambiente, social y económico. Los criterios empleados en la selección de la información se centraron en la aplicación del método empírico y el corte transversal dentro del período 2018-2023, en el marco de una metodología de estudio descriptivo. Además, se requirió el uso de operadores booleanos como "and" en complemento con las palabras claves por separado para una relevante pesquisa investigativa. Se seleccionaron de esos artículos los elementos sustanciales que tienen relación con el objetivo del trabajo, y a continuación se realizan comentarios y análisis científico por parte de los autores para tener una visión integradora a través de una concepción holística configuracional.

Resultados y Discusión

Las posibilidades que ofrecen las tecnologías de frontera han tenido una influencia significativa en la industria del automóvil. Tanto para los fabricantes de automóviles globales como para los pequeños talleres de servicio, las implementaciones de estas tecnologías son inevitables en el contexto actual las que a continuación se analizan.

Tendencia en la tecnología de frontera en la industria automotriz

Los carros del futuro están muy interrelacionados con la industria 4.0, la cual tiene como objetivo principal realizar las operaciones de fabricación con sistemas eficientes, autónomos y sostenibles (Koh et al., 2019). Dentro de las tecnologías que usa la industria 4.0 está el Internet de las cosas, sistemas ciberfísicos, análisis de big data, fabricación auditiva y computación en la nube e inteligencia artificial (Kamble et al., 2020).

Estas tecnologías están vinculadas en la investigación y desarrollo en la industria automotriz en las áreas de ahorro de energía del motor, arquitectura y diseño del carro, combustibles no fósiles, las mejoras en la seguridad de los vehículos, la conducción autónoma y los nuevos materiales (Nicoletti et al., 2021).

Tabla 1

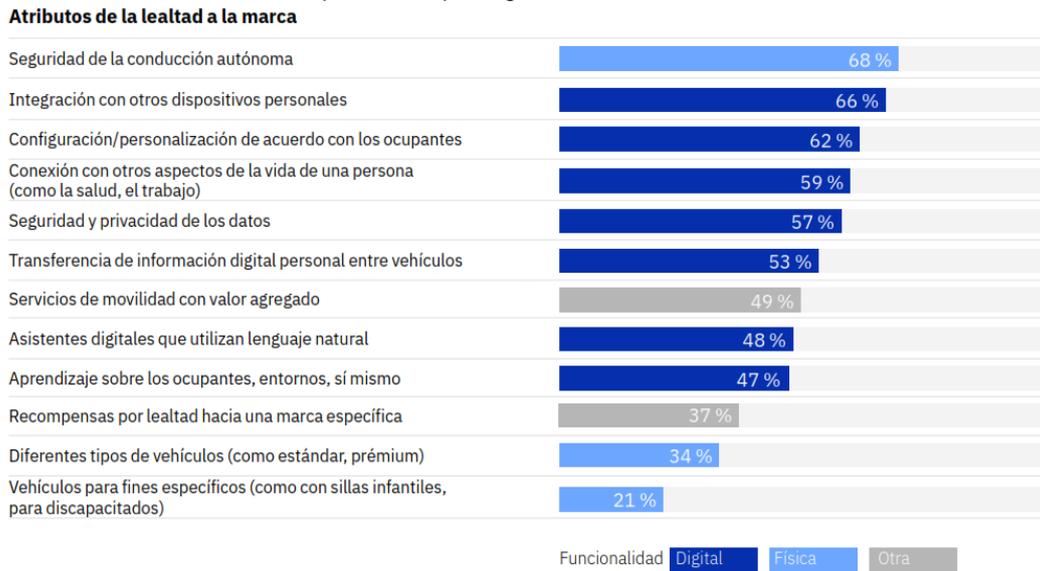
Las nuevas tecnologías en los vehículos modernos, sus características y retos de su aplicación.

Tecnología	Aplicación en vehículos	Características	Retos	Referencia
Internet de las cosas (IoT)	En los sistemas de verificación de producción	Condiciones de seguridad, chequeo de control de calidad, información de ventas	Habilidad y buena preparación en el operario con las tecnologías	Rahim et al., 2020
Inteligencia Artificial	En la producción, para disminuir costos	Entre los principales métodos de la IA se encuentra el Deep learning, machine learning, clustering y redes neuronales	Altas inversiones sin un cercano retorno de la inversión	Ochoa-Díaz, 2022
Sistemas ciberfísicos	El automóvil se debe entender como un sistema ciberfísico, debido a que este debe incorporar elementos inteligentes y estar en la capacidad de conectarse a internet para compartir información de su estado, para dar respuestas en tiempo real del funcionamiento del carro a su operario, generando el concepto de carros conectados.	La unión entre el mundo físico y el mundo virtual se efectúa por medio de los sistemas ciberfísicos, los cuales se utilizan para distribuir, monitorear, controlar ambientes físicos y generar retroalimentaciones.	Seguridad informática, proteger elementos, sistemas y datos críticos	Panwar et al., 2021
Computación en la nube	Los automóviles autónomos podrán comunicarse entre sí para hacer que las carreteras públicas sean más seguras, actualizar las condiciones del tráfico y producir mapas de carreteras actualizados.	La computación en la nube está habilitada por centros de datos de fácil acceso que proporcionan altas capacidades de procesamiento de datos y almacenamiento	Infraestructura de la red, capacidad de la banda ancha, latencia	Ahmed et al., 2019
Fabricación aditiva	Fabricación de componentes, piezas y estructuras de vehículos	Es un proceso de deposición de material fundido capa por capa con el fin de obtener una pieza 3D	Altos costos de implementación	Mohanavel et al., 2022

En la actualidad para los clientes es muy importante la seguridad y atención personalizada de los vehículos modernos, donde la tecnología juega un papel importante.

Figura 1

Atributos diferenciadores más importantes para generar la lealtad del cliente.



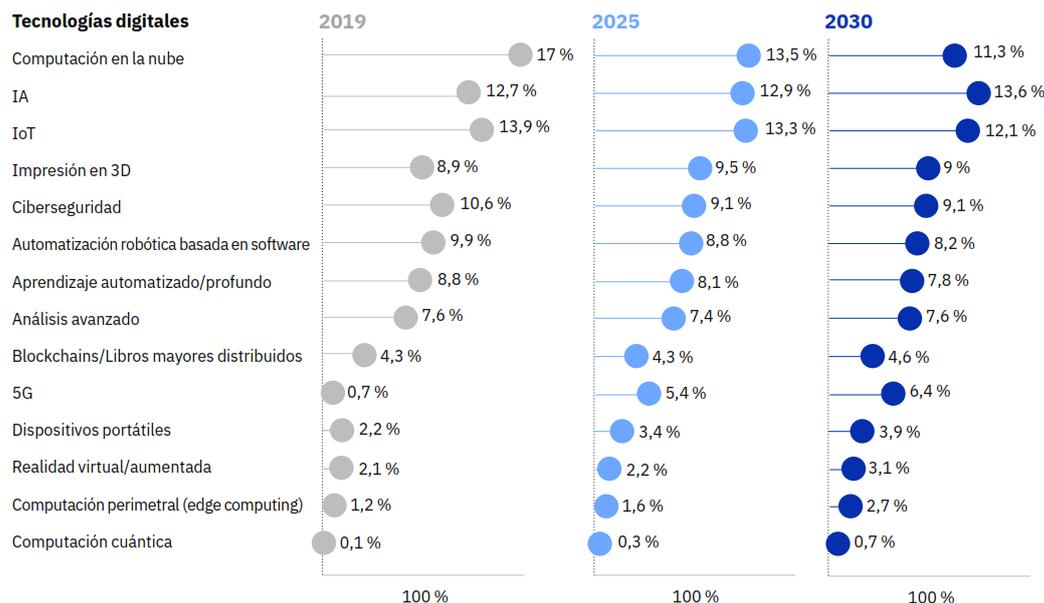
Nota. IBM, 2019

En una encuesta realizada a ejecutivos de la industria automotriz los tres indicadores de mayor puntuación parean la lealtad a la marca fue de origen tecnológico e innovación (Fig.1). El 80 % de los ejecutivos esperan que los servicios digitales mejoren considerablemente las experiencias de los clientes. Las capacidades del vehículo de aprender sobre sus ocupantes, integrarse con otros dispositivos, proteger y compartir información personalizada dentro de la marca, y mantener una conversación natural pueden otorgarle un mayor prestigio y lealtad a la marca.

