

REVISTA N°6

cotopaxi**itech**

Ciencia, tecnología e innovación

ISSN 2806-5573



INSTITUTO SUPERIOR
UNIVERSITARIO
COTOPAXI



INSTITUTO SUPERIOR
UNIVERSITARIO
COTOPAXI

cotopaxitech
ISSN 2806-5573

La Revista Cotopaxi Tech es una publicación científica del Instituto Superior Universitario Cotopaxi, ubicado en la ciudad de Latacunga, Ecuador. La revista tiene como objetivo central constituirse en un medio de promoción de investigaciones formativas, académicas y científicas de instituciones de educación superior. Esta es una revista técnica - profesional multidisciplinar dirigida a académicos, profesionales y público interesado en el tema. Sus áreas de investigación son: gestión territorial, social y sanitaria, procesos de adaptación y mitigación al cambio climático, sostenibilidad y resiliencia agrícola, energías renovables y no renovables, diseño, construcción y mantenimiento industrial, optimización de procesos logísticos y transporte sostenible, procesos contables, costos y tributación, desarrollo integral en la primera infancia, innovación educativa en la formación técnica y tecnológica, emprendimiento e innovación educativa.

Equipo Editorial

Director general **Ángel Velásquez Cajas Ph.D.(c)**
Instituto Superior Universitario Cotopaxi - Ecuador

Editor general **Ángel Velásquez Cajas Ph.D.(c)**
Instituto Superior Universitario Cotopaxi - - Ecuador

Editor de sección **Mgs. Bolívar Cuaical Angulo**
Instituto Superior Universitario Cotopaxi- - Ecuador

Editora de sección **Mgs. Diana López Guzmán**
Instituto Superior Universitario Cotopaxi - - Ecuador

Editora de sección **Mgs. Diana Gutiérrez Jácome**
Instituto Superior Universitario Cotopaxi - - Ecuador

Editor de sección **Mgs. Daniel Ruiz Mesías**
Instituto Superior Universitario Cotopaxi - - Ecuador

Editora de sección **Mgs. Silvia Villacís Torres**
Instituto Superior Universitario Cotopaxi - Ecuador

Editora de sección **Mgs. Jenny Criollo Salinas**
Instituto Superior Universitario Cotopaxi - Ecuador

Editor asociado **Mgs. Francisco Chancúsig**
Universidad Técnica de Cotopaxi - Ecuador

Editor asociado **Mgs. Paolo Chasi Vizuete**
Universidad Técnica de Cotopaxi - Ecuador

Editor asociado **Mgs. Roberto Camana Fiallos**

Investigador independiente - Ecuador
Editor asociado **Mgs. Luis Fernando Buenaño Moyano**
Instituto Superior Universitario Carlos Cisneros - Ecuador
Editor asociado **Mgs. Celin Padilla Padilla**
Escuela Superior Politécnica del Chimborazo - Ecuador
Editor asociado **Mgs. Miguel Argoti Arcos**
Instituto Superior Universitario Central Técnico - Ecuador
Editora asociada **Mgs. Joyce Narváez Sarango**
Instituto Superior Universitario Central Técnico - Ecuador
Editor asociado **Mgs. Marco Jácome Guayaquil**
Jácome Arquitectos y Territorial Consulting
Editor asociado **Mgs. Daniel Valdivieso Simba**
Instituto Superior Universitario Central Técnico - Ecuador
Editor asociado **Mgs. José Beltrán Ruiz**
Instituto Superior Universitario Central Técnico - Ecuador
Editora asociada **MSc. Lorena Tello Mayorga**
Universidad Iberoamericana del Ecuador
Editor asociado **MSc. César Minaya Andino**
Instituto Superior Universitario Rumiñahui - Ecuador
Editora asociada **Mgs. Andrea Velasteguí Parra**
Instituto Superior Tecnológico Tungurahua - Ecuador
Editor asociado **Mgs. Fabricio Tipantocta Pillajo**
Instituto Superior Universitario Sucre - Ecuador
Editor asociado **Mgs. Luigi Freire Martínez**
Universidad Técnica de Cotopaxi - Ecuador
Editor asociado **Mgs. Byron Corrales Bastidas**
Universidad Técnica de Cotopaxi - Ecuador
Editor asociado **Mgs. Edgar Salazar Achig**
Universidad Técnica de Cotopaxi - Ecuador
Editor asociado **Mgs. Amparo Chirán Cuzco**
Instituto Superior Universitario Sucre - Ecuador
Editor asociado **Mgs. Víctor García Mora**
Escuela Superior Politécnica del Chimborazo - Ecuador

Comité científico **Marcelo García Sánchez Ph.D.**
Universidad Técnica de Ambato - Ecuador
Comité científico **Milton Hidalgo Achig Ph.D.(c)**
Instituto Superior Tecnológico Vicente León - Ecuador
Comité científico **Fabián Cobos Alvarado Ph.D.**
Universidad Estatal Península de Santa Elena - Ecuador
Comité científico **Raúl Cadena Palacios Ph.D.(c)**
Academia Latinoamericana de Derecho Penal y Penitenciario
Comité científico **Mercy Ilbay Yupa Ph.D.**
Universidad Técnica de Cotopaxi - Ecuador
Comité científico **Héctor Laurencio Alfonso Ph.D.**
Universidad Técnica de Cotopaxi - Ecuador

Normativa de autores

Cada artículo que se envíe para valorar su publicación deberá cumplir con los siguientes requisitos:

1. El autor para correspondencia tiene el consentimiento de todos los autores para el envío y la publicación del artículo que se ha enviado para evaluar.
2. Todos los autores han contribuido sustancialmente en el artículo sin omisión de ninguna persona, detallando la contribución de cada autor.
3. El artículo es original, no ha sido publicado previamente y no se ha enviado simultáneamente para su evaluación a otra revista (quedan excluidas de este punto las presentaciones en congresos científicos).
4. El artículo no contiene material inédito copiado de otros autores sin consentimiento de estos.
5. Todos los datos incluidos en el artículo que proceden de trabajos previos han sido referidos, independientemente de que provengan o no de los mismos autores. Si el artículo sometido a valoración es un subanálisis de un proyecto que ya ha generado una publicación previa, esta se debe citar siempre.
6. Si alguno de los puntos anteriores no se cumple, los autores deben notificar inmediatamente a la revista para retirar la publicación.
7. Cotopaxi Tech se reserva el derecho de devolver a los autores los artículos que no cumplan con las normas previamente descritas.

Sistema de arbitraje

Todos los artículos serán consignados a la base de datos de la página web de la revista que garantiza el registro electrónico y auditable de las interacciones entre la publicación y los autores. Una vez consignados, el consejo de editores revisa que los artículos originales cumplan con las normas de autores establecidas.

Luego que estos artículos pasen la primera revisión (informe de similitud a través de plag.es), pasarán a la revisión del sistema arbitral de doble par anónimo (double blind peer review) quienes garantizan su experticia en el proceso y que no pertenecen a la institución de los autores.

A través de este proceso, se garantiza el anonimato de documentos, autores, y revisores, certificando la transparencia, objetividad e imparcialidad del proceso de revisión. El promedio de tiempo para la revisión de artículos será de 5 semanas.

Código de ética

Según National Research Council of the National Academies, la integridad de la investigación puede definirse como una serie de buenas prácticas que incluyen:

- Honestidad intelectual para proponer, ejecutar y presentar los resultados de una investigación.
- Detallar con precisión las contribuciones de los autores a las propuestas de investigación y/o sus resultados.
- Ser justo en la revisión de artículos científicos (proceso de revisión por pares o peer review).
- Favorecer la interacción entre las distintas comunidades científicas y el intercambio de recursos.

- Transparencia en los conflictos de intereses.
- Protección de las personas que intervienen en las investigaciones.
- El cumplimiento de las responsabilidades mutuas entre los investigadores y los participantes de una investigación.

La mayoría de los autores y de las instituciones no tratan el tema de la integridad de las investigaciones, ya que no se duda de que la comunidad científica cumpla las normas de la buena práctica; sin embargo, la presión por la publicación puede llevar a que no se sigan los estándares de calidad adecuados y, en algunos casos extremos, se llegue a lo denominado en la literatura como "FFP, que hace alusión a la fabricación, falsificación o plagio al proponer, llevar a cabo o revisar una investigación, así como en la publicación de los resultados.

Esta revista está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.



ISSN: 2806-5573

Dirección:

Instituto Superior Universitario Cotopaxi, Parroquia Tanicuchí Panamericana E35
Km.12, vía Latacunga - Quito. CP: 050112

Contacto: cotopaxitech@istx.edu.ec

Website: <http://ojs.istx.edu.ec>

INCIDENCIA DEL PARQUE AUTOMOTOR EN EL ÁMBITO PRODUCTIVO DEL CANTÓN LA MANÁ

Héctor Arnulfo Chacha Armas
hectorch-1967@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8767-5478>
Instituto Superior Tecnológico La Maná - Ecuador

Verónica Victoria Viteri Barrionuevo
vviteri@istllamana.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7691-2483>
Instituto Superior Tecnológico La Maná- Ecuador

Marcelo Andrés Merino Yáñez
mmerino94@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4431-7981>
Instituto Superior Tecnológico La Maná - Ecuador

Recibido: 03/11/23
Aceptado: 20/12/23
Publicado: 01/01/24

RESUMEN

La investigación se enfoca en realizar un análisis del sector automotor del cantón La Maná y su influencia en el ámbito productivo. Los componentes considerados son cantidad de vehículos, almacenes de repuestos automotrices, eléctricos y electrónicos, talleres de mantenimiento y reparación, talleres de enderezada y pintura, lavadoras y lubricadoras. Además, se analiza el rol que los vehículos desempeñan dentro de la economía local, ya sea transportando pasajeros o carga. El estudio abarca la actividad doméstica cotidiana, comercial y la transportación de la producción agrícola a gran escala de banano, cacao y tabaco, hacia los puertos marítimos de Guayaquil, Manta o Machala, para ser exportada a mercados internacionales como Estados Unidos, Europa, Asia, Argentina y Chile. En la ejecución del estudio se aplicó el método analítico, iniciándose con la recolección de información por medio de encuestas y entrevistas a los involucrados; se tabularon y graficaron los datos para obtener mediciones estadísticas, lo que permite visualizar de manera objetiva las relaciones esenciales existente entre las variables y las características fundamentales que explican el fenómeno. El estudio demuestra que, en La Maná, durante al año 2023, se matricularon 20.447 vehículos. Además, se asevera que existen 57 negocios involucrados directamente con el ámbito automotriz que generan 1.177 plazas de trabajo. También, se afirma que existen 22 compañías de transporte masivo con 628 unidades. lo que produce un movimiento económico superior a los once millones de dólares.

PALABRAS CLAVE: parque automotor, producción, transporte.

IMPACT OF THE VEHICLE FLEET ON THE PRODUCTIVE SECTOR IN THE CANTON OF LA MANÁ

ABSTRACT

The research focuses on an analysis of the automotive sector in the canton of La Maná and its influence on the productive sector. The components considered are the number of vehicles, automotive, electrical and electronic spare parts stores, maintenance and repair shops, straightening and painting shops, washing and lubricating machines. In addition, the role that vehicles play in the local economy, whether transporting passengers or cargo, is analyzed. The study covers daily domestic and commercial activities and the transportation of large-scale agricultural production of bananas, cocoa and tobacco to the seaports of Guayaquil, Manta or Machala for export to international markets such as the United States, Europe, Asia, Argentina and Chile. In the execution of the study, the analytical method was applied, starting with the collection of information through surveys and interviews with those involved; the data were tabulated and graphed to obtain statistical measurements, which allows to visualize in an objective way the essential relationships existing between the variables and the fundamental characteristics that explain the phenomenon. The study shows that 20,447 vehicles were registered in La Maná in 2023. In addition, it is stated that there are 57 businesses directly involved in the automotive sector that generate 1,177 jobs. It is also stated that there are 22 mass transportation companies with 628 units, which produce an economic movement of more than eleven million dollars.

KEY WORDS: vehicle fleet, production, transportation.

1. INTRODUCCIÓN

Es incuestionable que el sector automotriz tiene un rol protagónico dentro de la economía local, nacional y mundial. Su desarrollo genera ingresos fiscales de manera directa, vía aranceles e impuestos por la comercialización de unidades, adquisición de repuestos e insumos y, de manera indirecta, creando fuentes de empleo. Cada vez que se utiliza un vehículo en los distintos procesos de producción, así como en las actividades relacionadas al comercio, el transporte de pasajeros y mercadería, hace que el sector incremente su tamaño continuamente. Hasta la presente fecha, no se ha realizado un estudio que permita dimensionar, de manera objetiva, la incidencia del parque automotor en el ámbito productivo del cantón. Por tal motivo, la carrera de Mecánica Automotriz del Instituto Superior Tecnológico La Maná, presenta esta investigación que dimensiona de manera adecuada, el protagonismo del sector vehicular en todas las actividades que desarrolla cotidianamente la población del cantón, cuantificando la cantidad de negocios directamente relacionados al sector, los puestos de trabajo generados, las compañías y cooperativas de transporte creadas y el monto del movimiento económico anual.

La transportación está íntimamente relacionada a la logística que, en conjunto, han generado transformaciones históricas en el comercio, la inversión y la movilidad humana a escala mundial. El transporte de personas y mercaderías a lo largo del tiempo y la accesibilidad a nuevos territorios son el núcleo central de los cambios estructurales de la economía y la integración regional. Las nuevas oportunidades comerciales y de inversiones son, en gran medida, el resultado de grandes avances en infraestructura vial para facilitar el transporte y la generación de innovaciones en el ámbito de la logística, lo que ha facilitado la movilidad y el acceso a nuevos mercados, a nuevos recursos físicos y humanos. Gran parte del flujo de las actividades económicas, sociales y productivas, se derivan de una eficiente gestión logística y de los medios de transporte con que cuenta un poblado, una región o un estado. Pero también, se debe recordar que junto a al impacto positivo que se esparce sobre la economía y la sociedad, los medios de transporte también originan efectos negativos como la congestión vehicular, la contaminación por polución o ruido, los accidentes de tránsito, entre otros. Las actividades relacionadas a la transportación requieren un conjunto de atributos operativos y técnicos exclusivos como costos operativos, capacidad, eficiencia, fiabilidad y velocidad. En la actualidad los sistemas de transporte evolucionan aceleradamente para mantenerse competitivos y eso depende en gran medida de la infraestructura vial, la oferta y la demanda y la capacidad operativa de las flotas (Díaz, 2020).

El rol que desempeña el transporte en la economía atrae la creciente atención científica y política; continuamente se generan discusiones en la comunidad académica que hablan de las consecuencias en el ámbito social y productivo, medioambiental, la ingeniería y el desarrollo tecnológico. Un estudio realizado por la Universidad del Azuay muestra que los gastos en combustibles y lubricantes, gastos de mantenimiento y reparación, entre otros son los que

contribuyen más a la producción de las empresas y negocios que tienen que ver con el ámbito automotriz (Mocha, 2023).

Para el análisis se utilizó la información publicada por el INEC en el Anuario Estadístico de Transportes 2022, el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón La Maná 2019 - 2023, los datos del portal Ecuador en Cifras y se complementó con proyectos relevantes ejecutados con anterioridad en otras ciudades del país, para establecer la importancia del sector en relación a la economía nacional, a la industria manufacturera, al comercio de bienes y servicios y toda actividad que utilice medios de transporte.

En el Plan de Desarrollo de Ordenamiento Territorial del GAD Municipal del cantón La Maná, el componente económico productivo muestra el análisis realizado a las principales actividades comerciales del cantón y la relación entre los factores productivos que intervienen y fomentan la economía del territorio. En este apartado, se hace énfasis en los tres sectores que cumplen con este rol: primario (actividades agropecuarias); secundario (industrial, artesanía y manufactura); y terciario (comercio al por mayor y menor y otros servicios). En todas estas áreas, el sector automotor, tiene un papel preponderante tanto vehículos particulares, como aquellos que se encuentran asociados en compañías y cooperativas, apoyan de manera directa al desarrollo de las actividades productivas, dinamizando la economía de la población en general (GAD La Maná, 2024).

2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS / MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar la incidencia del sector automotor en el ámbito productivo del cantón La Maná, se empleó el método analítico, que permite analizar el fenómeno que se estudia, descomponiéndolo en sus elementos básicos (Lopera, 2010). Los considerandos fueron cantidad de vehículos, negocios relacionados al sector automotriz, número de compañías de transporte, plazas de trabajo generadas y movimiento económico anual. Se continuó con la obtención de pruebas para validar el razonamiento previamente establecido (el parque automotor si influye en el ámbito productivo del cantón), a través de la recopilación de información proporcionada por la Mancomunidad de Tránsito de Cotopaxi Agencia La Maná, las encuestas y entrevistas a los involucrados. También, se empleó el método descriptivo para evaluar las poblaciones y situaciones particulares del objeto de estudio, mediante la recopilación, tabulación y gráfica estadística de datos cuantificables.

3. RESULTADOS

Para la contextualización, en primer lugar, se investigó el volumen de ventas de vehículos por marcas en el Ecuador durante el año 2023. Según la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), de enero a septiembre del 2023 se vendieron 102.727 vehículos nuevos en todo el país. La incertidumbre del proceso electoral hizo que en los últimos meses las ventas sufrieran una ralentización, pero esto no impidió que entre los meses de enero a septiembre el nivel de ventas se equiparara al año 2018 previo a la pandemia, donde las ventas alcanzaron 102.477 (Universo, 2023). Es necesario resaltar que en el mismo período

Chacha Armas, H., Viteri Barrionuevo, V. y Merino Yáñez, M. (2023). Incidencia del parque automotor en el ámbito productivo del cantón La Maná. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 1-12. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/114>
enero - junio (2024) ISSN 2806-5573

(enero a septiembre del 2022) el sector ya superó las ventas del 2019 (año en el cual el mundo sufrió la pandemia del COVID-19, con 100.357 unidades vendidas, mientras que en el mismo periodo del 2019 se comercializaron 100.238 vehículos.