Cuando se les pregunto cómo veían la distribución de inversiones de sus organizaciones en iniciativas digitales en los siguientes 10 años, las áreas de computación en la nube, inteligencia artificial e internet de las cosas se mencionaron como las de mayores inversiones, como se puede (figura 2).

Figura 2

Distribución de inversiones en sus organizaciones en iniciativas digitales en los próximos 10 años.



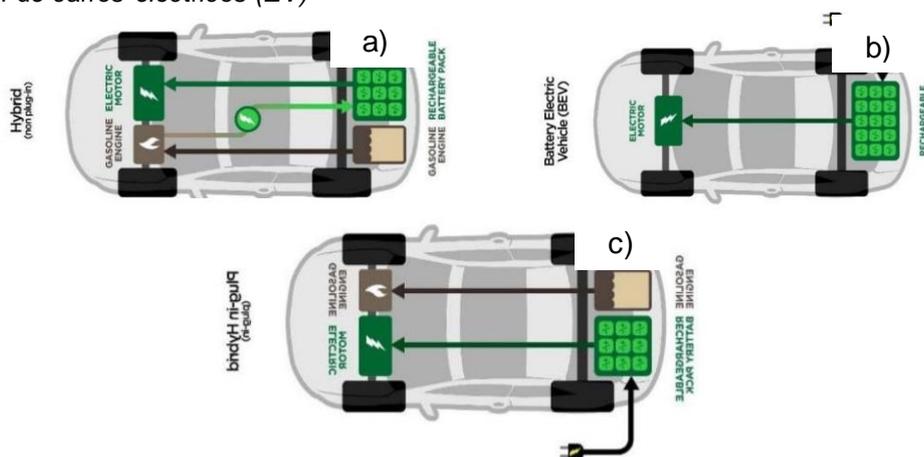
Nota. IBM, 2019

Uno de los prototipos para aplicar toda esta tecnología de la industria 4.0 son los vehículos eléctricos. En la actualidad existen tres tipos de carros eléctricos. El híbrido, el híbrido enchufable y el eléctrico puro.

El híbrido se caracteriza por su interacción entre el motor de combustión interna y un motor eléctrico (figura 3a).

Figura 3

Clasificación de carros eléctricos (EV)



Nota. CleanPNG, 2023.

El híbrido enchufable, utiliza su motor de combustión interna, o el motor eléctrico, como se muestra en la figura 3b. El eléctrico puro utiliza la energía química guardada en una o varias baterías recargables, como se muestra en la figura 3c. A pesar de las ventajas que ofrecen estos carros cuando se inició su comercialización

a nivel mundial no lograron establecerse en la década del 90' por las limitaciones que se exponen a continuación, las cuales la industria ha tomado esas experiencias y revertirlas y mas en un escenario donde el cambio climático es una realidad (Mir y Mazrur, 2018):

Limitaciones de los EV: estos se referían al rango limitado (la mayoría de los EV proporcionaban 60-100 millas, en comparación con 300 o mas millas de los vehículos con gasolina); tiempo de carga larga (ocho o mas horas); alto costo (40% más caro que los autos de gasolina); y en espacios de carga limitado en muchos de los EV.

Gasolina barata: el costo operativo (costo de combustible) de los automóviles es insignificante en comparación con la inversión que hace un propietario de EV al comprar un EV.

Consumidores: los consumidores creían que los grandes vehículos de servicios deportivos (SUV) y las camionetas eran más seguros de conducir y más convenientes para muchas otras funciones, como el remolque. Por lo tanto, los consumidores prefirieron grandes SUV a vehículos más pequeños eficientes (en parte debido a los bajos precios de la gasolina).

Empresas automotrices: los fabricantes de automóviles gastaron miles de millones de dólares en investigación, desarrollo y despliegue de EV, pero el mercado no respondió muy bien. Estaban perdiendo dinero en la venta de EV en ese momento. El mantenimiento y el servicio de los EV fueron cargas adicionales en los concesionarios de automóviles. La responsabilidad fue una gran preocupación, aunque no había evidencia de que los EV fueran menos seguros que los vehículos de gasolina.

Compañías de gas: los EV fueron vistos como una amenaza para las compañías de gas y la industria petrolera. El cabildeo de las compañías de automóviles y gasolina del gobierno federal y el gobierno de California para abandonar el mandato fue uno de los factores clave que condujeron a la desaparición de los EV en la década de 1990.

Tecnología de la batería: las baterías de plomo ácido se usaron en la mayoría de los EV en la década de 1990. Las baterías eran grandes y pesadas, y necesitaban mucho tiempo para cargar.

Infraestructura: hubo infraestructura limitada para recargar los EV.

A pesar de estas limitaciones en la actualidad muchos de estos indicadores han cambiado. Chen et al. (2022) realizó un estudio donde evaluó cuatro dimensiones de los carros eléctricos (tabla 2).

Tabla 2

Ponderancia por categoría de cuatro dimensiones de los vehículos eléctricos.

Categoría tecnológica	Protección ambiental	Aspecto económico	Eficiencia energética	Madurez tecnológica
Vehículo híbrido eléctrico	6	6	7	8
Variación de vehículo híbrido	8	6	8	7
Vehículo eléctrico puro	10	7	8	7
Vehículos de hidrógeno	9	3	9	4

Nota. Ponderancia en peso: mayor valor 10. Chen et al. (2022);

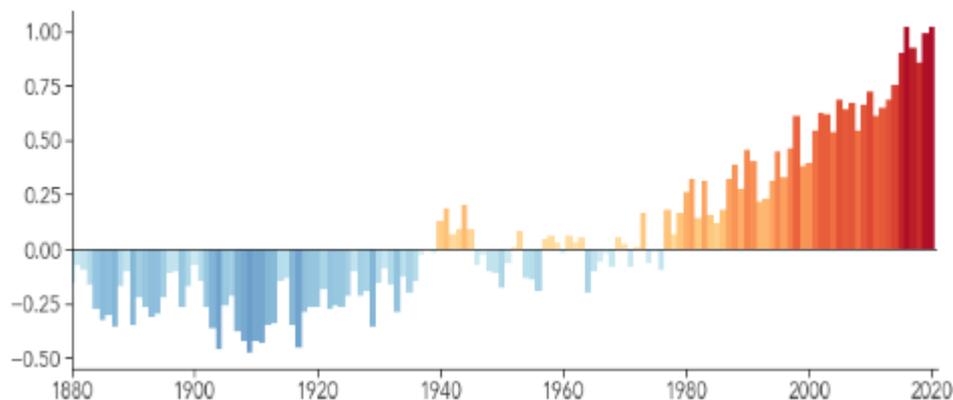
En la tabla 2 se compara las variantes de vehículos eléctricos en base a cuatro dimensiones. En protección ambiental el vehículo eléctrico puro es el que posee mayor ponderancia en peso (10), así como en aspecto económico (7), en la eficiencia energética los vehículos de hidrógeno son los que tienen mayor peso y madurez tecnológica los híbridos.

Análisis situacional del efecto de la contaminación por vehículos en Ecuador

La calidad de vida está significativamente influenciada por el entorno en el que vivimos y por ello los grandes esfuerzos de la humanidad se dirigen a la sostenibilidad y mejora de este entorno. Sin embargo, La temperatura global en la última década ha tenido una variación entre 0,5-1 °C superior que décadas anteriores (Fig. 4).