En la actualidad, la venta de vehículos nuevos de todo tipo como son automóviles, SUV, camionetas, vans, buses y camiones, está liderada por la marca Chevrolet con 18.186 unidades. A continuación, le siguen la marca Kia con 17.385 unidades, Toyota con 7.155, Hyundai con 5.587 y Chery con 5.214. Estos datos se plasman en la Tabla 1.

Tabla 1

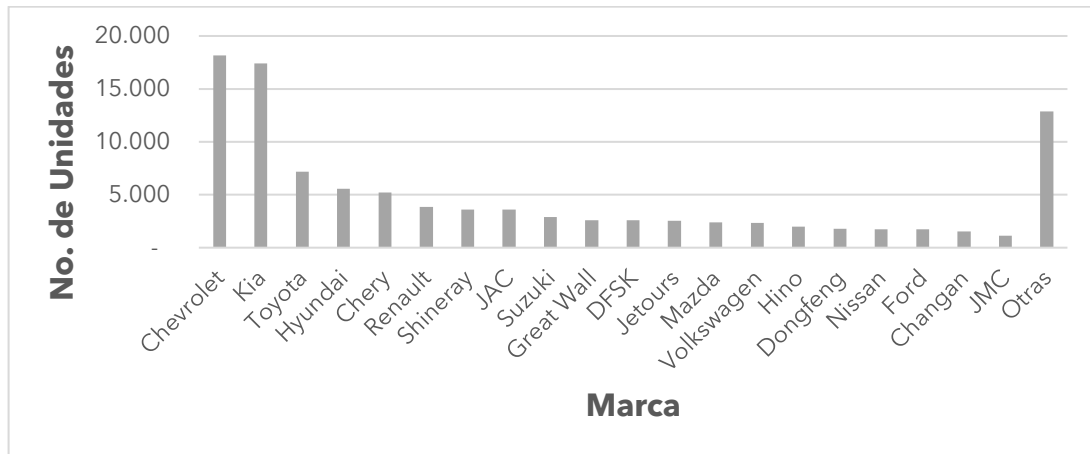
Marcas de vehículos más vendidas en Ecuador de enero a septiembre del 2023.

No.	MARCA	UNIDADES	%
1	Chevrolet	18.186	17,70%
2	Kia	17.385	16,92%
3	Toyota	7.155	6,97%
4	Hyundai	5.587	5,44%
5	Chery	5.214	5,08%
6	Renault	3.868	3,77%
7	Shineray	3.604	3,51%
8	JAC	3.601	3,51%
9	Suzuki	2.891	2,81%
10	Great Wall	2.589	2,52%
11	DFSK	2.574	2,51%
12	Jetours	2.564	2,50%
13	Mazda	2.366	2,30%
14	Volkswagen	2.358	2,30%
15	Hino	2.005	1,95%
16	Dongfeng	1.779	1,73%
17	Nissan	1.748	1,70%
18	Ford	1.714	1,67%
19	Changan	1.553	1,51%
20	JMC	1.128	1,10%
21	Otras	12.858	12,52%
	TOTAL	102.727	100,00%

Fuente: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE). Elaborado por los autores.

Figura 1

Vehículos más vendidos en Ecuador de enero a septiembre del 2023.



Fuente: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE). Elaborado por los autores.

El siguiente paso fue determinar, con la mayor precisión posible, la cantidad de vehículos que existen actualmente y las proyecciones hasta el año 2030. En el artículo "Caracterización del Parque Automotor del Cantón La Maná" publicado por los mismos autores de este artículo, se realizaron proyecciones de crecimiento poblacional y vehicular en el cantón entre los años 2020 y 2030, tomando como base las estadísticas publicadas por el INEC y empleando la regresión lineal y coeficiente de correlación de Pearson, datos que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

Proyección de crecimiento poblacional y vehicular del Cantón La Maná 2020 - 2030

AÑO	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
HABITANTES	56.905	58.037	59.371	60.704	62.038	63.372	64.706	66.039	67.373	68.707	70.040
HAB./VEHI.	6,8	6,3	6,0	5,7	5,4	5,2	4,9	4,6	4,3	4,1	3,8
TOTAL, VEHI.	8423	9245	9896	10610	11397	12269	13241	14330	15558	16955	18559

Fuente: Chacha Armas, Viteri Barrionuevo y Merino Yáñez, 2023.

Una segmentación de la transportación masiva y de carga, se encuentra publicada en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón La Maná (GAD Municipal, 2021) y se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3

Modalidades de transportación masiva del cantón La Maná.

TIPO	COMPAÑÍAS COOPERATIVAS	UNIDADES
Carga Pesada	4	78
Carga Liviana	4	70
Interinstitucional	1	52
Taxis	4	75
Interprovincial	2	95
Intraprovincial	1	29
Intracantonal	2	33
Tricimotos/mototaxis	4	196
TOTAL		628

Fuente: Permisos de operación - Mancomunidad de Tránsito. Elaborado por los autores.

La Empresa Pública de Movilidad Mancomunidad de Tránsito de Cotopaxi, Agencia La Maná, manifiesta que durante el año 2023 fueron matriculados 20.447 vehículos, pero hace hincapié que no todos son de esta ciudad, pues muchos son de poblaciones cercanas como Valencia, Quevedo, Pangua, Moraspungo, Velasco Ibarra entre otras. Por lo tanto, se requiere depurar los registros para conocer exactamente cuántos vehículos pertenecen a este cantón. De esa manera, se podría contrastar adecuadamente con los datos de crecimiento proyectados.

Ahora, el enfoque se centra en el movimiento económico que generan los medios de transporte, tanto de carga como de pasajeros, la incidencia de negocios conexos dedicados a la venta de insumos y repuestos, los talleres de mantenimiento y reparación y el aporte que brinda el parque automotor a las actividades agropecuarias, industriales, artesanales y de manufactura, al comercio por mayor y menor y al sector de los servicios. Para esto, se realizó el levantamiento de información mediante encuestas y entrevistas a los involucrados (SRI, GAD Municipal, Mancomunidad de Tránsito y Compañías de Transporte), para luego tabular los datos, elaborar gráficas y determinar los resultados obtenidos.

Las actividades complementarias que son esenciales para mantener operativos a los vehículos son: comercialización de repuestos, llantas, baterías, herramientas, reparación y mantenimiento mecánico, eléctrico y electrónico, enderezada y pintura, lavada engrasada y pulverizadas, entre otros. Para obtener esta información, se recurrió al GAD Municipal del cantón La Maná, donde se obtuvo el registro de las patentes municipales que permiten el funcionamiento de estos comercios, los datos se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4

Negocios relacionados con el sector automotor del cantón La Maná.

Tipo de Negocio	Cantidad
Venta de repuestos automotrices	12
Venta de repuestos para motos y mototaxis	19

Arreglo y mantenimiento de vehículos	17
Arreglo y mantenimiento de mototaxis y motos	14
Electromecánicas	6
Talleres de enderezada y pintura	9
Comercializadora de llantas	5
Lavadoras y lubricadoras	17
Alineación y balanceo de ruedas	3
Tapicerías	7
Auto lujos	5
Vulcanizadoras	8
Gasolineras	3
TOTAL	57

Fuente: GAD Municipal de La Maná. Elaborado por los autores.

Según el PDOT, el año 2020, La Maná contaba con una Población Económicamente Activa (PEA) de 21.922 personas, concentradas en el sector primario de la economía, puntualmente en actividades agropecuarias, como la silvicultura, la caza y la pesca con un 52%. Esto demuestra que este sector de la provincia es eminentemente agrícola; le siguen en importancia las actividades de comercio al por mayor y menor en cuyo ámbito se ocupa el 12% de la PEA y un 9% en actividades secundarias como la industrias y la manufactura. Las actividades involucradas en el sector terciario de servicios en conjunto representan el 39% de ocupación de la mano de obra. Finalmente, el sector del transporte representa el 5,37% del PEA, tal como se visualiza en la Tabla 5.

Tabla 5

Población ocupada por rama de actividad.

Sector	Ocupación	Personas	%
Primario	Agricultura, silvicultura, caza y pesca	11.292	51,51%
	Explotación de minas y canteras	142	0,65%
Secundario	Industrias manufactureras	954	4,35%
	Manufactura	967	4,41%
Terciario	Comercio al por mayor y menor	2.649	12,08%
	Transporte y almacenamiento	1.177	5,37%
	Construcción	793	3,62%
	Actividades de alojamiento y servicio de comidas	680	3,10%
	Enseñanza	562	2,57%
	Actividades de los hogares como empleadores	537	2,45%
	Administración pública y defensa	489	2,23%
	Otras actividades de servicios	457	2,08%
	Otros	1.224	5,58%

Fuente: PDOT del cantón La Maná. Elaborada por los autores.

El último análisis se enfoca en determinar el movimiento económico que el sector de la transportación masiva de personas y carga generan en el cantón, tomando como base los datos de la Tabla 6.

Tabla 6

Incidencia económica de la transportación masiva de carga y pasajeros.

Tipo	Compañías	Total, Unidades	Viajes por semana	Ingresos por viaje	Ingreso Semanal	Ingreso Mensual	Ingreso Anual
Carga Pesada	4	78	234	200	46.800	187.200	2.246.400
Carga Liviana	4	70	1680	10	16.800	67.200	806.400
Interinstitucional	1	52	624	30	18.720	74.880	898.560
Taxis	4	75	10500	1,5	15.750	63.000	756.000
Interprovincial	2	95	570	175	99.750	399.000	4.788.000
Intraprovincial	1	29	348	30	10.440	41.760	501.120
Inter cantonal	2	33	396	23	9.108	36.432	437.184
Tricimotos	4	196	54880	0,4	21.952	87.808	1.053.696
TOTAL					39.320	957.280	11.487.360

Fuente: PDOT del cantón La Maná e investigación de campo. Elaborado por los autores.

Los datos plasmados en la tabla anterior se basan en promedios de acuerdo a la información recolectada por los investigadores en cada una de las compañías, sobre el número de viajes que realizan diariamente y las tarifas que cobran. Con los datos plasmados en los cuadros anteriores como la proyección de crecimiento vehicular anual y el nivel de ingresos generados por los distintos tipos de transportes más los negocios conexos que permiten mantener operativo el parque de vehículos del cantón La Maná, se formulan resultados de la incidencia que tiene el parque automotor en el ámbito productivo del cantón, resultados que se muestran a continuación.

En este mismo sentido, los datos de la Tabla 1, muestran que la venta de vehículos nuevos en el Ecuador, en los primeros 9 meses del año 2023, superaron las ventas del año 2018 previo a la pandemia del COVID 19. Esto indica que este sector de la economía se encuentra en permanente crecimiento. En el año 2023, al cantón La Maná se incorporaron 714 vehículos nuevos, (Tabla 2), lo que representa un incremento del 7,22%, valor que se aproxima a la tendencia nacional, donde cada 10 años el número de vehículos se duplica.

Las compañías y cooperativas de transportes, más los negocios conexos al sector automotor mostrados en las Tablas 3 y 4, demuestran que el 2020 generaban 1.177 plazas de trabajo (Tabla 5). Si se calcula el cociente entre la población total sobre la PEA ocupada y extrapolamos este valor al presente año, se tiene: $21922/5695=0.385$ (año 2020); $62038 \times 0.385=23884$ (año 2024). La PEA ocupada actual sería 23.884 personas; al multiplicar este valor por 5,37% (que representa el sector del transporte de la Tabla 5, se obtiene como resultado que, durante el 2024, en el sector automotor, laboran aproximadamente de 1.283 personas.

Finalmente, el análisis muestra que los ingresos anuales de la transportación masiva de carga y pasajeros del parque de vehículos del cantón La Maná superan

los 11,4 millones de dólares por año, rubro importante si se considera que es el sustento de más de mil familias relacionadas a esta actividad.

4. DISCUSIÓN

El parque automotor tiene un papel protagónico en el ámbito productivo y económico del cantón. Su importancia radica en el hecho que, gracias a este sector, la producción, mayormente agropecuaria, como banano, orito, cacao y tabaco es transportada a los puertos marítimos para que sea comercializada en los mercados internacionales. También, la producción primaria de carne y leche con sus derivados se traslada a mercados de las provincias de Los Ríos, Guayas y Manabí.

El continuo incremento de vehículos de todo tipo en el cantón ha motivado la creación de actividades y negocios conexos, que tienen como propósito facilitar la adquisición de insumos, repuestos y accesorios, así como la provisión de servicios de reparación y mantenimiento. Todo esto, con la premisa de mantener operativo el parque de vehículos para que la producción no se detenga.

Las actividades, directas como indirectas, relacionadas con este sector, indudablemente generan plazas de trabajo. Por lo tanto, es imperativo contar con mano de obra calificada, ya que los autos modernos tienen tecnología de punta. Para solventar esta necesidad, el Instituto Superior Tecnológico La Maná, implementó la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz. De esta manera, se genera una nueva alternativa académica para la juventud lamanense.

5. CONCLUSIONES / CONSIDERACIONES FINALES

La incidencia del parque automotor en el ámbito social y productivo del cantón es preponderante, ya que genera fuentes de empleo y un movimiento económico de gran magnitud. El aparato productivo del cantón La Maná, se sustenta en la producción y exportación de productos primarios, especialmente agrícolas. En este marco, se requiere contar con un parque automotor que esté operable en todo momento. De esta manera, se garantiza que los productos lleguen a su destino dentro del tiempo y los plazos previstos, evitando su deterioro.

Las instituciones locales, provinciales y nacionales deben enfocarse en desarrollar planes de infraestructura vial adecuada que garanticen la transitabilidad vehicular de manera ordenada y segura. Como se ha demostrado, los vehículos juegan un papel preponderante en el desarrollo de las actividades productivas del cantón. El parque automotor contribuye con el pago de aranceles por compra de unidades, repuestos o servicios de mantenimiento y matriculación vehicular. Estos valores deben ser revertido en vías seguras.

Los vehículos modernos son verdaderas maravillas mecánicas que requieren un nivel de conocimiento científico y tecnológico elevado para su mantenimiento. En tal virtud, es necesario contar con mano de obra calificada y esto solo lo garantiza una Institución de Educación Superior como el Instituto Superior Tecnológico La Maná.

6. REFERENCIAS

- Cárdenas, E. &. (Noviembre de 2006). *Repositorio Digital de la Escuela Politécnica Nacional*. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/502>
- Díaz, D. (2020). Transporte y Logística en la Economía Mundial. *Revista de Economía Mundial*, 1.
- Escobar, C. &. (12 de 2018). *Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16779>
- GAD La Maná. (19 de Abril de 2021). *Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de La Maná 2023-2027*. <https://lamana.gob.ec/download/plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-del-canton-la-mana/>
- GAD La Maná. (28 de 1 de 2024). *GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN LA MANÁ*. <https://drive.google.com/file/d/1bx58MwMGBVrQPAzKCOt3TliwZJSYa8eH/view>
- GAD Municipal. (19 de 04 de 2021). *Gobierno Autónomo Descentralizado de La Maná 2023-2027*. <https://lamana.gob.ec/download/plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-del-canton-la-mana/>
- INEC. (Noviembre de 2021). *Anuario de Estadísticas de Transporte (ANET) 2020*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2020/2020_ANET_METODOLOG%C3%8DA.pdf
- INEN. (2017). *Servicio Ecuatoriano de Normalización*. <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2016/12/PROYECTO-A2-NTE-INEN-2204.pdf>
- INEN. (2017). *Servicio Ecuatoriano de Normalización*. <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2016/12/PROYECTO-A2-NTE-INEN-2207.pdf>
- Lopera, J. R. (2010). El Método Analítico como Método Natural. *Nómadas*, 5-10.
- Mocha, K. P. (2023). Productividad del sector transporte en el Ecuador, un análisis empírico del periodo 2012 - 2021. *INNOVA RESEARCH JOURNAL*, 1. <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/2322>
- OMS. (2018). *Organización Panamericana de la Salud*. https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14303:9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0
- Chacha Armas, H., Viteri Barrionuevo, V. y Merino Yáñez, M. (2023). Incidencia del parque automotor en el ámbito productivo del cantón La Maná. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 1-12. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/114>
enero - junio (2024) ISSN 2806-5573

Universon, E. (20 de 10 de 2023). *eluniverso.com*.

<https://www.eluniverso.com/noticias/economia/estos-son-los-vehiculos-mas-vendidos-en-ecuador-hasta-septiembre-del-2023-nota/>

JUEGO SIMBÓLICO COMO HERRAMIENTA PEDAGÓGICA PARA ESTIMULAR CREATIVIDAD EN NIÑOS DE 4 A 5 AÑOS

Génesis Elizabeth Chugá Fuentes
gchuga@institutovicentefierro.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8750-091X>
Instituto Superior Tecnológico Vicente Fierro - Ecuador

Mayra Alejandra Gualoto Guerrero
mgualoto@institutovicentefierro.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5922-0798>
Instituto Superior Tecnológico Vicente Fierro - Ecuador

Sandy Patricia Villarreal Almeida
svillarreal@institutovicentefierro.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5754-2811>
Instituto Superior Tecnológico Vicente Fierro - Ecuador

Recibido: 14/11/23

Aceptado: 20/12/23

Publicado: 01/01/24

RESUMEN

La presente investigación se realizó para analizar el uso de juegos simbólicos como herramienta pedagógica para estimular la creatividad en niños de 4 a 5 años en la Escuela de Educación Básica Mundo Feliz. La metodología empleada parte desde un enfoque cuali - cuantitativo, mediante investigaciones de tipo bibliográfica, de campo y descriptiva. Para la recopilación de información se utilizó como instrumento principal la ficha de observación mediante escala de Likert. Los resultados encontrados muestran que el juego simbólico en los niños de 4 a 5 años, destaca por su satisfacción, imitación de acciones y moderada motivación competitiva. Sin embargo, aspectos como planificación, descentración y sustitución son menos frecuentes. En cuanto a la creatividad, muestran niveles intermedios a altos en desarrollo intelectual y perceptivo, pero moderado en lo estético; enfatizan áreas como atención a estímulos nuevos y apreciación creativa. Se concluye que existe una correlación positiva y significativa $Rho = 0,716$, entre el juego simbólico y la creatividad en los niños en estudio. Así, se confirma que el uso del juego simbólico, como herramienta educativa, ha generado efectos positivos en la estimulación de la creatividad.