Figura 4

Temperatura anormal de la tierra



Nota. NASA, 2023.

Este incremento de temperatura afecta directamente a todos los ecosistemas por ende la transición global hacia una energía renovable eficiente e integrada es una necesidad urgente en el contexto de la crisis climática, no es posible contemplar el desarrollo sostenible sin considerar que la humanidad logra tomar decisiones transformadoras para reducir el dióxido de carbono, consecuencias graves e irreversibles si estas acciones no se llevan a cabo, y en este contexto se encuentra Ecuador.

Para Ecuador constituye un reto y a la misma vez una necesidad de controlar la contaminación ambiental generada por los vehículos que circulan en el país. De acuerdo con la tabla 3 y figura 5 es uno de los países de mayor tenencia de vehículos per cápita por habitantes en Sudamérica.

Figura 5

Comparación de vehículos por habitantes en diferentes países sudamericanos.

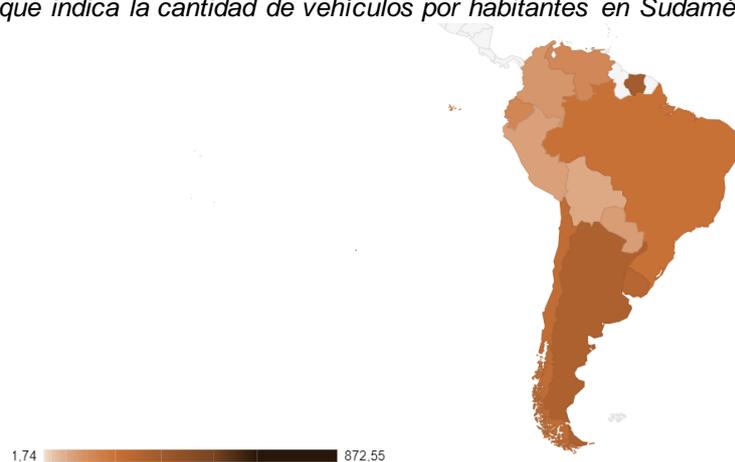
País	Parque automotor	Población total	Vehículos por 1.000 habitantes
Colombia	18.082.451	51.874.024	349
Bolivia	2.493.753	12.224.110	204
Ecuador	2.880.910	17.978.906 ^a	160
Perú	3.303.476	34.049.588	93

Nota. Instituto Nacional de Estadística y Censo (INE)a, 2023.

La figura 6 presenta mediante la intensidad de color, la distribución vehicular presente a nivel regional.

Figura 6

Escala de colores que indica la cantidad de vehículos por habitantes en Sudamérica

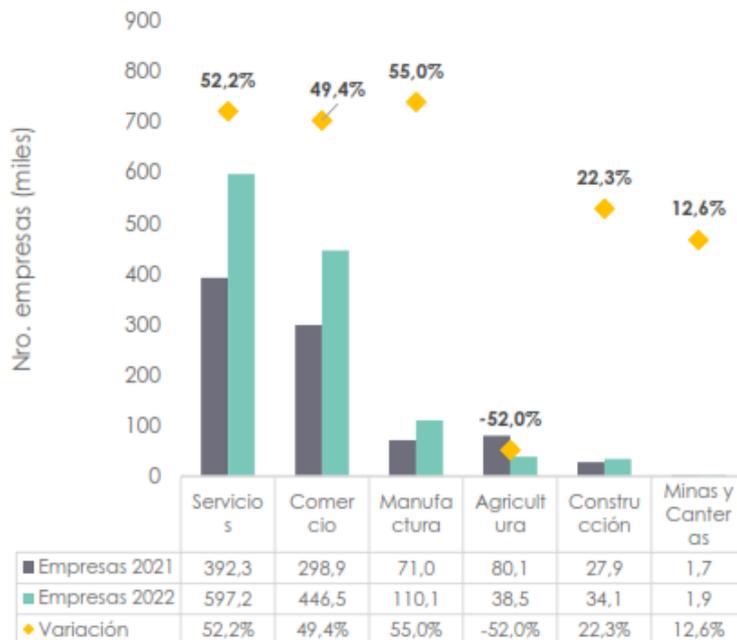


Nota. Datosmacro.com, 2021.

De acuerdo con la figura 7 la dinámica empresarial en Ecuador se ha incrementado notablemente en un solo año.

Figura 7

Comparación de tipos de empresas entre los años 2021 y 2022 en Ecuador



Nota. Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)b, 2023.

Como se observa en la figura 7, las empresas de diferentes sectores han crecido en el 2022 respecto al 2021 en Ecuador. Solamente en la agricultura presenta una variación negativa entre los dos años de comparación. Esto implica indirectamente un incremento en la utilización del transporte, por lo que se hace necesario tecnologías de punta y talleres mecánicos que respondan a las necesidades y presión de este incremento.

Si se analiza por sector, el transporte y almacenamiento ocupó el sexto lugar en su incremento en ventas alcanzando un 60,7 % en el 2022 en Ecuador, esto indica un sector bastante dinámico en su economía (Fig. 8).

Figura 8

Incremento de las ventas por sector en Ecuador en el 2022

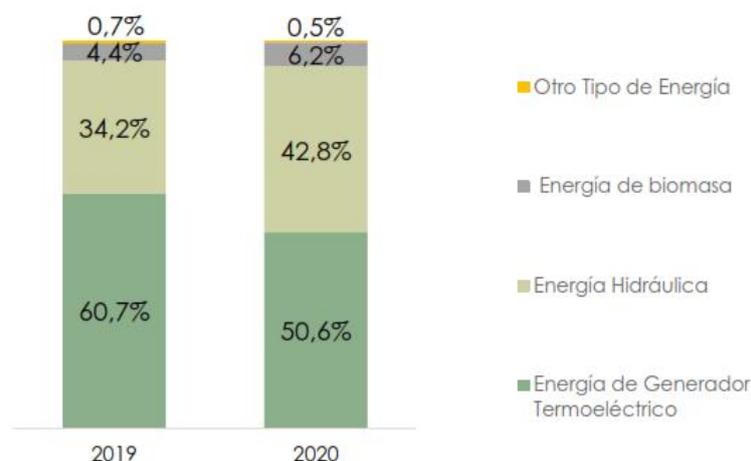


Nota. Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)b, 2022.

Sin embargo, la realidad en Ecuador en base a utilizar energías renovables es crítica como se puede observar en la figura 9.

Figura 9

Distribución de la energía eléctrica generada por tipo de energía



Nota. Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)c, 2022.

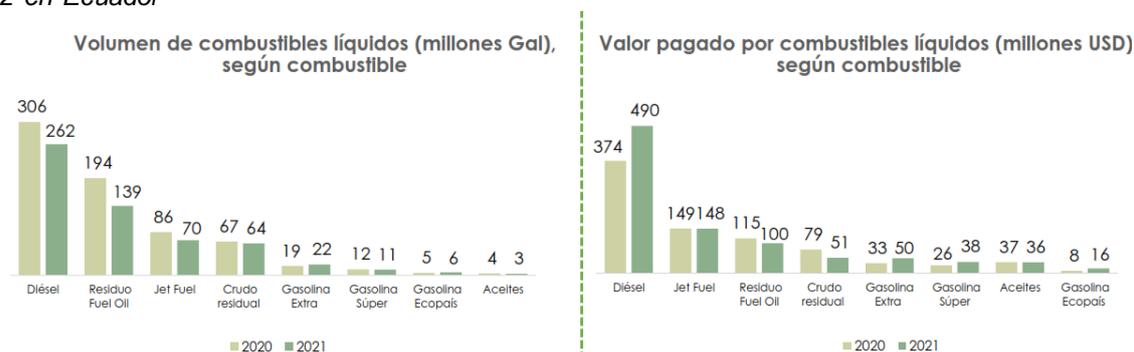
En la figura 9 se representa la distribución de energía eléctrica generada en Ecuador por distintos tipos de energía. Se observa que las energías renovables apenas ocupan un 5,1 % en la distribución de la energía eléctrica generada. Las energías generadas por termoeléctricas las cuales consumen en su mayoría combustible fósil son las de mayor generación de electricidad en el país, ocupando un 50,6 % en el 2020. Esto refleja que el cambio en la matriz de la base energética en el país se ha ralentizado mucho, donde apenas el 5 % de energías alternativas son empleadas para la generación de energía en Ecuador tanto en el 2019 como en el 2020.