PALABRAS CLAVE: juego simbólico, herramienta pedagógica, creatividad.

SYMBOLIC PLAY AS A PEDAGOGICAL TOOL TO STIMULATE CREATIVITY IN CHILDREN FROM 4 TO 5 YEARS OLD

ABSTRACT

This research was carried out to analyze the use of symbolic games as a pedagogical tool to stimulate creativity in children from 4 to 5 years old at the Mundo Feliz Basic Education School. The methodology used is based on a qualitative-quantitative approach, through bibliographic, field and descriptive research. The main instrument used for the collection of information was the observation sheet using a Likert scale. The results found show that symbolic play in children from 4 to 5 years of age stands out for its satisfaction, imitation of actions and moderate competitive motivation. However, aspects such as planning, decentration and substitution are less frequent. Regarding creativity, they show intermediate to high levels of intellectual and perceptual development, but moderate levels of aesthetic development; they emphasize areas such as attention to new stimuli and creative appreciation. It is concluded that there is a positive and significant correlation $Rho = 0.716$, between symbolic play and creativity in the children under study. Thus, it is confirmed that the use of symbolic play, as an educational tool, has generated positive effects in the stimulation of creativity.

KEY WORDS: symbolic play, pedagogical tool, creativity.

1. INTRODUCCIÓN

Los juegos, ya sean practicados de manera individual o en grupo, han formado parte inherente de la vida humana desde sus inicios. Esta actividad posee la capacidad de fomentar diversas habilidades, tanto físicas como mentales, en todos los individuos. En el caso de los niños, el juego estimula la imaginación y la creatividad innata, promoviendo así el desarrollo de sus capacidades, habilidades y destrezas cognitivas y motrices (Gonzales et al., 2022). El juego se caracteriza por su carácter simbólico, lo que les otorga a los niños la capacidad de representar acciones, objetos y personajes que no tienen una existencia real. Esta dinámica les posibilita explorar, expandir su pensamiento y emplear su creatividad (Reategui, 2023).

La problemática que enfrenta la Escuela de Educación Básica Mundo Feliz, con respecto a la falta de una base sólida para fomentar las habilidades creativas y aptitudes en niños de 4 a 5 años, se centra en la ausencia de herramientas y recursos de juegos simbólicos en la institución, ocasionada por el desconocimiento sobre la importancia de esta estrategia pedagógica para el desarrollo de los niños en varios aspectos de su vida. Esto se erige como un obstáculo significativo que afecta el desarrollo integral de los niños en esta etapa crucial de su formación. Es esencial entender que el juego simbólico es fundamental para el desarrollo cognitivo, emocional, social y físico. A través del juego simbólico, los niños exploran, experimentan, crean y descubren el mundo que les rodea; además, les brinda la oportunidad de expresarse libremente, desarrollar su imaginación, resolver problemas, tomar decisiones y trabajar en equipo. No obstante, la ausencia de herramientas y recursos de juegos simbólicos en la institución limita gravemente estas oportunidades. A largo plazo, esta situación podría resultar perjudicial en la vida de estos niños, limitando sus oportunidades para exhibir sus habilidades creativas.

Esta investigación se justifica, por su pertinencia, al abordar los juegos simbólicos como herramienta pedagógica para estimular la creatividad en niños. La relevancia social se manifiesta en los beneficios directos que aporta a los estudiantes de niveles iniciales, al presentar un diagnóstico de la situación actual, para que se puedan establecer estrategias de mejora en la calidad educativa. Desde una perspectiva teórica, este estudio contribuye al conocimiento existente, al contextualizar enfoques teóricos mediante una revisión exhaustiva de información bibliográfica actualizada. Esta revisión sustenta un marco teórico sólido, respaldado por teorías fiables y pertinentes.

Es así que, se estableció como principal objetivo: analizar el uso de juegos simbólicos como herramienta pedagógica para estimular la creatividad en niños de 4 a 5 años en la Escuela de Educación Básica Mundo Feliz. Como objetivos específicos se plantearon: la identificación de características de juegos simbólicos como herramienta pedagógica en el desarrollo de la creatividad en niños, por medio de dimensiones e indicadores que permiten evaluar a los niños de la escuela

objeto de estudio; organizar la información resultado del análisis estadístico que permita medir si el uso de los juegos simbólicos estimula la creatividad, esta información se presenta a través de tablas y gráficos y se prueba la relación existente por medio de prueba de hipótesis. Otro objetivo fue valorar los resultados obtenidos sobre el uso de los juegos simbólicos como herramienta pedagógica, para estimular la creatividad en niños. Frente a los objetivos planteados se definió la hipótesis: existe relación significativa entre el juego simbólico y la creatividad en los niños de 4 a 5 años en la Escuela de Educación Básica Mundo Feliz.

Dentro de un contexto amplio, se puede mencionar a la investigación desarrollada por Reategui (2023), en donde se demostró estadísticamente que existe una relación significativa entre el juego simbólico y el pensamiento creativo, mediante la prueba correlacional no paramétrica Rho de Spearman, obteniendo un coeficiente de correlación de 0,642 y un p - valor 0,000 menor al nivel de significancia de 0,05; indicando así entonces que el juego simbólico es un factor clave en el pensamiento creativos de los niños.

Por otro lado, en la investigación de Quiliche (2019) se indica que, el juego simbólico, aunque no tan extendido como otras formas de aprendizaje, ha sido utilizado estratégicamente por maestros y padres en el entorno doméstico durante mucho tiempo. En este tipo de juego, la representación de actividades imaginativas históricas se convierte en un elemento crucial para el desarrollo cognitivo de los niños. Aquí, los niños adoptan roles o representan objetos, lo cual, permite integrar aspectos fundamentales como los físicos, psíquicos, sociales y afectivos.

González et al. (2022) en su investigación encontraron que el juego simbólico es una actividad innata en los niños y contribuye significativamente al desarrollo físico e intelectual. Al participar en actividades lúdicas, se fomenta un crecimiento equilibrado y completo del individuo. A través de la acción, los niños acumulan experiencias esenciales que propician su creatividad y su comprensión del entorno que les rodea. Este estudio explora la importancia, ventajas y funciones del juego simbólico en el desarrollo psicomotor de los niños en edades tempranas. Además, busca evidenciar los cambios significativos que este enfoque aporta a su aprendizaje escolar y al desarrollo de la creatividad.

En otro trabajo desarrollado por Nieto (2020), se destaca que el desarrollo creativo de los niños se genera especialmente en la etapa preescolar; se menciona que, aunque el juego es una actividad practicada por individuos de todas las edades, su importancia es aún mayor durante la infancia, debido a que está estrechamente ligada al proceso de aprendizaje. Es evidente que la ejecución del juego, cuando se incorpora mediante actividades lúdicas, se lleva a cabo de manera más efectiva. Además, el juego favorece el desarrollo de la creatividad, convirtiéndose en una actividad esencial para los niños, por lo que debe ser constantemente considerado y empleado. En este contexto, el rol del docente es crucial, ya que se encarga de enseñar, supervisar y retroalimentar el potencial creativo de sus estudiantes a través del juego.

Ahora bien, en términos teóricos se aborda el concepto de "Juego simbólico", que se refiere a una actividad recreativa en la que los niños emplean elementos, acciones y entornos ficticios para representar y simbolizar diferentes vivencias, situaciones y papeles. Este tipo de juego involucra la interpretación de roles imaginarios, permitiendo a los niños adoptar diversas identidades, ya sean personas, animales, figuras de fantasía o profesiones, entre otros (Torres, 2017). El juego simbólico está estrechamente vinculado con la arquitectura, las instalaciones o los escenarios temporales que sirven como una expresión artística novedosa, que propone una forma de enseñanza que reconoce a los niños como participantes activos de su propia cultura. En el ámbito del arte contemporáneo, se emplean arquitecturas efímeras y recreativas como un medio para ello. Esto se relaciona con un nuevo lenguaje y códigos que trascienden las estructuras convencionales, ya que tienen un interés educativo al propiciar experiencias cognitivas, perceptivas y emocionales que se conectan con el pensamiento de los niños, especialmente con el pensamiento simbólico (Valles y Ríos, 2022).

De acuerdo con la teoría de Sigmund Freud, sobre el juego como una forma de ensayo, se resalta que el juego ofrece a los niños un medio seguro y controlado para expresar sus miedos, deseos y frustraciones. Esto se debe a que, al participar en juegos, los niños tienen libertad para explorar ciertos eventos y roles sin enfrentar consecuencias reales, lo que les permite procesar experiencias o emociones de manera rápida (Bortolazzo et al., 2022). Por otro lado, la teoría del Desarrollo Cognitivo de Piaget se enfoca en el proceso de adquisición de conocimiento y la comprensión del entorno por parte de los niños durante su maduración mental.

Esta teoría divide el desarrollo en cuatro etapas: sensoriomotriz, preoperacional, operaciones concretas y operaciones formales. Piaget detalló cómo los niños adquieren habilidades cognitivas y cómo evoluciona su pensamiento en cada etapa. Destacó dos procesos fundamentales: la asimilación, donde los niños interpretan nuevas experiencias con sus conocimientos previos y la acomodación, que implica ajustar esos conocimientos para integrar nueva información (González et al., 2022). Esta teoría ha sido esencial para entender cómo los niños perciben, aprenden y se desarrollan cognitivamente. Dicha teoría ha tenido un gran impacto en campos como la educación y la psicología del desarrollo.

Al participar en los juegos simbólicos, tanto los niños como las niñas tienen la oportunidad de mejorar sus destrezas y enriquecer su comprensión del mundo que les rodea; tienen la capacidad de asignar nuevos roles y significados a los juguetes, permitiéndoles conectar con experiencias personales. Su entorno se ve influenciado por estos elementos, que pueden ser utilizados para esa representación específica, según la función simbólica (Chele, 2021). El juego de roles se introduce como una actividad para fomentar las relaciones interpersonales y la autoconciencia en los niños, implica la función simbólica que permite representar objetos ausentes. Esta función, clave en el proceso psíquico, varía

según la edad del niño y se utiliza para crear símbolos. Los niños emplean símbolos y signos conscientemente durante el juego para desarrollar la función simbólica. El juego simbólico, definido como una actividad lúdica llevada a cabo por placer y por iniciativa propia del niño, permite la creación de un mundo a partir de sus deseos (Dantas y Ayala, 2018).

Piaget menciona que la etapa de operaciones concretas, entre los siete años y la adolescencia, permite a los niños desarrollar ideas concretas y utilizar la lógica para sacar conclusiones. Aunque su razonamiento está limitado por su experiencia sensorial, se resalta la capacidad de los niños para representar la realidad. A través del juego y otorgarle un significado personal implica la habilidad de generar un simbolismo. Freud veía el juego simbólico como una vía por la cual los niños manifestaban lo que les resultaba placentero y querido mediante la construcción de un mundo imaginario (Dantas y Ayala, 2018).

De esta manera, en los juegos simbólicos se instituyeron dimensiones como: planificación, integración, sustitución y descentración. La planificación implica el progreso gradual hacia una meta predefinida y la capacidad de los niños para estructurar y organizar universos imaginarios, mientras participan en el juego simbólico (Reategui, 2023). Además, analiza cómo la preparación en el juego simbólico puede fomentar la creatividad de los niños y el crecimiento de sus capacidades mentales.

La dimensión de integración se enfoca en incluir a todos los niños en el juego simbólico, independientemente de sus diferencias individuales, buscando mantener unidas todas las partes de manera efectiva. Al utilizar juegos de simulación, se puede mejorar la integración cognitiva de los niños con necesidades especiales, investigando cómo el juego imaginativo puede impulsar el pensamiento abstracto y la resolución de problemas, fortaleciendo así la inclusión de los niños en el entorno educativo (Gouet et al., 2020).

La sustitución es el procedimiento mediante el que se cambia un objeto físico por otro con efectos muy similares o prácticamente iguales. En el contexto del juego simbólico, la sustitución describe cómo los niños emplean distintos objetos o elementos para representar situaciones, personas o cosas inventadas. Durante el juego imaginativo, los niños transforman un objeto o elemento específico en algo completamente diferente mediante la sustitución (Halfon et al., 2019).

Finalmente, la descentración implica la capacidad de tener en cuenta todos los aspectos de una situación simultáneamente. También, está relacionada con la capacidad de los niños para superar el egocentrismo y considerar diferentes perspectivas, emociones y pensamientos. Se examina cómo el juego simbólico les permite asumir diversos puntos de vista y comprender las emociones y pensamientos de los demás, facilitando así el desarrollo de la descentración cognitiva (Chele, 2021).

En relación a la creatividad, se hace referencia a la habilidad para producir pensamientos, conceptos o soluciones innovadoras, originales y valiosas. Esta capacidad también implica generar ideas sin restricciones ni juicios, manteniendo un flujo constante de propuestas. Dicha habilidad es una responsabilidad educativa que debe cultivarse desde las primeras etapas: se trata de la capacidad para generar una amplia variedad de ideas, incluso aquellas que podrían considerarse poco convencionales o extraordinarias, pero que se consideran fundamentales en la era actual (Reategui, 2023).

En este mismo sentido, la teoría de la inteligencia triárquica de Sternberg se centra en tres aspectos vinculados a la inteligencia: capacidad analítica, creativa y práctica. Dentro de estos componentes, se enfatiza a la creatividad, que implica resolver problemas mediante presentación de alternativas originales y generación de ideas innovadoras. Para lograr esto, es esencial que los niños desarrollen estas habilidades a través del aprendizaje y la experiencia (Torres, 2017).

Se resalta la relevancia de la creatividad en el fortalecimiento de las habilidades cognitivas de los niños, mediante actividades de juego de roles que estimulan la imaginación. Además, se hace hincapié en la importancia de revisar los programas educativos para preparar a la sociedad para los desafíos presentes y futuros; se enfatiza el papel del tutor en supervisar y ajustar los métodos de enseñanza para garantizar el aprendizaje completo y el fortalecimiento continuo de las habilidades; también, se subraya a la lectura y la creatividad en la enseñanza para mantener el interés y promover el aprendizaje significativo en los estudiantes (Acuña et al., 2021). Es así que, se toma en consideración a tres dimensiones clave: desarrollo intelectual, desarrollo perceptivo y desarrollo estético (Reategui, 2023).

El desarrollo intelectual implica una evolución gradual y continua en la que un niño adquiere habilidades cognitivas, capacidad de análisis, resolución de problemas, razonamiento lógico y comprensión del entorno que lo rodea. Este proceso no se limita únicamente a la adquisición de conocimientos, sino que también implica el desarrollo de habilidades mentales como la memoria, la creatividad, la toma de decisiones y otras capacidades cognitivas. El desarrollo es un proceso que dura toda la vida y puede ser influenciado por diversos factores como la genética, el entorno, la educación y las interacciones sociales (Nieto, 2020).

El desarrollo perceptivo en los niños se refiere al progreso en sus capacidades para percibir y procesar la información sensorial proveniente del mundo exterior. Durante esta etapa, los niños adquieren la habilidad de identificar y diferenciar una variedad de estímulos sensoriales, como colores, formas, sonidos, texturas, olores y sabores. Este tipo de desarrollo también incluye la habilidad de combinar esta información sensorial para tener una comprensión integral del entorno, lo que contribuye al avance de sus habilidades motoras, cognitivas y sociales. El desarrollo perceptivo es crucial para los niños, ya que les permite interactuar con su entorno, aprender, reconocer patrones, resolver problemas y adaptarse a distintas situaciones (Torres, 2017).

Finalmente, el desarrollo estético es la capacidad de reconocer y apreciar la belleza en diversos contextos, así como evaluar la armonía, el equilibrio, la originalidad y la expresión en las obras artísticas. En referencia a la creatividad, el crecimiento estético estimula la generación de ideas novedosas y su expresión en formas estéticamente atractivas. Además, el avance estético influye en la promoción del pensamiento creativo en la educación artística (Reategui, 2023).

2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS / MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo desde un enfoque mixto. Para empezar, se realizó investigación bibliográfica, que permitió una revisión documental en cuanto a teorías relacionadas con el juego simbólico y la creatividad. También, se utilizó investigación de campo debido a la necesidad de recopilar información específica de los niños de 4 a 5 años de la Escuela de Educación Básica Mundo Feliz. Finalmente, se utilizó investigación descriptiva para detallar las propiedades y características de las variables de estudio con la intención de analizarlas. La Tabla 1 muestra la operacionalización de variables.

Tabla 1

Operacionalización de variables.

Variable	Dimensión	Indicadores
VI: Juegos simbólicos	Planificación	Juego en equipo Satisfacción Persecución de metas
	Integración	Imitaciones Secuencias Roles Representaciones
	Sustitución	Armado Modelado Conservación
	Descentración	Reversibilidad Seriación Atención
VD: Creatividad	Desarrollo intelectual	Participación Proposición Observación
	Desarrollo perceptivo	Audición Tacto Conciencia
	Desarrollo estético	Resolución de problemas Empatía

Fuente: Adaptado de (Reategui, 2023), (González et al., 2022) y (Niето, 2020).

Para esta investigación, hubo la necesidad de implementar el método inductivo - deductivo, que fue fundamental para alcanzar una comprensión profunda de la relación entre las variables de estudio y para probar la hipótesis planteada. Este enfoque metodológico, combina la observación y recopilación de datos con el análisis teórico, para generar conclusiones fundamentadas. El enfoque inductivo permitió a los investigadores recopilar datos primarios a través de la observación directa de la población de interés, en este caso 14 niños de 4 a 5 años de edad en la Escuela de Educación Básica Mundo Feliz. La observación se realizó utilizando una ficha de observación por medio de escala de Likert y con 21 afirmaciones relacionadas con las variables de investigación y sus respectivas dimensiones, lo que proporcionó información detallada sobre cómo los niños interactúan con el entorno y participan en actividades de juego.

Con base en estos datos, se pudieron identificar patrones y tendencias en el comportamiento de los niños en relación con las variables de estudio, como la presencia o ausencia de habilidades creativas y aptitudes para el juego simbólico. Esta fase inductiva permitió una comprensión profunda de la situación actual y sirvió como punto de partida para el análisis posterior. El enfoque deductivo implicó la aplicación de fundamentos teóricos y metodológicos relacionados con las variables de estudio para interpretar los datos recopilados y probar la hipótesis planteada. Esto implicó el uso de teorías sobre el desarrollo infantil, la importancia del juego en la educación preescolar y la relación entre la creatividad y el juego simbólico.

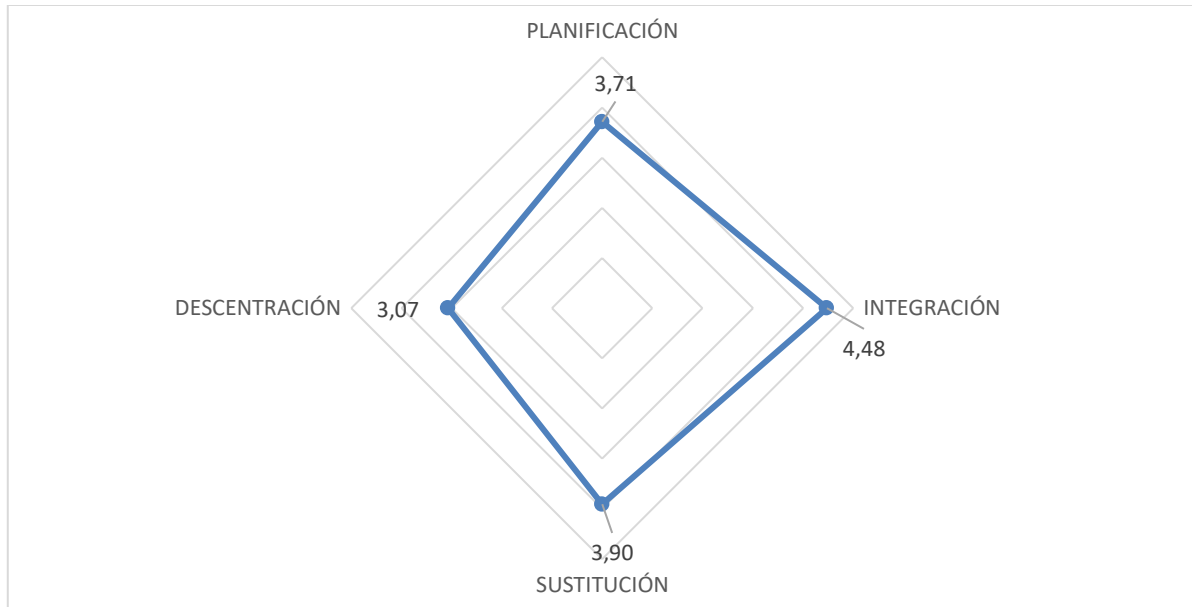
Además, de la observación directa, se llevó a cabo una entrevista con preguntas relacionadas a la frecuencia de uso de los juegos simbólicos, los tipos de juegos realizados y el desarrollo creativo de los niños. Este instrumento se aplicó a la docente encargada de los niños en la Escuela de Educación Básica Mundo Feliz. Dicha técnica cualitativa proporcionó información adicional sobre el enfoque pedagógico de la institución, los desafíos percibidos en relación con el desarrollo de habilidades creativas en los niños y las posibles soluciones identificadas. Al combinar la información recopilada a través de la observación y la entrevista, con el marco teórico existente, se pudo analizar críticamente los datos y llegar a conclusiones fundamentadas sobre la relación entre las variables de estudio y la validez de la hipótesis planteada.

3. RESULTADOS

Partiendo por lo expuesto por Reategui (2023) y Nieto (2020), quienes mencionan a la planificación, integración, sustitución y descentración como pilares para medir la variable juego Simbólico. La Figura 1 muestra los resultados de esta variable en función a las medias de las respuestas.

Figura 1

Dimensiones de la variable juego simbólico.



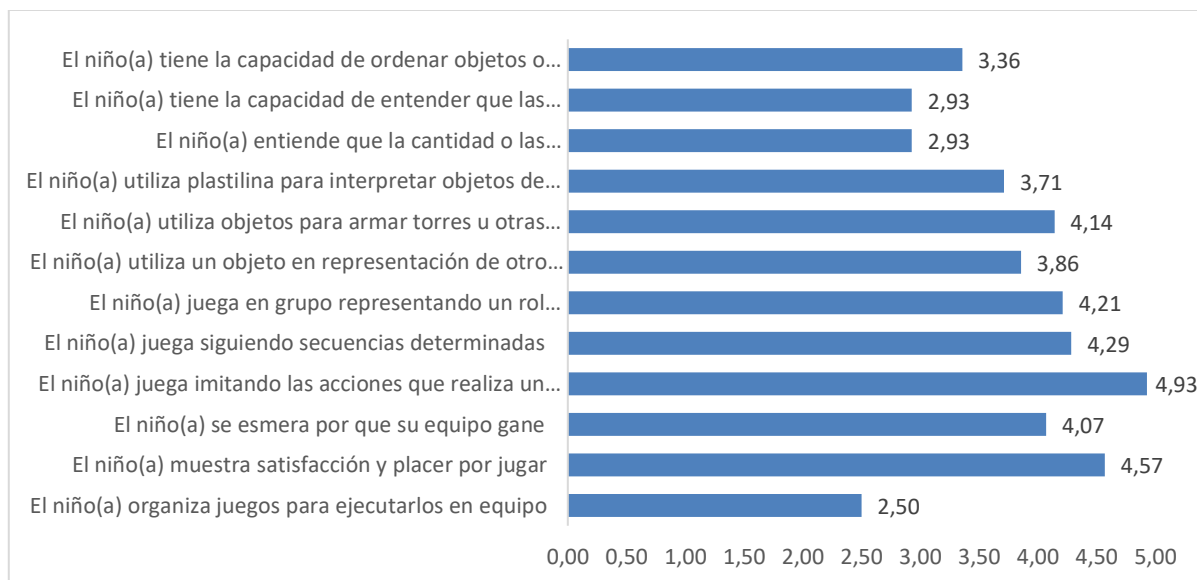
Fuente: Escuela de educación básica Mundo Feliz, 2023.

Se encontró que, dentro de la Escuela de Educación Básica Mundo Feliz se muestran situaciones neutrales. Las dimensiones de planificación, descentración y sustitución no alcanzan la media de 4. La planificación presenta una media de 3,71 que indica juego en equipo, generando metas a perseguir. La integración es la dimensión que tiene una mayor puntuación obteniendo una media de 4,48 lo que sugiere que los niños objeto de estudio optan por jugar mediante imitaciones y roles a situaciones que tienen los adultos.

Según Gouet et al. (2020) la integración en la infancia es vital debido a que se enfoca en promover el trabajo en equipo mediante la asignación de roles. La categoría de sustitución, con una puntuación de 3,90, señala que los niños tienden a representar, construir y modelar, con diversos materiales, para simular situaciones de la vida real. Por otro lado, la descentración muestra una puntuación promedio más baja de 3,07, lo que sugiere la necesidad de mejorar en los juegos simbólicos para adoptar diferentes perspectivas y comprender las emociones y pensamientos de los demás. La Figura 2 muestra los diferentes ítems evaluados sobre la variable "juegos simbólicos".

Figura 2

Ítems evaluados de la variable juegos simbólicos.



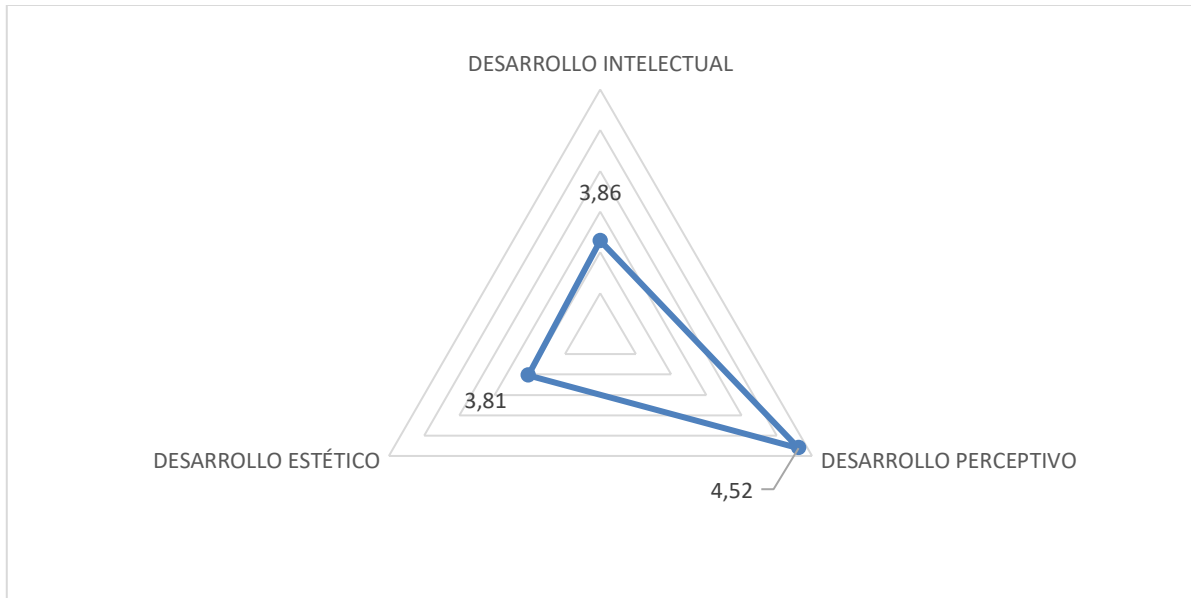
Fuente: Escuela de Educación Básica Mundo Feliz, 2023.

Se pueden observar datos sobre diferentes aspectos del juego simbólico en niños de 4 a 5 años de edad, evaluados en una escala que oscila entre 1 y 5, donde 1 representa un nivel bajo y 5 un nivel alto en cada uno de los ítems. Cada ítem representa una habilidad o comportamiento relacionado con el juego simbólico en los niños. Al analizar los datos presentados, se observa que existe un alto nivel de satisfacción y placer por jugar, con una puntuación promedio de 4,57. La motivación competitiva para ganar está presente en cierta medida, con una puntuación promedio de 4,07. Los niños muestran un alto grado de imitación de las acciones de los adultos mientras juegan, con una puntuación promedio de 4,93. En resumen, los niños parecen tener altos niveles de habilidades de imitación, secuenciación, representación de roles y construcción creativa durante el juego simbólico, mientras que la comprensión de ciertos conceptos abstractos como la conservación de las características de los objetos o la reversibilidad de las acciones parece ser un área en la que podrían desarrollarse más.

Por otra parte, se destaca la importancia de la creatividad como la habilidad para generar ideas originales y valiosas sin restricciones, desde la niñez hasta la educación, destacando a dimensiones como: desarrollo intelectual, desarrollo perceptivo y desarrollo estético (Reategui, 2023; Torres, 2017). La Figura 3 indica las puntuaciones de las dimensiones de la variable creatividad.

Figura 3

Dimensiones de la variable creatividad.

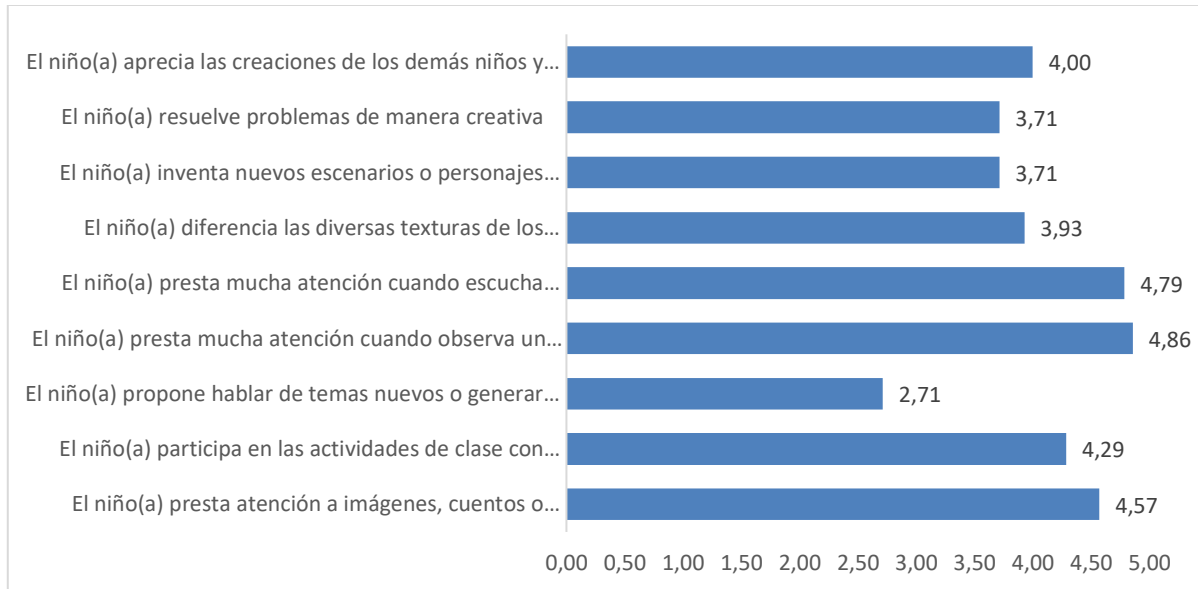


Fuente: Escuela de Educación Básica Mundo Feliz, 2023.

El puntaje del desarrollo intelectual indica un nivel razonable de desarrollo intelectual: un 3,86 sugiere que, en términos generales, el individuo ha alcanzado un nivel intermedio. Sobre el desarrollo perceptivo, el puntaje de 4,52 sugiere un nivel relativamente alto de desarrollo perceptivo. Esto podría interpretarse como una mayor habilidad para percibir y procesar información sensorial proveniente del entorno. El desarrollo perceptivo infantil se centra en la mejora de sus habilidades sensoriales y cognitivas para entender el entorno, lo que contribuye a su desarrollo motor, cognitivo y social. Dicho progreso permite a los infantes interactuar, aprender y adaptarse a diversas situaciones (Torres, 2017). Finalmente, el desarrollo estético con un puntaje de 3,81, parece indicar un nivel moderado. Esto podría implicar una capacidad razonable para apreciar la belleza, la armonía y la originalidad en las creaciones artísticas, aunque posiblemente haya espacio para un mayor desarrollo en esta área. La Figura 4 muestra los diferentes ítems evaluados sobre la variable creatividad.

Figura 4

Ítems evaluados de la variable creatividad.



Fuente: Escuela de Educación Básica Mundo Feliz, 2023.

Se pueden identificar varias áreas relacionadas con la creatividad, como: participación activa en actividades, atención a estímulos nuevos, capacidad para distinguir texturas, invención de nuevos escenarios durante el juego y apreciación, tanto de sus propias creaciones, como de las de otros niños. Sin embargo, se evidencia una menor puntuación en la habilidad para proponer temas nuevos o generar juegos originales. En general, los niños demuestran habilidades creativas notables en varias áreas, pero podría beneficiarse de un estímulo adicional para proponer nuevas ideas por iniciativa propia.

4. DISCUSIÓN

El juego es una actividad innata en los niños que influye en su desarrollo, tanto físico como intelectual. Para corroborar la relación existente entre el juego simbólico y la creatividad en niños de 4 a 5 años en la Escuela de Educación Básica Mundo Feliz, se muestra en la Tabla 2 la prueba de hipótesis de la investigación.

Tabla 2

Prueba de hipótesis.

		Juego simbólico	Creatividad
Juego simbólico	Correlación Rho de Spearman	1	,716**
	Sig. (unilateral)		0,001
	N	14	14

Chugá Fuentes, G., Gualoto Guerrero, M. y Villareal Almeida, S. (2024). Juego simbólico como herramienta pedagógica para estimular creatividad en niños de 4 a 5 años. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 13-28. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/119>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

Creatividad	Correlación Rho de Spearman	,716**	1
	Sig. (unilateral)	0,001	
	N	14	14

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (unilateral).

Fuente: autoría propia, 2023.

Se muestra un coeficiente de correlación Rho de 0,716 y un p - valor igual a 0,001, demostrando que existe correlación positiva y significativa entre la variable juego simbólico y la variable creatividad en los niños de 4 a 5 años de la Escuela de Educación Básica Mundo Feliz. Al comparar el p - valor con el nivel de significancia asumida de 0,05, el p - valor de la correlación es menor ($0,000 < 0,05$). Por lo tanto, existen datos estadísticos que respaldan la hipótesis alternativa del estudio, indicando que la implementación del juego simbólico como herramienta pedagógica para fomentar la creatividad en niños de 4 a 5 años en la Escuela de Educación Básica Mundo Feliz ha generado efectos favorables. Se destaca, además, que estos resultados concuerdan con lo indicado en el trabajo de (Reategui, 2023).