Por otra parte, el consumo de volumen de combustible líquidos en el país es alto (figura 10). La figura muestra que los combustibles fósiles tienen un importante

volumen de combustibles líquidos que se emplean en las empresas en Ecuador, inclusive para el 2021 las ventas de diésel se habían incrementado respecto al año anterior.

Figura 10

Comparación del consumo de combustibles líquidos y su variación de valor pagado entre el 2021 y 2022 en Ecuador

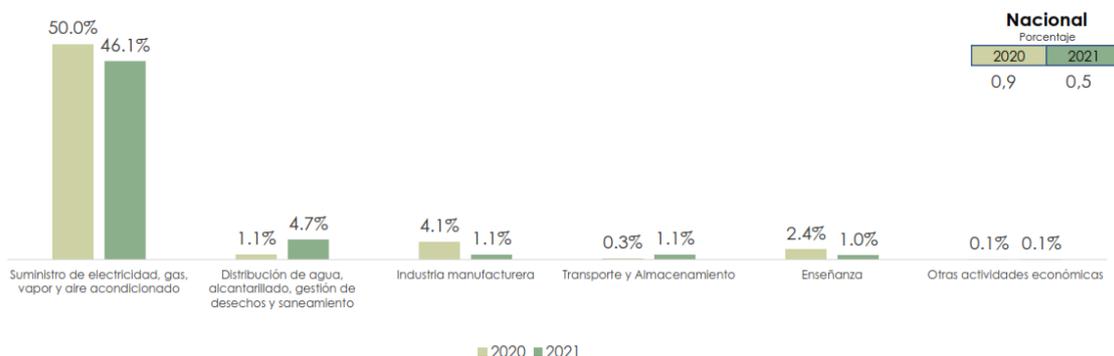


Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)c, 2022.

En la figura 11 se representa las empresas que producen energía renovable en Ecuador en los años correspondientes al 2021 y 2022.

Figura 11

Empresas que producen energías renovables en Ecuador entre los años 2021 y 2022
Proporción de empresas que producen energía renovable



Nota. Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)c, 2022.

En la figura 11 se destaca que en sentido general las empresas en Ecuador son muy pobre en la generación de energía renovable. Como se aprecia en la figura anterior, las empresas de transporte y almacenamiento generan 0,3% y 1,1% de las energías renovables en el país. De hecho, el 89,5 % en la generación de desechos especiales en Ecuador son las escorias de acería y neumáticos usados, dos elementos que se generan en los talleres automotrices. Por otra parte, el potencial de la economía circular en los desechos especiales es grande en Ecuador.

Hay que destacar que el Estado Ecuatoriano ha llevado a cabo iniciativas para la disminución de la contaminación ambiental, por ejemplo, nace el Impuesto

Ambiental a la Contaminación Vehicular en el país y éste se presenta como un estímulo para la reducción de la contaminación, el Ecuador fue el segundo país en Latinoamérica, después de Chile en 1986, en plantear un impuesto que busque proteger el medio ambiente. El hecho generador de este impuesto es la contaminación potencial que genera el combustible a través de los vehículos. El marco de nacimiento del impuesto ambiental en el Ecuador se dio en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) dentro de la política del “Buen Vivir” instaurada en el país desde el año 2007.

Conclusiones

Las tecnologías de la industria 4.0 llegaron a la industria automotriz para innovar y producir automóviles más confiables en su seguridad, autonomía y diseño, a pesar de los retos que involucra su implementación las cuales constituyen nichos de investigación, pero es la tendencia y el camino que deben apropiarse las empresas del sector para sobrevivir en la creciente demanda de automóviles que sean compatibles con el medio ambiente.

La toma de decisiones sobre la electrificación de vehículos no debería ser una cuestión emocional, sino guiarse por un razonamiento científico exhaustivo y consideraciones económicas, y entonces se alcanzará automáticamente un punto óptimo en el que la comunidad técnica se apropie de él, sabrán o más bien tendrán una idea razonable sobre la mejor combinación de vehículo convencional, híbrido o eléctrico puro que se debe fabricar. Por ahora parece que desde la perspectiva del usuario el carro híbrido es una buena solución provisional, siempre que se pueda reducir el costo. Es posible que a los vehículos eléctricos puros todavía les quede mucho camino por recorrer, tanto desde el punto de vista medioambiental como de costos, pero se trabaja en la infraestructura para que puedan ser los que circulen en el futuro.

Referencias

- Ahmed, B; Malik, A.W; Hafeez, T. (2019). Services and simulation frameworks for vehicular cloud computing: a contemporary survey. *J Wireless Com Network*, 4. <https://doi.org/10.1186/s13638-018-1315-y>
- Chen, Y. (2022). Research on collaborative innovation of key common technologies in new energy vehicle industry based on digital twin technology. *Energy Reports* 8: 15399-15407. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.11.120>
- CleanPNG. (2023). Battery Cartoon Preview. Obtenido de: <https://www.cleanpng.com/png-battery-electric-vehicle-car-electric-motor-all-ki-1283147/preview.html>
- Datosmacro.com. (2021). Vehículos en uso en Sudamérica. Obtenido de: <https://datosmacro.expansion.com/negocios/vehiculos-en-uso>.
- EPA a. (2023). Economics of Biofuels. Obtenido de: <https://www.epa.gov/environmental-economics/economics-biofuels>
- EPA b. (2023). Climate Change Impacts on Air Quality. Obtenido de: <https://www.epa.gov/climateimpacts/climate-change-impacts-air-quality>
- IBM. (2019). Industria automotriz 2030 La carrera hacia un futuro digital. Obtenido de: <https://www.cavem.cl/informes/61e17d130af1f.pdf>.
- INEC a. (2023). Estadística de Transporte (ESTRA). Boletín Técnico N° 1 de Transporte. Obtenido de: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/ESTRA_2022/2022_BOLETIN_ESTRA.pdf- Sitio web visitado 11 de noviembre del 2023.
- INEC b. (2023). Registro Estadísticos de Empresas 2022, Principales resultados. Obtenido de: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/directoriodeempresas/principales-Resultados>.
- INEC c, (2022). Tomado de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/EMPRESAS/Empresas%1F_2020/PRES_MOD_AMB_EMP_2020_Vf.pdf
- Koh, L; Orzes, G; Jia, F. J. (2019). The fourth industrial revolution (Industry 4.0): Technologies disruption on operations and supply chain management. *International Journal of Operations & Production Management*, 39(6/7/8), 817–828.
- Kamble, S; Gunasekaran, A.; Dhone, N. C. (2020). Industry 4.0 and lean manufacturing practices for sustainable organizational performance in Indian A. Ghadge et al. manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1319–1337.
- Mattioli, G; Cameron, Roberts, J; Steinberger, K; Brown, A. (2020). The political economy of car dependence: A systems of provision approach. *Energy Research & Social Science*, 66:10148. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101486>
- Mir, C y Mazrur, A. (2017). *Hybrid Electric Vehicles, Principles and Applications with Practical Perspective*. 2da edición. John Wiley & Sons Ltd. NJ, USA.
- Mohanavel, V; Priyadharshan, R; Ravichandran, M; Rajkumar S; Palanivel, V; Subbiah, R. (2022). The role and application of 3D printer in the automobile industry. *ECS Trans* 107: 12001. Doi: 10.1149/10701.12001ecst