5. CONCLUSIONES / CONSIDERACIONES FINALES

La investigación realizada en la Escuela de Educación Básica Mundo Feliz revela que el juego simbólico entre los niños de 4 a 5 años muestra ciertas tendencias. Se destaca una satisfacción y placer elevados por el juego, así como una marcada imitación de acciones de adultos durante el juego. Además, hay una moderada motivación competitiva para ganar. Sin embargo, aspectos como la planificación, descentración y sustitución muestran niveles más bajos, indicando una menor frecuencia en su manifestación durante estas actividades. Aunque los niños exhiben habilidades notables en imitación, secuenciación, representación de roles y creatividad, podrían beneficiarse de un mayor desarrollo en la comprensión de conceptos abstractos como la conservación de características de objetos o la reversibilidad de acciones.

Sobre las dimensiones de creatividad se revela que, en términos generales, los niños muestran un desarrollo intelectual y perceptivo en niveles intermedios a altos, con una comprensión y procesamiento sólido de la información sensorial. No obstante, el desarrollo estético parece mostrar un nivel más moderado. Sobre los aspectos evaluados, los niños destacan en áreas como la atención a estímulos nuevos, la distinción de texturas y la apreciación de sus propias y ajenas creaciones. Además, hay un menor desempeño en la habilidad para proponer temas novedosos o crear juegos originales, indicando una necesidad de mayor estímulo para fomentar la generación espontánea de ideas creativas.

Finalmente, mediante el proceso investigativo se revela una correlación positiva y significativa ($Rho = 0,716$, $p = 0,001$) entre el juego simbólico y la creatividad en niños de 4 a 5 años de la Escuela de Educación Básica Mundo Feliz.

Este resultado confirma que el uso del juego simbólico como herramienta educativa ha generado efectos positivos en la estimulación de la creatividad.

6. REFERENCIAS

- Acuña, M., Barragán, J., y Triana, D. (2020). Crea tu estrategia, videojuego para potenciar la creatividad en niños en edad inicial. *Zona Próxima*(32), 31-40. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S214594442020000100031&script=sci_arttext
- Bortolazzo, A., Arauco, R., Florencia, M., y Mirc, A. (2022). El juego como transmisor de enunciados identificatorios. *Actas de la séptima jornada de investigación en psicología sexto encuentro*, 1(1), 1-8. <https://backend.congresos.unlp.edu.ar/index.php/vijornadas/article/view/5660>
- Chele, C. (2021). *El rincón del juego simbólico en el desarrollo personal y social de los niños de subnivel 2 de educación inicial* [Tesis de Licenciatura, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6686>
- Dantas, R., y Ayala, L. (2018). *Juego Simbólico* [Tesis de Licenciatura, Universidad Científica del Perú]. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/908>
- González, J., Vele, D., Tapia, D., y Salgado, P. (2022). El juego simbólico como estrategia para el desarrollo psicomotriz de los niños. *Polo del Conocimiento*, 7(2), 1815-1825. <https://mail.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3682>
- Gouet, C., Carvajal, S., Halberda, J., y Peña, M. (2020). Training nonsymbolic proportional reasoning in children and its effects on their symbolic math abilities. *Cognition*, 197(1), 50-65. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010027719303282>
- Halfon, S., Yilmaz, M., y Çavdar, A. (2019). Mentalization, session-to-session negative emotion expression, symbolic play, and affect regulation in psychodynamic child psychotherapy. *Psychotherapy*, 56(4), 555-567. <https://psycnet.apa.org/record/2019-02893-001>
- Nieto, R. (2020). *El juego en el desarrollo de la creatividad en los niños del II ciclo de educación inicial* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Educación]. <https://repositorio.une.edu.pe/handle/20.500.14039/6148>
- Quiliche, I. (2019). *La importancia de utilizar el juego simbólico en la primera infancia de los niños y niñas* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Tumbes]. <https://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/1042>
- Chugá Fuentes, G., Gualoto Guerrero, M. y Villareal Almeida, S. (2024). Juego simbólico como herramienta pedagógica para estimular creatividad en niños de 4 a 5 años. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 13-28. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/119>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

- Reategui, Y. (2023). *Juego simbólico y pensamiento creativo en niños de 5 años de la I.E. N° 163* [Tesis de Licenciatura, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/121233>
- Torres, M. (2017). *El juego simbólico y el pensamiento creativo en los niños de la Institución Educativa Particular de Nivel Inicial Canguritos* [Tesis de Licenciatura, Universidad Católica de Santa María]. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/6028>
- Valles, V., y Rios, J. (2022). Estrategia del juego simbólico y la expresión oral una revisión bibliográfica. *EduSol*, 22(80), 80-95. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S172980912022000300080&script=sci_arttext

HERRAMIENTAS DE VISUALIZACIÓN DE DATOS EN LA ENSEÑANZA DE ESTUDIOS SOCIALES: ALFABETIZACIÓN DIGITAL Y COMPRENSIÓN CRÍTICA

Miguel Ángel Veintimilla Guerrero
Miguel.veintimilla@educacion.gob.ec
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5112-4921>
Unidad Educativa Vicente León - Ecuador

Byron Aníbal Veintimilla Guerrero
Anibal.veintimilla@educacion.gob.ec
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3841-4464>
CECIB Humberto Vacas Gómez - Ecuador

Mónica Elizabeth Hidalgo Achig
Monica.hidalgo@educacion.gob.ec
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3712-551X>
Unidad Educativa Vicente León - Ecuador

Luz Angélica Quinaluisa Calvopiña
Luz.quinaluisa@educacion.gob.ec
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1955-7070>
Unidad Educativa Vicente León - Ecuador

Recibido: 10/11/23
Aceptado: 15/12/23
Publicado: 01/01/24

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue explorar el uso y la percepción de herramientas de visualización de datos en la enseñanza de Estudios Sociales (EESS), centrándose en la alfabetización digital y la comprensión crítica. Se empleó una metodología mixta que incluyó encuestas a docentes, estudiantes y autoridades educativas, así como análisis estadístico y correlacional. Los principales resultados revelaron una brecha significativa entre la expectativa de los estudiantes y la realidad de su experiencia educativa. Consecuentemente, se identificaron desafíos en la formación docente, la calidad de las visualizaciones de datos y el apoyo institucional. Además, se encontró una correlación positiva entre la alfabetización digital, la comprensión crítica y el uso de herramientas de visualización de datos, destacando la necesidad de un enfoque educativo más centrado en estas habilidades.

PALABRAS CLAVE: visualización de datos, enseñanza, estudios sociales, alfabetización digital, comprensión crítica.

DATA VISUALIZATION TOOLS IN SOCIAL STUDIES TEACHING: DIGITAL LITERACY AND CRITICAL UNDERSTANDING

ABSTRACT

The objective of the research was to explore the use and perception of data visualization tools in the teaching of Social Studies, focusing on digital literacy and critical understanding. A mixed methodology was used that included surveys of teachers, students and educational authorities, as well as statistical and correlational analysis. The main results revealed a significant gap between students' expectations and the reality of their educational experience. Therefore, challenges were identified in teacher training, quality of data visualizations, and institutional support. Furthermore, a positive correlation was found between digital literacy, critical understanding and the use of data visualization tools, highlighting the need for an educational approach more focused on these skills.

KEY WORDS: data visualization, teaching, social studies, digital literacy, critical understanding.

1. INTRODUCCIÓN

El paradigma tradicional de enseñanza, donde el eje central eran los textos físicos, donde el docente era el que poseía el conocimiento y los alumnos eran solo receptores pasivos, va quedando de lado. En la actualidad, la tecnología ha influido en todos los niveles educativos y en las diferentes asignaturas, a tal punto, que es necesario promover la alfabetización digital e integrar herramientas novedosas que fomenten la comprensión crítica de los estudiantes, la participación activa y la construcción de su propio conocimiento.

A lo largo de la historia, la didáctica de las ciencias sociales ha presentado obstáculos en la evolución hacia un enfoque más participativo, innovador y competencial. A pesar de los cambios políticos y sociales y de la evolución tecnológica, la brecha digital y la resistencia a adoptar enfoques más investigativos y novedosos frena la adopción y/o actualización de contenido y de prácticas pedagógicas (Bellatti et al., 2023).

La asignatura de estudios sociales puede ser percibida como irrelevante y poco atractiva para los alumnos. La principal razón es que los docentes no suelen utilizar herramientas digitales para hacer las clases más motivadoras. Entre los beneficios del uso de herramientas digitales están la facilidad de comprensión de temas de estudio, incremento de la motivación por aprender, dejando de lado la copia, el dictado y lecciones orales y escritas que son los fundamentos de la enseñanza tradicional (Maza, 2023).

Una de las grandes bondades que ofrece la tecnología son las herramientas de visualización de datos, posicionándolas como instrumentos invaluable para la enseñanza - aprendizaje de Estudios Sociales (EES). Estas son óptimas para que los alumnos comprendan de forma más sencilla fenómenos sociales, mediante el análisis y la crítica. Este enfoque pedagógico, no solo permite a los estudiantes interactuar con información de manera dinámica, sino que también los empodera para evaluar de manera crítica las representaciones visuales de datos en contextos sociales.

Pero no es suficiente la existencia de recursos tecnológicos como las herramientas de visualización de datos, también es necesario que los docentes y estudiantes posean el conocimiento para poder utilizarlos y sacar el máximo provecho. En esta era dominada por las tecnologías de la información, para Calle, Torres & Tusa (2022) el concepto de "alfabetización" se ha vuelto obsoleto, ya que ya no se trata únicamente de adquirir habilidades de lectura y escritura, sino que también es crucial saber utilizar las herramientas tecnológicas. La alfabetización digital forma parte fundamental de la transformación del ser humano, puesto que ha permitido que las personas demuestren su capacidad para desenvolverse tanto en el ámbito social como en el profesional.

La adopción de herramientas digitales de visualización de datos para optimizar las prácticas educativas por parte de los docentes, especialmente en la asignatura de Estudios Sociales es limitada, principalmente, debido a diversos Veintimilla Guerrero, M., Veintimilla Guerrero, B., Hidalgo Achig, M. y Quinaluisa Calvopiña L. (2024). Herramientas de visualización de datos en la enseñanza de Estudios Sociales: alfabetización digital y comprensión crítica. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 29-44.

<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/134>

enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

factores. Uno de ellos es la falta de competencia digital, lo que dificulta su capacidad para aprovechar plenamente las posibilidades que ofrecen las tecnologías en el aula, es decir, la presencia de perfiles con niveles de habilidades digitales bajos; otro factor, es la conectividad deficiente, tanto en las instituciones educativas como en los hogares de los estudiantes y constituye otro obstáculo importante que dificulta la integración efectiva de estas herramientas en el proceso de enseñanza-aprendizaje; finalmente, está la resistencia al cambio. Todos estos son factores que contribuyen a que muchos docentes no exploren plenamente el potencial de las herramientas digitales para mejorar sus actividades escolares (Caviativa et al., 2020, citado por Castro & Alanya, 2024).

Por lo expuesto, la investigación se enfoca en analizar el uso de las herramientas de visualización de datos en la enseñanza de Estudios Sociales, la alfabetización digital y la comprensión crítica. Para este efecto, se analiza una muestra de docentes, alumnos y autoridades.

Alfabetización digital en la escuela

Para el Ministerio de Educación de Chile (2019), la alfabetización digital se refiere a la capacidad de adquirir conocimientos, desarrollar habilidades y adoptar actitudes que permitan a las personas utilizar, comprender y evaluar, de manera autónoma, las tecnologías digitales. Esta dimensión es fundamental, ya que, por un lado, los individuos necesitan herramientas para utilizar con eficacia y éxito estas tecnologías, y por otro, deben ser conscientes de las fuentes, brechas, sesgos y consecuencias de las mismas, reflexionando desde diversas perspectivas.

Por su parte Matamala (2018), sostiene que la alfabetización digital, entendida como el conjunto de competencias que engloba conocimientos, destrezas y disposiciones para abordar con eficacia desafíos, utilizando herramientas digitales y en entornos digitales, se presenta como una necesidad imperativa para asegurar la autonomía individual de las próximas generaciones, promover su desarrollo integral y facilitar su integración en sociedades democráticas. Además, puede considerarse como una solución viable para abordar las disparidades digitales que afectan principalmente a jóvenes pertenecientes a sectores desfavorecidos.

La alfabetización digital en la escuela, según la UNIR (2020), redefine el proceso educativo, desplazando la repetición de conceptos y el papel predominante del profesor. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), van de la mano con la creatividad, la innovación y la participación activa de los estudiantes. Su integración en el currículo escolar implica, no solo enseñar herramientas y programas informáticos, sino también adoptar el e-learning, un sistema que supera las barreras geográficas, facilita el acceso a diversa información y fomenta la colaboración intercentro. Además de la programación y el dominio de Internet, las TIC también deben incorporar aspectos de educación audiovisual y medios de comunicación.

Para Duro (2022), los niveles de alfabetización digital son:

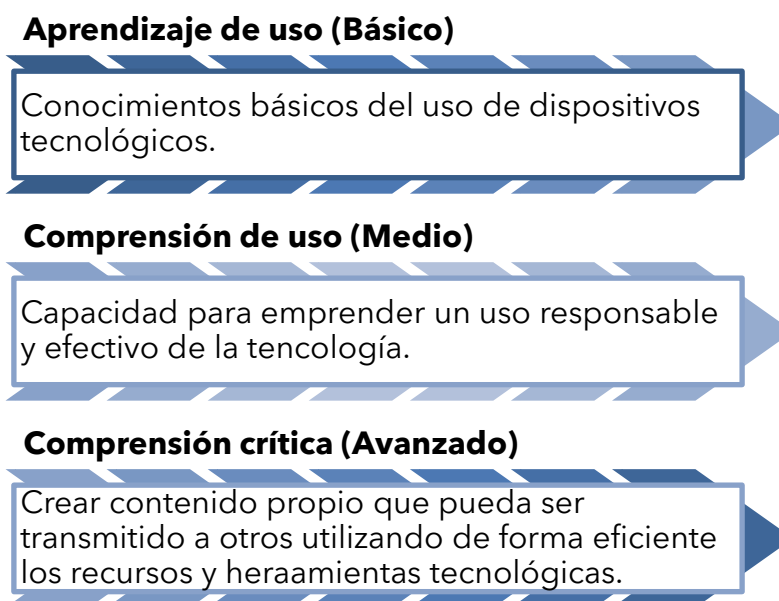
Veintimilla Guerrero, M., Veintimilla Guerrero, B., Hidalgo Achig, M. y Quinaluisa Calvopiña L. (2024). Herramientas de visualización de datos en la enseñanza de Estudios Sociales: alfabetización digital y comprensión crítica. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 29-44.

<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/134>

enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

Figura 1

Niveles de alfabetización digital.



Fuente: elaboración propia basado en Duro 2022.

Herramientas educativas digitales, herramientas de Visualización de datos

En la actualidad, el uso de herramientas educativas digitales es algo habitual en el ámbito educativo junto con un rápido desarrollo de aplicaciones digitales. Estas herramientas han simplificado las tareas académicas para los estudiantes, reduciendo considerablemente el tiempo dedicado a ellas (Molinero & Chávez, 2020). Las herramientas educativas digitales son, generalmente, softwares que permiten la interacción y el fortalecimiento de habilidades y capacidades en el proceso de enseñanza - aprendizaje. Es decir, consisten en recursos destinados a ser facilitadores de actividades propiciadoras de conocimiento dentro y fuera del aula (Videgaray 2020, Valencia 2020, citados por Morocho 2022).

Las herramientas digitales, en el ámbito educativo, abarcan una variedad de aplicaciones y plataformas diseñadas para asistir, tanto a profesores como a estudiantes, en sus actividades académicas (Borja & Carcausto, 2020). Existe una amplia gama de herramientas y los docentes deben ser capaces de elegir las que se orienten a los contenidos de estudio y a la consecución de los objetivos de aprendizaje. En este contexto, el docente pasa a ser el mediador de conocimientos quien brinda el andamiaje al integrar la tecnología y la pedagogía, permitiendo que los alumnos puedan mejorar la motivación, la experiencia práctica y logren un aprendizaje más significativo acorde al paradigma de enseñanza actual (Balladares, Pazmiño & Vega, 2023).

En este sentido, la visualización de datos es la representación visual de información e implica la creación de una imagen gráfica que muestran tendencias, patrones y perspectivas importantes de este conjunto. Una herramienta para Veintimilla Guerrero, M., Veintimilla Guerrero, B., Hidalgo Achig, M. y Quinaluisa Calvopiña L. (2024). Herramientas de visualización de datos en la enseñanza de Estudios Sociales: alfabetización digital y comprensión crítica. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 29-44.
<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/134>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

visualizar datos es un programa informático que facilita la creación de estas representaciones visuales (Duó, 2023).

Herramientas de visualización de datos y Estudios Sociales

Un software de visualización de datos es una aplicación que extrae datos de una fuente determinada y los transforma en diversos formatos visuales, como gráficos, tablas, paneles, entre otros. Estas herramientas son capaces de generar, desde representaciones simples, como gráficos circulares, hasta visualizaciones más elaboradas, como mapas coropléticos interactivos. La clave radica en seleccionar una herramienta de visualización de datos que reúna todas las características necesarias para la información específica que se desea representar (Velarde, 2023).

En este contexto, dos herramientas de visualización de datos óptimas para Estudios Sociales, según Inneddi (2023), son: *Ancient Earth*, herramienta que permite ilustrar, de manera visual, los cambios en los patrones geográficos y climáticos del planeta desde hace 750 millones de años hasta la actualidad utilizando datos de la NASA y de otras fuentes científicas; *My Histro*, óptima para visualizar y comprender los acontecimientos históricos y geográficos mediante líneas de tiempo interactivas que combinan mapas, texto, imágenes y otros recursos multimedia.

En esta misma línea, según Tableau (2021), las formas de visualización de datos más comunes son:

Tabla 1

Métodos de visualización de datos.

Métodos comunes de visualizar datos	Métodos específicos de visualización de datos
Cuadros, Tablas, Gráficos, Mapas, Infografías y Dashboards.	Gráfico de área, Gráfico de barras, Diagramas de caja y bigotes, Nube de burbujas, Gráfico de bala, Cartograma, Vista circular, Mapa de distribución de puntos, Gráfico de Gantt, Mapa de calor, Tabla de resaltado, Histograma, Matriz, Red, Área polar, Árbol radial, Diagrama de dispersión (2D o 3D), Gráfico de flujo, Tablas de texto, Escala de tempo, Diagrama de árbol, Gráfico circular apilado, Nube de palabras.

Fuente: elaboración propia basado en Tableau 2021.

2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS / MATERIALES Y MÉTODOS

La presente se enmarca en una investigación de campo, porque se ejecuta en el contexto real de las aulas e involucra directamente a docentes, alumnos y autoridades. También, es exploratoria porque busca comprender e indagar nuevos aspectos relacionados con el uso de las herramientas visuales en la enseñanza de

Estudios Sociales y su impacto en la alfabetización digital y la comprensión crítica. Además, tiene un enfoque mixto cualitativo y cuantitativo, porque combina métodos de recopilación y análisis de datos, tanto cualitativos (entrevistas, observaciones), como cuantitativos (cuestionarios, análisis estadístico), para obtener una comprensión completa y enriquecedora del fenómeno estudiado. Se emplea como dimensiones de estudio la alfabetización digital y la comprensión crítica, como se detalla a continuación:

Tabla 2

Dimensiones e indicadores de estudio.

Dimensiones	Indicadores
Alfabetización digital	<ul style="list-style-type: none"> ○ Conocimiento de herramientas de visualización de datos. ○ Habilidad para utilizar herramientas digitales en la enseñanza. ○ Capacidad para enseñar a los estudiantes a utilizar herramientas de visualización de datos.
Comprensión crítica	<ul style="list-style-type: none"> ○ Capacidad para analizar y evaluar la calidad de los datos presentados. ○ Habilidad para fomentar el pensamiento crítico en relación con la información visual. ○ Competencia para guiar a los estudiantes en la interpretación de visualizaciones de datos en contextos sociales.

Fuente: elaboración propia.

En lo que respecta a población y muestra de estudio, esta última se orientó a 360 individuos, divididos en tres grupos: docentes, alumnos y autoridades del nivel secundario de distintas instituciones educativas de la provincia de Cotopaxi, como se detalla a continuación:

Tabla 3

Muestra de estudio.

Grupo	Sexo		Zona geográfica	
	Hombre	Mujer	Urbana	Rural
Estudiante	52	68	61	59
Docente	55	65	69	51
Autoridad	70	50	80	40

Fuente: elaboración propia.

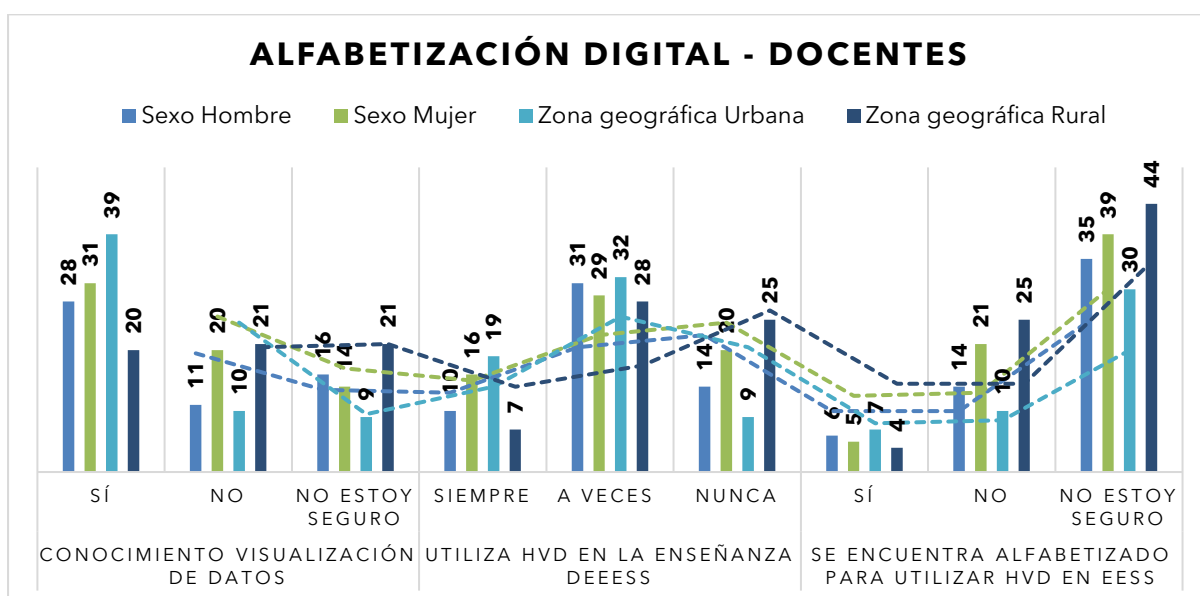
3. RESULTADOS

Luego de aplicar la encuesta a autoridades, docentes y estudiantes se obtuvieron los siguientes resultados:

Docentes. Desde la perspectiva docente, 59 docentes, 28 hombres y 31 mujeres, afirmaron tener conocimiento básico de sobre visualización de datos, con un porcentaje mayor de respuestas afirmativas en el grupo de mujeres de zonas urbanas. Una cantidad de docentes afirma utilizar visualización de datos para la enseñanza de Estudios Sociales, pero el uso es ocasional y no frecuente. Lo interesante es la cantidad significativa de docentes 34 que nunca utilizan visualización de datos, especialmente, de acuerdo al género (20 son mujeres) y respecto a la ubicación 25 pertenecen al área rural. La mayoría se declara insegura sobre su nivel de alfabetización en el uso de estas herramientas y una minoría declara sentirse completamente alfabetizados.

Figura 2

Alfabetización digital docente.



Fuente: elaboración propia.

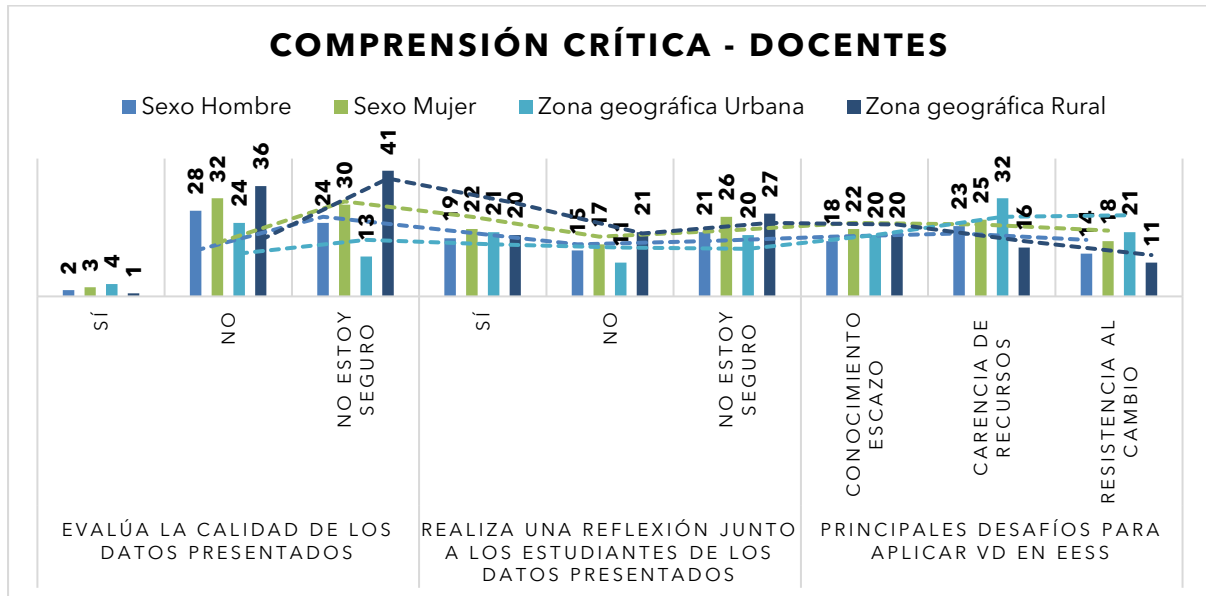
De forma general, 60 docentes no evalúan la calidad de los datos presentados en las visualizaciones utilizadas en clase y 54 no están seguros. Esta falta de evaluación puede sugerir una oportunidad de mejora en la capacitación de los docentes sobre cómo analizar críticamente la información visual y evaluar la fiabilidad de los datos. Respecto a la reflexión crítica sobre los datos, 32 docentes afirman no realizar esta práctica sobre la visualización de datos y 47 no están seguros. Este es un paso fundamental para desarrollar habilidades de pensamiento crítico entre los estudiantes, por lo que es importante fomentar esta práctica en el aula.

Los docentes identifican varios desafíos principales para aplicar herramientas de visualización de datos en la enseñanza de Estudios Sociales. Estos incluyen el conocimiento escaso sobre cómo utilizar estas herramientas de manera efectiva, la carencia de recursos adecuados para implementarlas en el aula y la resistencia al cambio por parte de algunos docentes. Estos hallazgos subrayan la

necesidad de ofrecer más capacitación y apoyo a los docentes, así como de abordar las barreras estructurales y culturales que puedan obstaculizar la integración de la visualización de datos en la enseñanza de Estudios Sociales.

Figura 3

Comprensión crítica docentes.

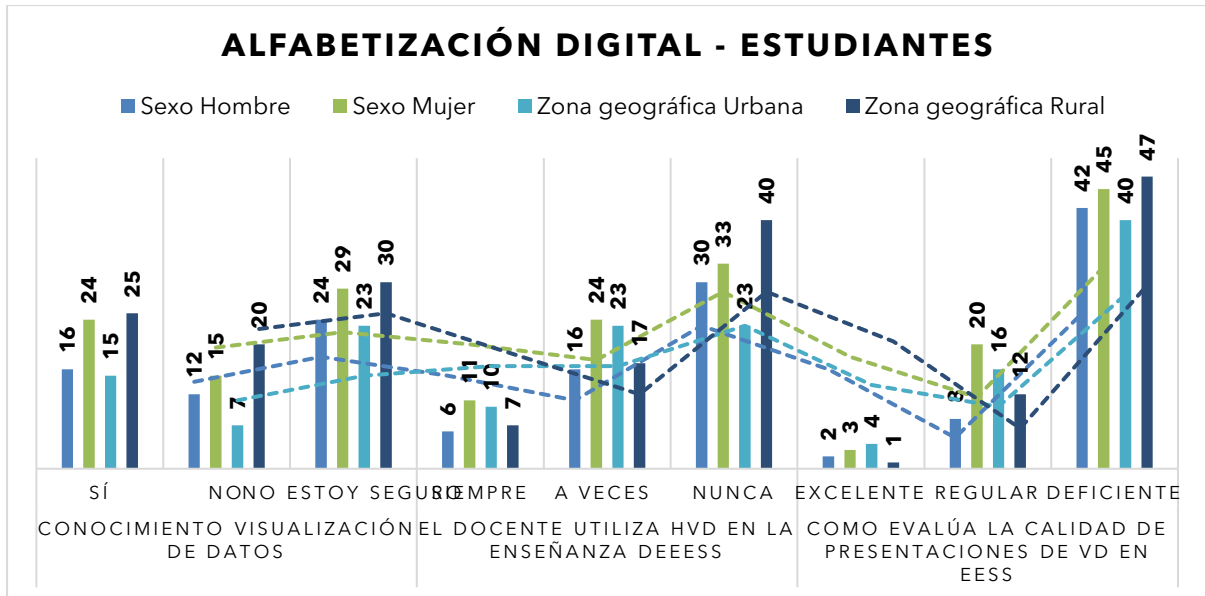


Fuente: elaboración propia.

Estudiantes. El segundo grupo de estudio fueron los estudiantes, quienes, de igual forma que los docentes, poseen conocimientos básicos sobre la visualización de datos, especialmente, en las mujeres y en zonas rurales. 40 y 60 estudiantes afirman que los docentes utilizan la visualización de datos con frecuencia, a veces y nunca respectivamente; solo 17 estudiantes, manifiestan que los docentes emplean de forma regular este tipo de herramientas en Estudios Sociales. Referente a la calidad de las presentaciones de visualización de datos, 87 estudiantes la perciben de forma deficiente y 28 opinan que son regulares. Estos resultados reflejan que, en su mayoría, los estudiantes no están satisfechos con la forma en que se están utilizando la visualización de datos en el aula, que no es novedosa o llamativa y no logra captar el interés de los alumnos.

Figura 4

Alfabetización digital estudiantes.



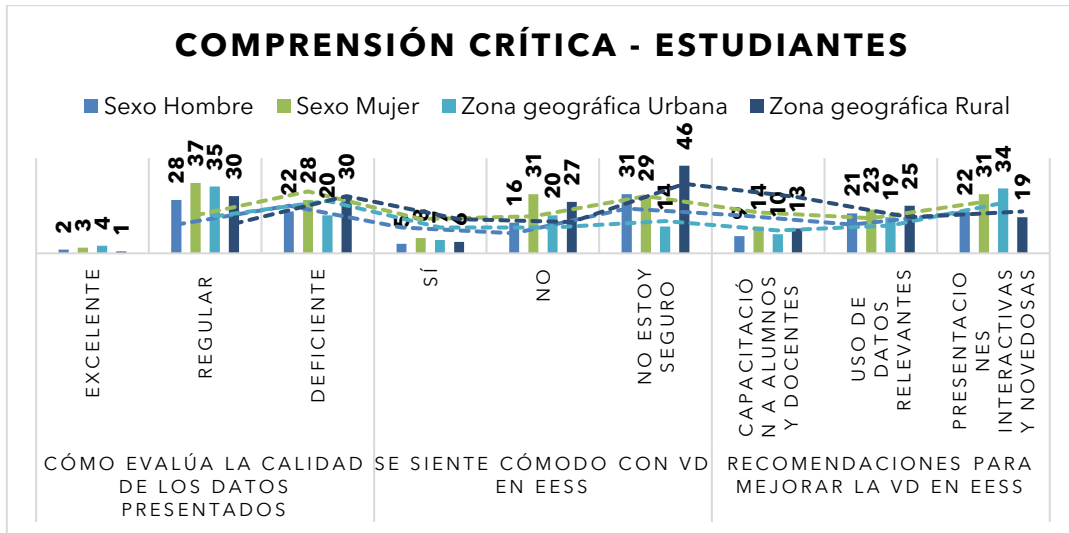
Fuente: elaboración propia.

Referente a la calidad y pertinencia de los datos reflejados en la visualización de datos, 65 manifiestan que son regulares y 50 que son deficientes. Esto resalta que los estudiantes no están satisfechos con la forma en que se está utilizando la visualización de datos en el aula o que perciben que la información presentada no es clara o relevante para su aprendizaje. También, se indagó sobre la comodidad y confianza que sienten los alumnos con la visualización de datos en EESS: 47 dicen no sentirse cómodos, especialmente en el área rural, especialmente las mujeres del área rural; los hombres, en su mayoría, no están seguros en dar una respuesta afirmativa o negativa.

Con respecto a la comprensión crítica, los estudiantes mencionan algunas recomendaciones que podrían mejorar el uso de visualización de datos en EESS. Entre estas, se incluyen la capacitación, tanto para alumnos como para docentes y el uso de datos relevantes, especialmente enfatizando por las alumnas mujeres del área rural; además, se desea la implementación de presentaciones interactivas y novedosas por las estudiantes mujeres del área urbana. Estas recomendaciones sugieren que los estudiantes valoran la interactividad, la relevancia y la innovación en la presentación de datos como factores importantes para mejorar su experiencia de aprendizaje en EESS.

Figura 5

Comprensión crítica estudiantes.

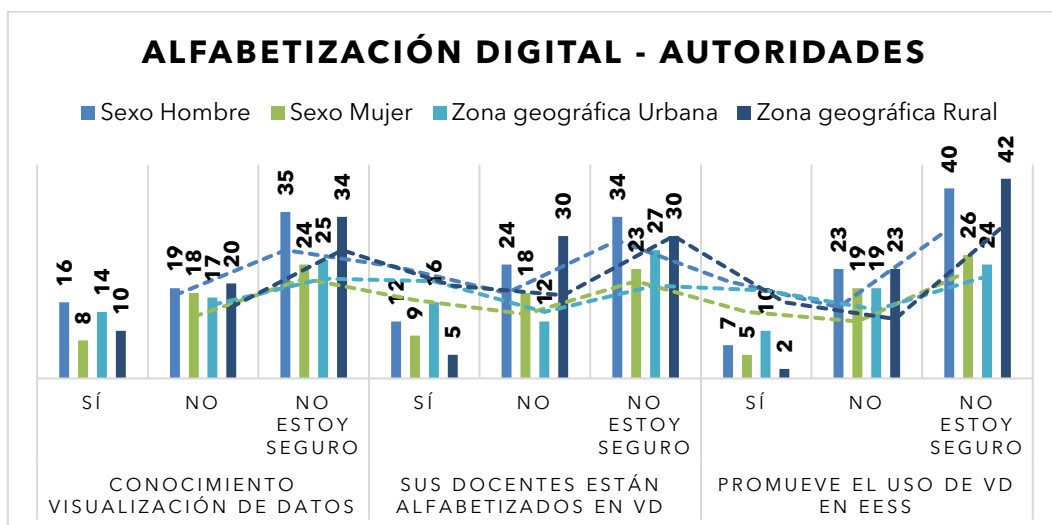


Fuente: elaboración propia.

Autoridades. Las autoridades, por su parte, como en los grupos anteriores, no poseen conocimientos sólidos de la visualización de datos y la importancia de esta para la enseñanza de Estudios Sociales. La mayoría muestra incertidumbre sobre este aspecto. Además, existe una falta de certeza significativa si los docentes están alfabetizados en el uso de herramientas de visualización de datos y si se promueve su uso en la enseñanza de EESS. Estos hallazgos sugieren la necesidad de una mayor claridad y compromiso por parte de las autoridades para apoyar la alfabetización digital de los docentes y fomentar la integración efectiva de las herramientas de visualización de datos en el currículo de EESS.