- NASA. (2023). Julio de 2023 fue el mes más caluroso registrado. Obtenido de: <https://www.nasa.gov/news-release/julio-de-2023-fue-el-mes-m%C3%A1s-caluroso-registrado/>
- Nichols, D. (2023). The Future of EV Batteries. Obtenido de: <https://www.greencars.com/greencars-101/the-future-of-ev-batteries>
- Nicoletti, L; Bronner, M; Benedikt, D; Koch, A; Konig, A; Krapf, S. (2020). 2020 Fifteenth International Conference on ecological vehicles and Renewable Energies (EVER). DOI: 10.1109/EVER48776.2020.924311
- Ochoa-Díaz, L. (2022). Inteligencia Artificial y su uso en la industria automotriz. Obtenido de: <https://spcpro.com/2022/11/inteligencia-artificial-en-la-industria-automotriz/>
- Panwar, N; Singh, S; Garo, A; Kumar-Gupta, A; Gao, L. (2021). Recent Advancements in Battery Management System for Li-Ion Batteries of Electric Vehicles: Future Role of Digital Twin, Cyber-Physical Systems, Battery Swapping Technology, and Nondestructive Testing. Energy Technology <https://doi.org/10.1002/ente.202000984>
- Rahim A, Rahman A, Rahman M. (2020). Evolution of IoT-enabled connectivity and applications in automotive industry: A review. Vehicular communications. <https://doi.org/10.1016/j.vehcom.2020.100285>
- Rijmenam M. (2023). The future of mobility: transforming transportation. Obtenido de: <https://www.thedigitalspeaker.com/future-mobility-transforming-transportation/>
- Zhu, H, Zhou, W; Li, Z; Li, L; Huang, T. (2021). Requirements-Driven Automotive Electrical/Electronic Architecture: A survey and Prospective Trends. IEE Vehicular Technology Society Section. Doi: 10.109/Access.2021.3093077.

El portafolio electrónico como estrategia de evaluación innovadora The Electronic Portfolio As A Strategy Of Innovative Evaluation

Belkis Coromoto Andrade Pacheco¹, Zaydi Daviana Gutiérrez Berríos², Angélica Maribel Cárdenas Rubio³.

Resumen:

En el presente artículo de revisión documental se profundizó acerca del portafolio electrónico (e-portafolio), el cual, se configura como un sistema de evaluación integrado en los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación. Su objetivo fue analizar el uso del portafolio electrónico como estrategia de evaluación y su impacto en la mejora de la calidad del aprendizaje. Para llevar a cabo la búsqueda de información se utilizó el gestor de búsqueda Google Scholar, en el que se analizaron revistas archivadas en Scielo, Redalyc, Elsevier, entre otras. La revisión de la literatura conceptualmente enmarcó los aspectos relacionados sobre el portafolio electrónico y las estrategias de evaluación, por lo que uno de los criterios de inclusión considerados en todas las búsquedas, fue la relación entre el uso del portafolio electrónico como estrategia de evaluación y el impacto en la mejora de la calidad del aprendizaje. Entre los resultados más destacados se tiene que esta herramienta se apoya fundamentalmente en el paradigma constructivista, donde la evaluación es considerada un proceso continuo y sistemático, que no se interesa solo por los resultados de la evaluación en sí misma, sino por el desarrollo de procesos de construcción que efectúa el estudiante y que impacta de forma positiva en muchas áreas claves del proceso educativo principalmente en el aprendizaje del estudiante y como estrategia de evaluación auténtica y formativa. Posibilita involucrar activamente al estudiante en el proceso de evaluación a través de la reflexión y autoevaluación de su aprendizaje, lo que, fomenta su autonomía y pensamiento crítico.

Palabras claves: *portafolio electrónico, estrategia de evaluación, proceso de enseñanza-aprendizaje, calidad educativa.*

¹Universidad Centrooccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto-Venezuela, Licenciada en Enfermería, Magister en Educación Mención Ciencias de la Salud, , <https://orcid.org/0000-0002-4109-8863>

²Consultora de Seguros-Salud S.A. Quito-Ecuador, Licenciada en Enfermería
<https://orcid.org/0000-0002-2954-9238>

³Universidad Politécnica Salesiana, Ingeniera en Biotecnología de los Recursos Naturales,.
<https://orcid.org/0009-0006-5244-7017>

Autor de correspondencia: angiecard170584@hotmail.com



Abstract:

In this documentary review article, we delved deeper into the electronic portfolio (e-portfolio), which is configured as an evaluation system integrated into the teaching, learning and evaluation processes. Its objective was to analyze the use of the electronic portfolio as an evaluation strategy and its impact on improving the quality of learning. To carry out the information search, the Google Scholar search engine was used, in which journals archived in Scielo, Redalyc, Elsevier, among others, were analyzed. The literature review conceptually framed the related aspects of the electronic portfolio and evaluation strategies, so one of the inclusion criteria considered in all searches was the relationship between the use of the electronic portfolio as an evaluation strategy and the impact on improving the quality of learning. Among the most notable results is that this tool is fundamentally based on the constructivist paradigm, where evaluation is considered a continuous and systematic process, which is not only interested in the results of the evaluation itself, but also in the development of processes. of construction carried out by the student and that positively impacts many key areas of the educational process, mainly in student learning and as an authentic and formative evaluation strategy. It makes it possible to actively involve the student in the evaluation process through reflection and self-assessment of their learning, which encourages their autonomy and critical thinking.

Keywords: *electronic portfolio, evaluation strategy, teaching-learning process, educational quality.*

Introducción

La educación en concordancia con los avances tecnológicos y las transformaciones sociales que a diario se viven, han obligado a las Instituciones de Educación Superior (IES) a replantear cambios curriculares donde se reemplace la formación centrada en el docente y se incluya el nuevo paradigma que propone la formación de profesionales críticos, reflexivos y, capaces de auto regular su aprendizaje, es decir, que el proceso de enseñanza y de aprendizaje sea centrado en el estudiante para asegurar la calidad educativa. Así fue planteado en el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES,2015), cuando consideraron que el aprendizaje centrado en el estudiante es esencial para mejorar la calidad educativa.

Esta mejora, ocurre por los cambios de paradigma del modelo educativo hacia un enfoque de aprendizaje basado en el estudiante (Brandes y Ginnings, 1986), donde se produce mayor interacción entre el profesor/estudiantes y de estos entre sí. Bajo este paradigma, los estudiantes son considerados protagonistas activos de su propio proceso de aprendizaje y no como sujetos pasivos a los que se les imparten clases magistrales, independientemente si es aprovechado o no.