Figura 6

Alfabetización digital autoridades.

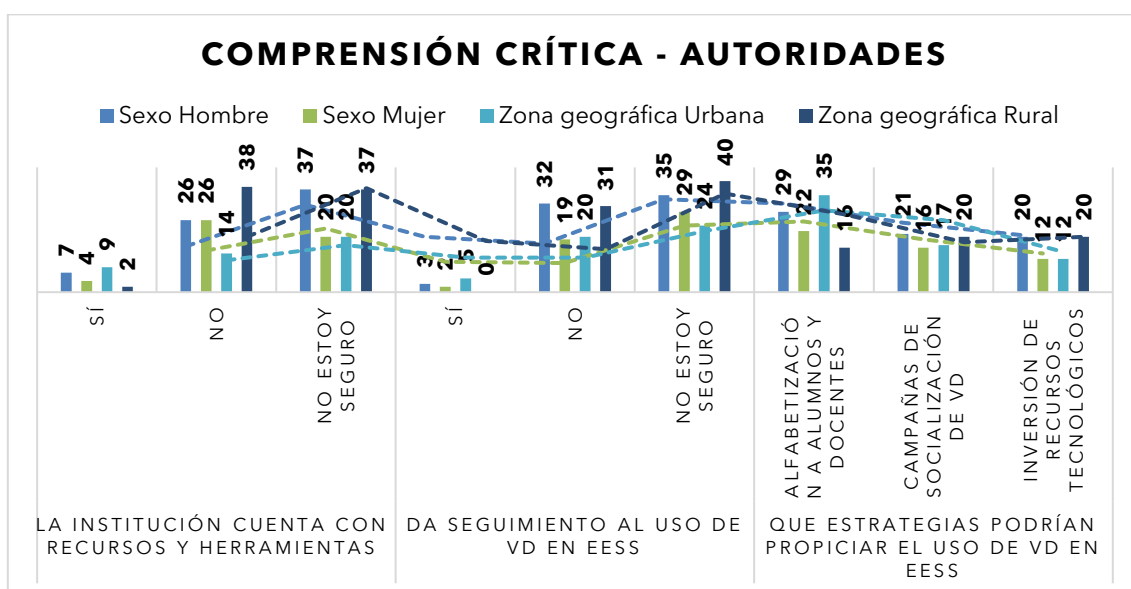


Fuente: elaboración propia.

La mayoría de las instituciones no cuentan con los recursos y herramientas necesarias para apoyar el uso de visualización de datos en Estudios Sociales. Existe una carencia de seguimiento del uso de estas herramientas. Esto sugiere una falta de supervisión y apoyo institucional. Las estrategias que proponen las autoridades como el anclaje hacia el impulso de esta herramienta en la enseñanza de EESS, son la alfabetización a alumnos y docentes, en mayor medida por los hombres de la zona urbana. Las campañas de socialización de visualización de datos tienen respuestas más homogéneas por hombres y mujeres de la zona urbana y rural. Finalmente, la inversión en recursos tecnológicos es considerada importante por las autoridades, especialmente, hombres de la zona rural.

Figura 7

Comprensión crítica autoridades.



Fuente: elaboración propia.

Al analizar, mediante correlación, los resultados para el uso de visualización de datos en Estudios Sociales y las dos variables de estudio alfabetización digital y comprensión crítica, se identifica una correlación positiva moderada y significativa, es decir, si incrementa la alfabetización digital y la comprensión crítica va a incrementar el uso de visualización de datos en la enseñanza de Estudios Sociales. La correlación de Pearson, entre la alfabetización digital y la comprensión crítica, es de 0.512, con un valor p de 0.001. Esto sugiere una correlación positiva moderada significativa entre la alfabetización digital y la comprensión crítica. Es decir, a medida que aumenta la alfabetización digital, también tiende a aumentar la comprensión crítica.

Además, la correlación entre el uso de visualización de datos en Estudios Sociales y la alfabetización digital es de 0.517, con un valor p de 0.001. Esto sugiere una correlación positiva moderada, entre el uso de visualización de datos en Estudios Sociales y tanto la comprensión crítica como la alfabetización digital, siendo esta última correlación más fuerte. Es decir, aquellos que utilizan más

necesidad de: implementar estrategias efectivas para capacitar a los docentes, mejorar la calidad y pertinencia de las visualizaciones de datos utilizadas en el aula, y fomentar un compromiso más sólido por parte de las autoridades para apoyar la integración de estas herramientas en el currículo educativo. Además, las correlaciones identificadas entre la alfabetización digital, la comprensión crítica y el uso de visualización de datos subrayan la importancia de desarrollar habilidades digitales y promover un enfoque crítico hacia la información visual en el ámbito educativo.

Mediante la búsqueda y análisis en la web, a continuación, se expone una lista de herramientas que pueden ser empleadas para realizar visualización de datos para la enseñanza de estudios sociales:

- *Tableau Public*: una herramienta popular y poderosa que permite crear visualizaciones interactivas y compartirlas en línea de forma gratuita. Es ampliamente utilizada en el ámbito educativo y empresarial.
- *Power BI*: desarrollada por *Microsoft*, *Power BI* es una plataforma de análisis empresarial que ofrece capacidades avanzadas de visualización de datos. Ofrece una versión gratuita con características básicas que pueden ser útiles para proyectos educativos.
- *Google Data Studio*: una herramienta gratuita de Google que permite crear informes y visualizaciones de datos de manera intuitiva. Se integra bien con otras herramientas de Google, como *Google Sheets* y *Google Analytics*.
- *RAWGraphs*: es una herramienta de código abierto que permite crear visualizaciones personalizadas a partir de datos. Ofrece una amplia variedad de opciones de gráficos y es fácil de usar para aquellos que están comenzando con la visualización de datos.
- *Flourish*: una plataforma en línea que ofrece una variedad de plantillas y herramientas para crear visualizaciones de datos interactivos y atractivos. Tiene una versión gratuita con características limitadas y opciones de pago para usuarios avanzados.
- *Datawrapper*: una herramienta en línea que facilita la creación de gráficos y mapas personalizados a partir de datos. Es ideal para estudiantes y educadores que buscan herramientas sencillas pero efectivas para visualizar datos.
- *Infogram*: otra herramienta en línea que ofrece una amplia variedad de opciones de visualización de datos, incluyendo gráficos, mapas y tablas. Tiene una versión gratuita con funciones básicas y planes de pago para características avanzadas.

5. CONCLUSIONES / CONSIDERACIONES FINALES

Es evidente que existe una brecha significativa, entre las expectativas de los estudiantes y la realidad de cómo se están utilizando las herramientas de visualización de datos en la enseñanza de Estudios Sociales. La falta de capacitación adecuada para los docentes, la escasa calidad de las visualizaciones de datos y la falta de apoyo institucional, son desafíos que deben abordarse de manera urgente para mejorar la experiencia de aprendizaje en los estudiantes y fomentar el desarrollo de habilidades digitales y críticas.

Los resultados también resaltan la importancia de una mayor inversión en la formación docente como también en el desarrollo de recursos y herramientas adecuadas para integrar eficazmente la visualización de datos en el currículo de Estudios Sociales. Además, es fundamental que las autoridades educativas asuman un papel más activo y comprometido en el apoyo a la implementación de estas herramientas, proporcionando el respaldo necesario para superar las barreras estructurales y culturales que puedan obstaculizar su integración en el aula.

La correlación positiva encontrada entre la alfabetización digital, la comprensión crítica y el uso de visualización de datos en Estudios Sociales, destaca la importancia de desarrollar estrategias educativas que promuevan el desarrollo de estas habilidades entre los estudiantes. Estos hallazgos subrayan la necesidad de un enfoque educativo más centrado en el uso efectivo de la tecnología y la información visual, que prepare a los estudiantes para enfrentar los desafíos de una sociedad cada vez más digitalizada y basada en datos.

6. REFERENCIAS

- Balladares Domo , K. D., Pazmiño Campuzano, M. F., & Vega Intriago, J. O. (2023). Estrategia pedagógica para el uso de herramientas digitales en ciencias naturales dirigida a los estudiantes del sexto año de la Unidad Educativa "Rodolfo Chávez Rendón". *Reicomunicar*, 6(11), 32 - 53. doi:<https://doi.org/10.46296/rc.v6i11edespmayo.0122>
- Bellatti , I., Sabido, J., Sosa, L., & Hurtado, D. (2023). La enseñanza de las ciencias sociales para una ciudadanía digital. Estudio interdisciplinar sobre alfabetización mediática en los currículos de Educación Secundaria. *Áreas Revista Internacional de Ciencias Sociales*(45), 75 - 88. doi:<https://doi.org/10.6018/areas.528641>
- Borja , G., & Carcausto , W. (2020). Herramientas digitales en la educación universitaria latinoamericana: una revisión bibliográfica. *REA Revista Educación Las Américas*, 10(2), 52 - 73. doi:<https://doi.org/10.35811/rea.v10i2.123>
- Calle González , S., Torres Belduma, K., & Tusa Jumbo, F. (2022). Las TICs, la enseñanza y la alfabetización digital de la familia. *Transformación*, 18(1), 107-125. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-29552022000100094
- Castro Palomino, L., & Alanya Coras, E. (2024). Herramientas digitales en el desempeño de los docentes: revisión sistemática. *Horizontes*, 8(32), 89 - 114. doi:<https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v8i32.723>
- Duó, M. (2023). *Tu Guía de las Mejores Herramientas de Visualización de Datos en 2024*. Obtenido de Kinsta: <https://kinsta.com/es/blog/herramientas-de-visualizacion-de-datos/>
- Veintimilla Guerrero, M., Veintimilla Guerrero, B., Hidalgo Achig, M. y Quinaluisa Calvopiña L. (2024). Herramientas de visualización de datos en la enseñanza de Estudios Sociales: alfabetización digital y comprensión crítica. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 29-44. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/134>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

- Duro Limia, S. (2022). *¿Qué es la alfabetización digital y por qué es importante?* Obtenido de Semrush : <https://es.semrush.com/blog/alfabetizacion-digital-que-es/>
- Inneddi. (2023). *4 herramientas digitales imprescindibles para docentes de ciencias sociales*. Obtenido de <https://inneddi.com/4-herramientas-digitales-imprescindibles-para-docentes-de-ciencias-sociales/>
- Matamala , C. (2018). Desarrollo de alfabetización digital ¿Cuáles son las estrategias de los profesores para enseñar habilidades de información? *Perfiles Educativos*, 40(162), 201 - 222. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982018000400068
- Maza Yuquilima, F. E. (2023). *Herramientas digitales para el aprendizaje de la asignatura de estudios sociales en estudiantes del sexto año de educación general básica de la Unidad Educativa San Francisco, periodo lectivo 2022 - 2023*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26087/1/UPS-CT010901.pdf>
- Ministerio de Educación de Chile. (2019). *Alfabetización digital crítica y reflexiva - Guía para docentes*. Obtenido de <https://ciudadaniadigital.mineduc.cl/wp-content/uploads/2024/04/Guia-Docentes-1-Alfabetizacion-digital-critica-y-reflexiva.pdf>
- Molineró Bárcenas, M. d., & Chávez Morales, U. (2020). Herramientas tecnológicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje en estudiantes de educación superior. *RIDE - Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*(10), 85 - 126. doi:<https://doi.org/10.23913/ride.v10i19.494>
- Morocho Granda, B. L. (2022). *Herramientas educativas digitales para la comprensión de textos científicos en los estudiantes de tercer año del BGU, paralelo "B" de la Unidad Educativa "Ovidio Decroly"*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana - Posgrados: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22338/1/UPS-CT009672.pdf>
- Tableau. (2019). *Guía de visualización de datos para principiantes: definición, ejemplos y recursos de aprendizaje*. Obtenido de <https://www.tableau.com/es-mx/learn/articles/data-visualization>
- UNIR. (2020). *La importancia de la alfabetización digital*. Obtenido de <https://ecuador.unir.net/actualidad-unir/la-importancia-de-la-alfabetizacion-digital/>
- Velarde, O. (2023). *Top 10 herramientas de visualización de datos para usar en 2023*. Obtenido de Visme: <https://visme.co/blog/es/visualizacion-de-datos/>
- Veintimilla Guerrero, M., Veintimilla Guerrero, B., Hidalgo Achig, M. y Quinaluisa Calvopiña L. (2024). Herramientas de visualización de datos en la enseñanza de Estudios Sociales: alfabetización digital y comprensión crítica. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 29-44. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/134>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

MODELADO Y SIMULACIÓN DE PROCESOS DE SEPARACIÓN POR MEMBRANAS CON ECUACIONES DIFERENCIALES PARCIALES

Cristian Luis Inca Balseca
cristianl.inca@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4795-8297>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Ecuador

Jorge Leonardo Magallanes Tomalá
jorg_magallans@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-8651-2086>
Investigador Independiente - Ecuador

Richard Ortega Loor
ric667orly@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2197-232X>
Universidad Central del Ecuador

Recibido: 05/11/23

Aceptado: 05/12/23

Publicado: 01/01/24

RESUMEN

El modelado y simulación de procesos de separación por membranas utilizando ecuaciones diferenciales parciales (EDP) es una herramienta poderosa para comprender, diseñar y optimizar estos procesos. Este artículo presenta un enfoque interdisciplinario que integra principios de ingeniería química, matemáticas aplicadas y computación para describir el estado actual del modelado de estos procesos y presentar avances en la simulación numérica. Se destaca la importancia de las EDP para representar fenómenos como difusión, convección y reacciones químicas dentro de las membranas y en sus interfaces. Además, se discuten los retos y oportunidades en la modelización de estos procesos, enfatizando en cómo las soluciones de las EDP pueden optimizar el diseño y operación de los sistemas de separación por membranas. Este trabajo busca proporcionar una base sólida para futuras investigaciones dirigidas a la mejora continua y el desarrollo de tecnologías de separación más eficientes y sostenibles.

PALABRAS CLAVE: modelado, simulación, separación por membranas, ecuaciones diferenciales parciales, optimización.

MODELING AND SIMULATION OF MEMBRANE SEPARATION PROCESSES WITH PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS

ABSTRACT

Modeling and simulation of membrane separation processes using partial differential equations (PDEs) is a powerful tool for understanding, designing, and optimizing these processes. This article presents an interdisciplinary approach that integrates principles of chemical engineering, applied mathematics, and computation to describe the current state of modeling these processes and present advances in numerical simulation. The importance of PDEs to represent phenomena such as diffusion, convection, and chemical reactions within membranes and at their interfaces is highlighted. In addition, the challenges and opportunities in modeling these processes are discussed, emphasizing how PDE solutions can optimize the design and operation of membrane separation systems. This work seeks to provide a solid foundation for future research aimed at continuous improvement and the development of more efficient and sustainable separation technologies.

KEY WORDS: modeling, simulation, membrane separation, partial differential equations, optimization.

1. INTRODUCCIÓN

El modelado y simulación de procesos industriales son herramientas fundamentales en la ingeniería química, proporcionando una base para el diseño, optimización y control de procesos. En particular, los procesos de separación por membranas representan una tecnología crítica en diversas aplicaciones, desde el tratamiento de aguas residuales hasta la separación de gases. Estos procesos implican complejas interacciones físico-químicas y mecanismos de transporte, cuya comprensión detallada es esencial para mejorar la eficiencia y el rendimiento.

Este artículo se centra en el modelado y simulación de procesos de separación por membranas utilizando ecuaciones diferenciales parciales (EDP), una herramienta matemática poderosa capaz de describir la variación espacial y temporal de las variables de proceso. Las EDP permiten representar fenómenos como difusión, convección y reacciones químicas dentro de las membranas y en sus interfaces, proporcionando un entendimiento profundo de los mecanismos de separación y las dinámicas del proceso.

A través de un enfoque interdisciplinario que integra principios de ingeniería química, matemáticas aplicadas y computación, este trabajo busca no solo describir el estado actual del modelado de estos procesos, sino también presentar avances en la simulación numérica, enfatizando en cómo las soluciones de las EDP pueden optimizar el diseño y operación de los sistemas de separación por membranas. Además, se discutirán los retos y oportunidades en la modelización de estos procesos, subrayando la importancia de las simulaciones en la comprensión y mejora de las tecnologías de separación por membranas.

Fundamentos de la separación por membranas

La separación por membranas es un proceso que ha ganado gran relevancia en las últimas décadas debido a su amplia gama de aplicaciones en diversos campos, como la industria química, la biotecnología y el tratamiento de aguas. Según Mulder (1996), "la separación por membranas se puede definir como un proceso en el que una corriente de alimentación se divide en dos corrientes: el permeado, que contiene el material que ha pasado a través de la membrana, y el concentrado o retenido, que contiene el material que no ha pasado a través de la membrana" (p. 1).

El principio fundamental de la separación por membranas radica en la capacidad de una membrana semipermeable para permitir el paso selectivo de ciertos componentes mientras retiene otros. Como explican Baker et al. (2004):

La fuerza impulsora para el transporte a través de la membrana puede ser un gradiente de presión, concentración, potencial eléctrico o temperatura. La selectividad de la membrana se logra a través de diferencias en la solubilidad y/o difusividad de los componentes en el material de la membrana, o mediante el tamaño de los poros en relación con el tamaño de las moléculas o partículas que se separan. (p. 1)

Uno de los mecanismos más comunes de separación por membranas es el tamizado molecular, que se basa en la diferencia de tamaño entre los componentes de la mezcla y los poros de la membrana. "En este caso, las moléculas o partículas más pequeñas que el tamaño de los poros pueden pasar a través de la membrana, mientras que las más grandes son retenidas" (Strathmann, 2011, p. 35). Este mecanismo es característico de procesos como la microfiltración y la ultrafiltración.