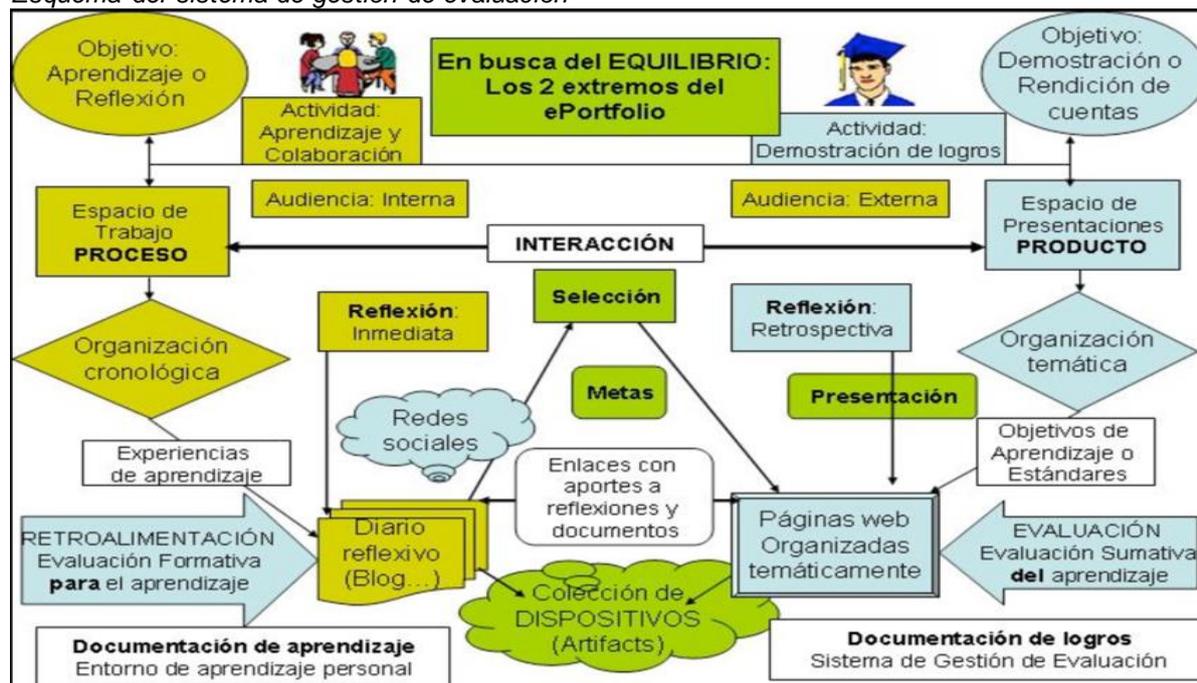
Lo expuesto en el párrafo anterior, caracteriza a lo que se denomina el enfoque constructivista del aprendizaje el cual, constituye un conjunto articulado de principios desde donde es posible identificar problemas y articular soluciones. Es decir, los profesores proporcionan a los estudiantes las estrategias necesarias para promover un aprendizaje significativo, interactivo y dinámico, despertando la curiosidad del estudiante Coll, et.al, 1993). El paradigma constructivista intenta dar explicaciones acerca de cómo el ser humano es capaz de construir conceptos y explicar los procesos de cómo adquirió el conocimiento (Tigse, 2019).

De lo anterior, se desprende la necesidad de articular currículos que promuevan el deber ser de la formación de los estudiantes, donde la libertad, el diálogo, la pluralidad de saberes, les permita internalizar los conocimientos de manera significativa y autoevaluar reflexivamente sus aprendizajes adquiridos (Gamboa, et.al, 2021). Razón por la cual, se requieren profesores que modifiquen su práctica docente y utilicen la diversidad de estrategias de enseñanza, de aprendizaje y metodologías de evaluación acordes a las transformaciones y cambios que suceden, de modo que propicien la formulación de actividades educativas donde el estudiante sea participe de su propio aprendizaje y adquiera las competencias específicas o propias del perfil profesional (Gómez et al. 2019).

En consecuencia, los docentes deben apoyarse en las teorías constructivistas donde los aprendices tengan la oportunidad de construir y reconstruir su conocimiento y autoevaluarse para aprender de forma efectiva. Esto concuerda con lo planteado por Barrett (2009) tal como se observa en la siguiente figura.

Figura 1

Esquema del sistema de gestión de evaluación



Nota. <http://electronicportfolios.org/balance/>

En lo que respecta al proceso de evaluación es importante destacar, que desde hace cuatro décadas la evaluación dejó de ser un proceso aislado y aplicado al final de la instrucción para obtener una calificación, hoy día es considerado un proceso continuo y sistemático que además de evaluar el logro de aprendizajes, permite al estudiante la autorreflexión sobre el proceso de cómo ocurre el mismo e incluso autorregularlo. La autorregulación es un proceso multicomponencial, multinivel, interactivo y autodirigido orientado al cumplimiento de los objetivos propios (Boekaerts, Maes y Karoly, 2005). Sobre este particular, Zimmerman y Moylan (2009) destacaron que “quienes alcanzan un buen desarrollo de la autorregulación dan muestras de que planifican las tareas, supervisan y controlan su ejecución y, finalmente, evalúan lo que han hecho y han logrado” (p.149).

Existen varios paradigmas de evaluación que proporcionan recursos y plantean metodologías con mayor precisión y claridad, como es el caso del enfoque socioformativo, modelo de evaluación que logra satisfacer las exigencias propias de la sociedad del conocimiento puesto que promueve -entre otros aspectos- el trabajo colaborativo para la resolución de problemas con apoyo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), Tecnologías del Empoderamiento y la Participación (TEP), Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC) y, recientemente, Tecnologías para la Socioformación (TS).

En este contexto, las Tecnologías de Información y de Comunicación (TIC) han permeado todos los ámbitos de la sociedad incluida la educación en su contenido y forma (Rubio, et.al, 2020). Así lo demuestran gran número de investigaciones donde se describe su empleo como recurso de apoyo en los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación, destacando resultados significativos en el progreso de los

estudiantes tales como la estimulación de la capacidad de crear, comunicar, dominar el conocimiento y autoevaluarse (Freire y Brunet, 2016; Suarez-Palacio, et al., 2018).

Entre estas herramientas tecnológicas, se encuentra el portafolio electrónico (e-portafolio), el cual, se configura como un sistema de evaluación integrado en el proceso de enseñanza-aprendizaje caracterizado por la selección de evidencias/muestras que tiene que recoger y aportar el estudiante a lo largo de un periodo de tiempo y objetivo determinado (Rosales, 2021). Los e-portafolios se pueden evaluar de forma cualitativa y cuantitativamente; por lo que ambos son una buena fuente de información sobre los estudiantes.

Estas evidencias posibilitan al docente hacer seguimiento del progreso del aprendizaje, a la vez que permite al estudiante demostrar que está aprendiendo y recibir retroalimentación de sus compañeros y docente (Tipán, 2021). Ante estos escenarios de cambios y transformación, las IES se han visto en la necesidad de optar por metodologías de evaluación ajustadas a los resultados de aprendizaje y acordes a las necesidades de los estudiantes que demanden de ellos, mayor participación, reflexión y experiencias de aprendizaje. Por tanto, la evaluación debe concebirse desde una perspectiva que trascienda la compilación de exámenes o tareas a un enfoque orientador del proceso de enseñanza y de aprendizaje, del recuerdo temporal de contenidos a la interiorización estructural de lo aprendido.

Por consiguiente, es necesario que el estudiante adquiera competencias que lo posicione como un ser crítico, y que aprenda a autoevaluarse de manera objetiva, que conozca técnicas que puedan ser transferidas o adaptadas en distintas situaciones de aprendizaje, incluso a través de su propia vivencia y con ello, sea consecuente y responsable de su aprendizaje (Tobón, 2018). En consideración a lo planteado, se desarrolló la presente investigación, la cual, tuvo como objetivo analizar el portafolio electrónico como estrategia de evaluación y su impacto en la mejora de la calidad del aprendizaje.

Metodología

Esta investigación se basó en una revisión documental de literatura publicada en inglés y español. Para llevar a cabo la búsqueda de información se utilizó el gestor de búsqueda Google Scholar, en el que se analizaron revistas archivadas en Scielo, Redalyc, Elsevier, entre otras. La revisión de la literatura conceptualmente enmarcó los aspectos relacionados sobre el portafolio electrónico y las estrategias de evaluación, por lo que uno de los criterios de inclusión considerados en todas las búsquedas, fue la relación entre el uso del portafolio electrónico como estrategia de evaluación y el impacto en la mejora de la calidad del aprendizaje. En este procedimiento, también se utilizó una matriz de términos en diversas combinaciones con unos y otros. Del mismo modo, se describieron los términos de búsqueda y sus categorías portafolio electrónico, estrategias de evaluación y, logro de aprendizajes; aparte términos como calidad del aprendizaje.

La búsqueda inicial en la base de datos arrojó 100 fuentes, incluyendo los artículos adicionales agregados al revisar las secciones de referencia de las diversas

fuentes. Después de descartar el duplicado de fuentes y literatura que no era relevante según el título, las fuentes se redujeron a 68 fuentes, las cuales, pasaron por título y resumen. En este punto y con el uso de los operadores booleanos, se identificaron 42 fuentes para una revisión completa, de los que se seleccionaron 18 que fueron analizados e incorporados al manuscrito de esta investigación. Las 82 fuentes restantes fueron excluidas, dada la poca relevancia y relación con el tema objeto de estudio.

Presentación y Discusión de los Resultados

Al analizar la literatura incluida en el desarrollo de la presente investigación se encontró que Gómez et.al (2019) y Gamboa et.al (2021) coinciden en que el e-portafolio permite un seguimiento longitudinal del proceso de aprendizaje del estudiante a lo largo del tiempo, lo que posibilita valorar la evolución del estudiante en su progreso y el desarrollo de competencias. Además, al involucrarlo activamente en el proceso de evaluación a través de la reflexión y autoevaluación de su aprendizaje, se fomenta su autonomía y pensamiento crítico.

Sumado a lo anterior, se tiene que la interacción entre estudiantes y docentes facilita la retroalimentación y orientación del aprendizaje, lo que mejora el proceso educativo al hacerlo más personalizado. Esta característica conlleva a deducir que la flexibilidad que presenta el e-portafolio facilita al estudiante incluir la amplia variedad de trabajos digitalizados lo que hace a la evaluación más completa debido a que involucra los diferentes tipos y estilos de aprendizaje.

Sin embargo, es importante señalar que no siempre es posible inferir las potencialidades y logros con base solamente a observaciones de la ejecución, ya que la variedad de contextos en los que los estudiantes se desplazan es muy amplia. Por tanto, habrá ocasiones en las cuales es necesario probar el conocimiento, independientemente de su ejecución, puesto que probablemente la base para la inferencia esté más allá de la situación real.

En lo atinente al impacto del uso del e-portafolio como estrategia de evaluación (Tipán, 2020 y Rubio et.al, 2020) plantearon que el e-portafolio permite una evaluación más auténtica y holística del aprendizaje del estudiante, ya que recopila su trabajo a lo largo del tiempo en diferentes formatos, dando una visión más integral de su progreso. Al ser electrónico, facilita la retroalimentación entre profesor-estudiante, a la vez que permite mayor accesibilidad y transportabilidad. En este sentido, su implementación requiere de una planificación cuidadosa para alinear objetivos, actividades de aprendizaje, estrategias para la reflexión y criterios para llevar a cabo la evaluación, de lo contrario, se corre el riesgo de no aprovechar todo su potencial.

Sobre este último aspecto Caicedo y Gallardo (2021), recomendaron que la implantación del e-portafolio, requiere del cumplimiento de una serie de acciones las cuales, están todas relacionadas, ya que normalmente son causa y consecuencia de las demás. Por tanto, la selección de trabajos que realiza el estudiante y el docente debe ser sistemática y de secuencia cronológica, lo cual, deben ir acompañado de

una narrativa reflexiva lo que le permite al estudiante una comprensión profunda del proceso de aprendizaje llevado a cabo. Este proceso permite una evaluación auténtica de las competencias y resultados complejos que son difíciles de evaluar con métodos tradicionales.

Del mismo modo, la literatura analizada pone de manifiesto la importancia de contar con estrategias de evaluación que permitan la autovaloración y por ende el cumplimiento de los propósitos de la evaluación. Evidentemente que el valor del portafolio reside en la capacidad que posee para estimular la investigación y la reflexión en los estudiantes, más aún, si se considera que en la actualidad se está proponiendo a nivel mundial los currículos basados en competencias, enfoque que aborda el concepto de evaluación socioformativa, la cual busca que los estudiantes desarrollen el talento y mejoren su formación de manera integral mediante la retroalimentación continua de sí mismos, de los docentes, directivos, padres y de la comunidad en general (Tobón, 2017,).

En la socioformación, el portafolio es considerado una estrategia de formación, evaluación y sensibilización para el cambio y la transformación social. No obstante, su empleo debe ceñirse a una serie de propósitos, tal como Tobón lo describe en la siguiente tabla:

Tabla 1.

Propósitos clave del empleo del portafolio en la socioformación

Sistematización de las evidencias	Tener las evidencias organizadas, con una descripción del momento en el cual se obtuvieron, los propósitos y el proceso de producción. Esto es clave para realizar metacognición en torno a los logros obtenidos, las dificultades superadas y los nuevos retos. Además, posibilita compartirlas con otras personas y comprender su naturaleza.
Valorar las evidencias desde diferentes perspectivas	Valorarlas evidencias desde diferentes perspectivas, tomando en cuenta al propio estudiante (autoevaluación), a los pares (coevaluación), al docente (heteroevaluación) y a la sociedad (socioevaluación), determinando logros y acciones para mejorar. Realizar la evaluación desde diferentes personas permite un juicio más comprensivo e integral de la actuación de los estudiantes.
Mejorar las evidencias	En todo portafolio se dan al menos dos oportunidades para mejorar una o varias evidencias. Estas oportunidades permiten el mejoramiento continuo y el desarrollo del talento de los estudiantes. En el mismo portafolio se documenta este proceso de mejoramiento.
Valorar el papel del estudiante como emprendedor	El portafolio se enfoca en abordar a los estudiantes como protagonistas de su formación, ya que les brinda flexibilidad para la documentación, sistematización, evaluación, mejora y socialización de las evidencias. Se permite que los estudiantes propongan adaptaciones a las evidencias o evidencias alternativas, siempre y cuando se cumpla con las metas formativas. También se motiva a los estudiantes a proponer mejoras a los instrumentos de evaluación

Gestión del conocimiento

Promover en los estudiantes el desarrollo de habilidades para buscar, organizar, adaptar, crear y aplicar el conocimiento en la resolución de problemas, considerando fuentes de información rigurosas o confiables.

Socialización de las evidencias

Buscar que los estudiantes compartan las evidencias y el proceso de elaboración de estas con sus propios pares, familia, institución educativa, comunidad y organizaciones, con el fin de mostrar los logros obtenidos, las dificultades superadas y las enseñanzas obtenidas. Esto es importante para inspirar a otras personas en la resolución de problemas que lleven a un mejoramiento de las condiciones de vida.

Resguardo de las evidencias

El portafolio permite resguardar mejor las evidencias para que no se pierdan y se puedan utilizar en otro momento.

Nota. Tobón, 2017, p. 46

Otro aspecto que resulta importante es el destacado por Trías y Huertas (2020), quienes sugirieron a la autorregulación académica como variable explicativa de los procesos de aprendizaje, puesto que ésta, defiende la perspectiva de que el proceso de aprendizaje ante una tarea concreta debe comenzar con un análisis simultáneo, tanto de tipo cognitivo (activación de las capacidades básicas, de los conocimientos previos), como motivacional (el fin que persigue el estudiante con la realización de la tarea, la percepción de capacidad para afrontarla, el control que cree que va a tener sobre los resultados). Si la valoración que el estudiante hace sobre todos estos elementos resulta positiva o retadora para él, entonces se pondrán en marcha los recursos necesarios de todo tipo (cognitivos, motivaciones y autorreguladores).

Como se puede apreciar, toda la literatura citada guarda estrecha relación con la investigación desarrollada, dado que describen y analizan las variables objeto de estudio, además, exponen las potencialidades que el portafolio electrónico ofrece al proceso de evaluación, sin embargo, sería interesante investigar ¿En qué grado se considera la institución innovadora en el proceso de evaluación de los aprendizajes?

Conclusiones

La presente revisión permitió concluir que el e-portafolio constituye una herramienta integral que, más allá de la evaluación, impacta de forma positiva en muchas áreas claves del proceso educativo principalmente en el aprendizaje del estudiante y como estrategia de evaluación auténtica y formativa.

Del mismo modo se encontró que el portafolio electrónico permite llevar a cabo un seguimiento del proceso de aprendizaje del estudiante a lo largo del tiempo. Esto posibilita valorar el progreso en el desarrollo de sus competencias.

El portafolio electrónico es una herramienta que posibilita involucrar activamente al estudiante en el proceso de evaluación a través de la reflexión y autoevaluación de su aprendizaje, todo ello, fomenta su autonomía y pensamiento

crítico. Asimismo, promueve la interacción entre estudiantes y docentes lo que facilita la retroalimentación y orientación del aprendizaje, permitiendo la mejora de la calidad educativa al hacerlo más personalizado.

Igualmente se describe que esta herramienta se apoya fundamentalmente en el paradigma constructivista, donde se le presenta al estudiante diversidad de oportunidades para aprender a partir de los resultados obtenidos en cada uno de los trabajos y evaluaciones que presentan durante todo el proceso de aprendizaje. Desde un enfoque constructivista la evaluación es considerada un proceso continuo y sistemático, que no se interesa solo por los resultados exclusivamente, sino por el desarrollo de procesos de construcción que efectúa el estudiante.

El desarrollo e implantación del uso del portafolio como estrategia de evaluación es considerado como buen punto de partida para poner a los estudiantes en el centro del proceso de aprendizaje y darles autonomía y responsabilidad en el mismo. En consecuencia, es responsabilidad de las IESS promover y apoyar el diseño de programas de estudio donde se planifiquen estrategias y metodologías que incentiven a los estudiantes a ser partícipes activos, reflexivos y críticos en el desarrollo de sus aprendizajes y por ende en la evaluación.

Referencias

- Barret, H. (2009). Equilibrio entre los distintos elementos del e-Portfolio. <http://electronicportfolios.org/balance>
- Brandes, D. y Ginnings, P. (1986). A Guide to Student-centred Learning. Oxford: Blacwell. Education International y European Student Union (2016). Time for a new paradigm in Education: Student-Centered Learning Toolkit. (scl Toolkit).
- Boekaerts, M., Maes, S., & Karoly, P. (2005). Self-regulation across domains of applied psychology: is there an emerging consensus? *Applied Psychology: An International Review*, 54(2), 149–154
<https://iaap-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1464-0597.2005.00201.x>
- Caicedo Vera, I., y Gallardo, K. (2021). El uso del portafolio como herramienta de evaluación de desempeño en Matemáticas. *Civilizar: Ciencias Sociales y Humanas*, 21(41), 69-80.
<https://www.redalyc.org/journal/1002/100272690007/html/>
- Coll, C., Martín, E., Mauri, T., Miras, M., Onrubia, J., Solé, I., & Zabala, A. (Coords.). (1993).
- European Higher Education Area (2015). Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area (esg 2015). <https://esu-online.org/publications/standards-guidelines-quality-assurance-european-higher-education-area-esg-2015/>
- Freire, J., y Brunet, K. S. (2016). Políticas y prácticas para la construcción de una Universidad Digital. *La cuestión universitaria*, (6), 85-94.
<http://polired.upm.es/index.php/lacuestionuniversitaria/article/view/3401>
- Gamboa Solano, Livieth, Guevara Mora, María Gabriela, Mena, Álvaro, & Umaña Mata, Ana Cristina. (2021). Aspectos para integrar el enfoque de resultados de aprendizaje en el diseño curricular universitario. *Revista Innovaciones Educativas*, 23(34), 150-165. <https://dx.doi.org/10.22458/ie.v23i34.3474>
- Gómez V, LE, Muriel M, LE y Londoño-Vásquez, DA (2019). El papel del docente para el logro de un aprendizaje significativo apoyado en las TIC. *Encuentros*, vol. 17, núm. 02, pp. 118-131, 2019 - Universidad Autónoma del Caribe. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4766/476661510011/html/>
- Rosales Cevallos, M. M. (2021). Diseño curricular por competencias y la calidad en la educación. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), 6544-6557. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4.783
- Rubio Lorenzo A, Rodríguez Camiño R, Hernández Pérez BM, Guanche Hernández M, Suárez Herrera L. El portafolio electrónico como herramienta para el aprendizaje en red. *Rev Panorama. Cuba y Salud [Internet]*. 2020 <http://www.revpanorama.sld.cu/index.php/rpan/article/view/>
- Suárez-Palacio, P. A., Vélez-Múnera, M., y Londoño-Vásquez, D. A. (2018). Las herramientas y recursos digitales para mejorar los niveles de literacidad y el rendimiento académico de los estudiantes de primaria. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (54), 184-198. Recuperado de: <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/990>
- Tipán Renjifo, D. M. (2021). El portafolio digital síncrono interactivo. *Revista Andina De Educación*, 4(1), 83–89. <https://doi.org/10.32719/26312816.2020.4.1.10>

- Tigse Parreño CM. (2019). El Constructivismo, según bases teóricas de César Coll. RAE [Internet]. 19 de abril de 2019 [citado 10 de diciembre de 2023];2(1):25-8. Disponible en: <https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/ree/article/view/659>
- Trías, Daniel y Huertas Juan Antonio (2020). Autorregulación en el Aprendizaje: Manual para el Asesoramiento Psicoeducativo. <https://libros.uam.es/uam/catalog/download/985/1792/1848?inline=1>
- Tobón, S. (2017). Evaluación Socioformativa: Estrategias e Instrumentos. Mount Dora (USA): Kresearch.
- Tobón, S. (2018). Prácticas pedagógicas esenciales para lograr el desarrollo social sostenible. México: CIFE, 2018. <https://cife.edu.mx/recursos/wp-content/uploads/2018/10/Ebook-Practicas-pedagogicas-esenciales.pdf>
- Zimmerman, B. J., & Moylan, A. (2009). Self-Regulation. Where metacognition and motivation intersect. In D. Hacker, J. Dunlosky, & A. C. Graesser (Eds.), Handbook of Metacognition in Education. New York: Routledge. <https://psycnet.apa.org/record/2010-06038-016>

Revista Científica Unanchay

Equipo editorial

Directora de la revista

PhD. Ana Teresa Berrios Rivas - Doctorado en Educación: Tecnología Instruccional y Educación a Distancia

<https://orcid.org/0000-0002-0101-176X>

Editor

MSc. Christian Patricio Cabascango Camuendo - Magíster en Diseño Mecánico con Mención en Fabricación de Autopartes

<https://orcid.org/0000-0002-4927-0832>

Secretaria

Lic. Noelia Betsabé Goldstein Molina - Licenciada en Ciencias Políticas y Sociales

<https://orcid.org/0000-0002-8883-782X>

Administrador Tecnológico

Ing. Christian David Moscoso G. -Ingeniero en Sistemas de la Información.

<https://orcid.org/0000-0003-1557-400X>

Diseñadora Gráfica

Tloga. Sandy Carapaz Chicaiza - Tecnóloga en Diseño Gráfico.

<https://orcid.org/0000-0001-9948-3898>

COMITÉ EDITORIAL

- Dr. Alcides Aranda. Doctor en Pensamiento Complejo y Construcción Transdisciplinaria del Conocimiento. Quito, Ecuador.
- PhD. Jose Andres Castillo Reyes. Doctor en Educación Superior. Quito, Ecuador.
- PhD. Raúl Gutiérrez Alvarez. PhD en Ingeniería Energética, Química y Ambiental. Riobamba, Ecuador.
- MSc. Johnny Marcelo Pancha Ramos. Magister en Sistemas Automotrices. Quito, Ecuador.
- M.Ed. Alirio Antonio Mejía Marín. Magister en Investigación Educacional. Barquisimeto, Venezuela
- MSc. Juan Fernando Iñiguez Izquierdo. Magister Gerencia y Liderazgo Educacional. Quito, Ecuador.
- Msc. María Mercedes Cambil Caruci. Magister Scientiarium en Sistemas de Información. Barquisimeto, Venezuela
- MSc. Franz Paul Guzmán Galarza. Magister en Seguridad salud y Ambiente. Quito, Ecuador.