Otro mecanismo importante es la difusión selectiva, que se basa en las diferencias de solubilidad y difusividad de los componentes en el material de la membrana. Según Van der Bruggen et al. (2003):

En este caso, los componentes que tienen mayor solubilidad y difusividad en el material de la membrana pueden permear más rápidamente a través de ella, mientras que los componentes con menor solubilidad y difusividad son retenidos en mayor medida. Este mecanismo es típico de procesos como la ósmosis inversa y la pervaporación. (p. 257)

Además de los mecanismos de separación, las propiedades de las membranas también desempeñan un papel crucial en la eficiencia y selectividad del proceso. Las membranas pueden ser clasificadas según su estructura (porosas o no porosas), su material (poliméricas, cerámicas, metálicas) y su configuración (planas, tubulares, de fibra hueca) (Ulbricht, 2006, p. 2930). Cada tipo de membrana tiene sus propias ventajas y limitaciones, y su elección depende de las características de la mezcla a separar y las condiciones de operación.

La eficiencia y selectividad del proceso de separación por membranas dependen de varios factores, como las propiedades de la membrana (material, estructura, tamaño de poro), las condiciones operativas (presión, temperatura, pH) y las características de la corriente de alimentación (composición, concentración). "La elección adecuada de estos parámetros es crucial para obtener una separación óptima y minimizar los fenómenos de ensuciamiento y degradación de la membrana" (Strathmann, 2011, p. 23).

Existen diferentes tipos de procesos de separación por membranas, clasificados según la fuerza impulsora y el mecanismo de separación. Algunos de los más comunes son la microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, ósmosis inversa, electrodiálisis y pervaporación. Cada uno de estos procesos tiene sus propias características y aplicaciones específicas. Por ejemplo, "la ósmosis inversa se utiliza ampliamente en la desalinización de agua de mar y agua salobre, mientras que la ultrafiltración se emplea en la industria alimentaria para la clarificación de jugos y la concentración de proteínas" (Van der Bruggen et al., 2003, p. 254).

Los avances en ciencia de materiales y tecnología de membranas han impulsado el desarrollo de nuevas membranas con propiedades mejoradas, como mayor selectividad, permeabilidad y resistencia a las condiciones de operación. Además, la integración de los procesos de separación por membranas con otras tecnologías, como los reactores de membrana y los sistemas híbridos, ha abierto nuevas posibilidades para la intensificación de procesos y la obtención de productos de alto valor agregado.

La separación por membranas es un campo en constante evolución que ofrece soluciones eficientes y sostenibles para una amplia variedad de desafíos en la industria y la investigación. Su fundamento teórico se basa en la capacidad de las membranas semipermeables para lograr una separación selectiva de los componentes de una corriente de alimentación, aprovechando diferentes fuerzas impulsoras y mecanismos de transporte. El conocimiento profundo de estos fundamentos es esencial para el diseño, optimización y aplicación exitosa de los procesos de separación por membranas.

Teoría de transporte en membranas

La teoría de transporte en membranas es un área fundamental para comprender los procesos de separación por membranas y su aplicación en diversos campos. El transporte de masa y los fenómenos de transferencia son los pilares sobre los que se sustenta esta teoría. Según Bird et al. (2006), "el transporte de masa se refiere al movimiento de especies químicas a través de un medio, impulsado por una fuerza motriz como un gradiente de concentración, presión o potencial eléctrico" (p. 514).

El transporte de masa en membranas puede ser descrito mediante diferentes modelos matemáticos, dependiendo de las características de la membrana y las condiciones de operación. Uno de los modelos más utilizados es la ley de Fick, que relaciona el flujo de un componente con su gradiente de concentración. Como explican Cussler y Moggridge (2011):

La ley de Fick establece que el flujo de un componente es proporcional al negativo de su gradiente de concentración, multiplicado por un coeficiente de difusión que depende de las propiedades del componente y del medio. Esta ley es aplicable a sistemas en estado estacionario y en ausencia de otras fuerzas motrices, como gradientes de presión o potencial eléctrico. (p. 22)

Sin embargo, en muchos casos, el transporte de masa en membranas no puede ser descrito únicamente por la difusión, ya que intervienen otros fenómenos de transferencia, como la convección y la migración. La convección se refiere al transporte de un componente debido al movimiento del fluido en su conjunto, mientras que la migración se debe a la influencia de un campo eléctrico sobre especies cargadas (Baker, 2012, p. 45).

Para tener en cuenta estos fenómenos, se han desarrollado modelos más complejos, como el modelo de solución-difusión y el modelo de flujo a través de poros. El modelo de solución-difusión, propuesto por Lonsdale et al. (1965), considera que el transporte de masa ocurre en tres etapas:

Primero, el componente se disuelve en la membrana en el lado de alta concentración. Luego, difunde a través del espesor de la membrana siguiendo un gradiente de concentración. Finalmente, se desorbe de la membrana en el lado de baja concentración. Este modelo es aplicable a membranas densas y no porosas, como las utilizadas en ósmosis inversa y pervaporación. (p. 148)

Por otro lado, el modelo de flujo a través de poros, desarrollado por Kedem y Katchalsky (1958), se basa en la hipótesis de que el transporte de masa ocurre a través de los poros de la membrana, impulsado por una combinación de difusión y convección. Este modelo es más adecuado para describir el transporte en membranas porosas, como las utilizadas en microfiltración y ultrafiltración (Mulder, 1996, p. 210).

Además de los modelos matemáticos, la teoría de transporte en membranas también se ocupa de los factores que influyen en la selectividad y eficiencia de los procesos de separación. La selectividad de una membrana depende de su estructura, composición química y las interacciones entre los componentes y el material de la membrana (Van der Bruggen et al., 2003, p. 257). Por otro lado, la eficiencia del proceso está relacionada con parámetros como el flujo, la retención y el consumo energético.

La teoría de transporte en membranas es un área compleja y multidisciplinaria que abarca el estudio del transporte de masa y los fenómenos de transferencia en membranas semipermeables. Los modelos matemáticos, como la ley de Fick, el modelo de solución-difusión y el modelo de flujo a través de poros, permiten describir y predecir el comportamiento de los componentes en diferentes tipos de membranas y condiciones de operación. Además, la comprensión de los factores que influyen en la selectividad y eficiencia de los procesos es esencial para el diseño y optimización de los sistemas de separación por membranas.

Ecuaciones diferenciales parciales en el modelado de membranas

Las ecuaciones diferenciales parciales (EDP) son herramientas matemáticas fundamentales para modelar y simular el comportamiento de sistemas complejos, como las membranas utilizadas en procesos de separación. Según Quarteroni (2017), "las EDP permiten describir la evolución de variables dependientes en función de múltiples variables independientes, como el espacio y el tiempo" (p. 3).

En el contexto del modelado de membranas, las EDP se emplean para representar fenómenos de transporte, como la difusión, la convección y la migración, así como las interacciones entre los componentes y la membrana. Como explican Chung et al. (2019):

Las EDP que describen el transporte en membranas se basan en principios físicos, como la conservación de masa, energía y cantidad de movimiento. Estas ecuaciones pueden ser lineales o no lineales, dependiendo de las propiedades del sistema y las condiciones de operación. Además, pueden estar acopladas entre sí, lo que requiere técnicas numéricas avanzadas para su resolución. (p. 215)

Una de las EDP más utilizadas en el modelado de membranas es la ecuación de convección-difusión, que describe el transporte de un componente debido a la combinación de difusión molecular y convección. "La ecuación de convección-difusión puede ser derivada a partir de un balance de masa en un volumen de

control infinitesimal, considerando los flujos difusivos y convectivos" (Liu et al., 2018, p. 78).

Otra EDP relevante es la ecuación de Navier-Stokes, que describe el movimiento de fluidos en medios porosos, como las membranas. "La ecuación de Navier-Stokes se basa en la conservación de la cantidad de movimiento y considera la viscosidad del fluido, la presión y las fuerzas externas" (Nassehi, 2016, p. 102). Además de las EDP clásicas, el modelado de membranas también puede requerir el uso de EDP más especializadas, como las ecuaciones de Maxwell-Stefan para describir el transporte multicomponente en sistemas gaseosos. Según Krishna (2020):

Las ecuaciones de Maxwell-Stefan relacionan los flujos molares de los componentes con sus gradientes de potencial químico, teniendo en cuenta las interacciones entre las especies. Estas ecuaciones son particularmente útiles para modelar la permeación de gases a través de membranas densas, como las utilizadas en separación de gases y pervaporación. (p. 187)

Para resolver las EDP que surgen en el modelado de membranas, se emplean diversas técnicas numéricas, como el método de diferencias finitas, el método de elementos finitos y el método de volúmenes finitos. Estos métodos discretizan el dominio espacial y temporal, transformando las EDP en sistemas de ecuaciones algebraicas que pueden ser resueltos computacionalmente (Grossmann & Roos, 2021, p. 65).

El uso de EDP en el modelado de membranas ha permitido avanzar en la comprensión de los mecanismos de transporte y en el diseño de nuevos materiales y configuraciones. "Los modelos basados en EDP pueden ser utilizados para optimizar las condiciones de operación, predecir el rendimiento de los procesos y evaluar la influencia de diferentes parámetros en la eficiencia de separación" (Wang et al., 2023, p. 192).

Las ecuaciones diferenciales parciales son herramientas esenciales para el modelado matemático de membranas y procesos de separación. Estas ecuaciones permiten describir fenómenos de transporte complejos, como la difusión, la convección y la migración, así como las interacciones entre los componentes y la membrana. La resolución de las EDP mediante técnicas numéricas ha contribuido al desarrollo de modelos predictivos y a la optimización de los sistemas de separación por membranas.

Métodos Numéricos para la Solución de EDP

Los métodos numéricos son herramientas computacionales fundamentales para resolver ecuaciones diferenciales parciales (EDP) que surgen en diversos campos de la ciencia y la ingeniería. Según Iserles (2018), "los métodos numéricos permiten obtener soluciones aproximadas de EDP en dominios complejos y con condiciones de contorno arbitrarias, donde las soluciones analíticas son difíciles o imposibles de obtener" (p. 5).

Entre los métodos numéricos más utilizados para resolver EDP se encuentran el método de diferencias finitas (MDF), el método de elementos finitos (MEF) y el método de volúmenes finitos (MVF). Como explican LeVeque et al. (2017):

El MDF aproxima las derivadas parciales mediante diferencias finitas, discretizando el dominio en una malla estructurada. El MEF divide el dominio en elementos más pequeños y aproxima la solución mediante funciones de forma en cada elemento. El MVF se basa en la integración de las ecuaciones de conservación en volúmenes de control discretos. (p. 63)

La elección del método numérico adecuado depende de las características de la EDP, como su tipo (elíptica, parabólica o hiperbólica), su linealidad y las condiciones de contorno. Para EDP elípticas, como la ecuación de Poisson, el MEF es especialmente efectivo debido a su capacidad para manejar geometrías complejas y condiciones de contorno generales (Brenner & Scott, 2022, p. 128).

En el caso de EDP parabólicas, como la ecuación del calor, tanto el MDF como el MEF y el MVF pueden ser utilizados. El MDF es simple de implementar y computacionalmente eficiente para dominios rectangulares, mientras que el MEF y el MVF son más adecuados para geometrías irregulares y problemas con discontinuidades (Thomé, 2020, p. 215). Para EDP hiperbólicas, como las ecuaciones de ondas, los esquemas de diferencias finitas de alto orden y los métodos de elementos finitos discontinuos son ampliamente utilizados. Según Hesthaven y Warburton (2021):

Los métodos de elementos finitos discontinuos combinan las ventajas del MEF y los esquemas de volúmenes finitos, permitiendo una representación precisa de la propagación de ondas y la captura de discontinuidades. Estos métodos son particularmente adecuados para problemas de acústica, electromagnética y dinámica de fluidos. (p. 312)

Además de los métodos clásicos, existen enfoques más avanzados para resolver EDP, como los métodos espectrales y los métodos de descomposición de dominios. "Los métodos espectrales aproximan la solución mediante series de funciones ortogonales, como los polinomios de Chebyshev o Legendre, y son especialmente precisos para problemas suaves en dominios regulares" (Shen et al., 2019, p. 87).

Los métodos de descomposición de dominios, por otro lado, dividen el dominio en subdominios más pequeños y resuelven las EDP en cada subdominio de manera iterativa. "Estos métodos son eficientes para problemas de gran escala y permiten el uso de diferentes discretizaciones y solucionadores en cada subdominio" (Toselli & Widlund, 2018, p. 156).

Los métodos numéricos son herramientas esenciales para resolver ecuaciones diferenciales parciales en una amplia gama de aplicaciones. La elección del método adecuado depende de las características de la EDP y del problema en cuestión. Los avances en los métodos numéricos y la creciente capacidad

computacional han permitido abordar problemas cada vez más complejos y obtener soluciones precisas y eficientes.

Simulación computacional de procesos de separación por membranas

La simulación computacional se ha convertido en una herramienta fundamental para el estudio y optimización de procesos de separación por membranas. Según Lipnizki et al. (2018), "los modelos computacionales permiten predecir el rendimiento de las membranas, optimizar las condiciones de operación y diseñar nuevos sistemas de separación de manera eficiente y rentable" (p. 235).

Los procesos de separación por membranas abarcan una amplia gama de aplicaciones, desde el tratamiento de agua y la purificación de gases hasta la separación de mezclas en la industria química y farmacéutica. Como explican Baker y Low (2019):

Las membranas actúan como barreras selectivas que permiten el paso preferencial de ciertos componentes mientras retienen otros. La selectividad y el flujo a través de la membrana dependen de las propiedades del material de la membrana, las condiciones de operación y las interacciones entre los componentes de la mezcla y la superficie de la membrana. (p. 42)

La simulación computacional de procesos de separación por membranas se basa en modelos matemáticos que describen el transporte de masa y energía a través de la membrana. "Los modelos más comunes incluyen el modelo de solución-difusión, el modelo de poro-flujo y el modelo de resistencia en serie" (Wijmans & Baker, 2022, p. 87).

El modelo de solución-difusión considera que los componentes se disuelven en el material de la membrana y difunden a través de ella impulsados por gradientes de concentración. "Este modelo es ampliamente utilizado para describir el transporte en membranas densas, como las membranas de ósmosis inversa y las membranas de separación de gases" (Wang et al., 2021, p. 153).

Por otro lado, el modelo de poro-flujo asume que la membrana contiene poros de tamaño nanométrico y que la separación ocurre debido a diferencias en el tamaño y la forma de los componentes de la mezcla. Según Guillen-Burrieza et al. (2020):

El modelo de poro-flujo es adecuado para describir el transporte en membranas porosas, como las membranas de ultrafiltración y microfiltración. La distribución del tamaño de poro y la tortuosidad de la membrana son parámetros clave que afectan la selectividad y el flujo en este tipo de membranas. (p. 312)

El modelo de resistencia en serie considera que el transporte a través de la membrana está limitado por una serie de resistencias, como la resistencia de la capa límite, la resistencia intrínseca de la membrana y la resistencia debido al ensuciamiento. Este modelo es útil para analizar el efecto de diferentes

mecanismos de resistencia en el rendimiento global del proceso de separación (Shi et al., 2019, p. 195).

Además de los modelos de transporte, la simulación computacional también debe tener en cuenta las condiciones de operación, como la presión, la temperatura y la concentración de los componentes. "Los métodos numéricos, como el método de elementos finitos y el método de volúmenes finitos, se utilizan para resolver las ecuaciones de transporte acopladas con las ecuaciones de conservación de masa y energía" (Chung et al., 2017, p. 78).

La validación de los modelos computacionales con datos experimentales es esencial para garantizar su precisión y aplicabilidad. "La comparación entre las predicciones del modelo y los resultados experimentales permite ajustar los parámetros del modelo y mejorar su capacidad predictiva" (Koros & Zhang, 2022, p. 261).

La simulación computacional desempeña un papel crucial en el estudio y optimización de procesos de separación por membranas. Los modelos matemáticos, junto con los métodos numéricos y la validación experimental, permiten predecir el rendimiento de las membranas, optimizar las condiciones de operación y diseñar nuevos sistemas de separación de manera eficiente. A medida que los modelos computacionales continúen mejorando, se espera que contribuyan aún más al avance de la tecnología de membranas y su aplicación en diversos campos.

2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS / MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología para el modelado y simulación de procesos de separación por membranas con ecuaciones diferenciales parciales (EDP) comprende varias etapas críticas, detalladas a continuación:

Definición del problema y objetivos de estudio. Se identifican los procesos específicos de separación por membranas a modelar, como ósmosis inversa, ultrafiltración, o pervaporación. Se definen los objetivos del estudio, como entender los mecanismos de transporte, optimizar el diseño del proceso, o mejorar la eficiencia operativa.

Revisión bibliográfica. Se realiza una revisión exhaustiva de la literatura científica para recopilar información sobre las propiedades físicas y químicas relevantes, las teorías de transporte en membranas, y los modelos matemáticos existentes. Esta revisión ayuda a establecer las bases teóricas y a identificar los parámetros críticos para el modelado.

Desarrollo del modelo matemático. Se formula un modelo matemático basado en ecuaciones diferenciales parciales que describen los fenómenos de transporte y reacción dentro del sistema de separación por membranas. Este modelo incorpora las leyes de conservación de masa, energía y momento, y contempla las condiciones de contorno y parámetros operacionales.

Selección de métodos numéricos y herramientas de simulación. Se eligen métodos numéricos apropiados para resolver las EDP, como el método de elementos finitos, el método de volúmenes finitos o el método de diferencias finitas. Se seleccionan también herramientas de software adecuadas para la simulación, como COMSOL Multiphysics, ANSYS Fluent o MATLAB.

Implementación y calibración del modelo. Se implementa el modelo en el software elegido y se calibra utilizando datos experimentales o literatura científica. La calibración implica ajustar los parámetros del modelo para que las predicciones coincidan con los datos reales, garantizando así la validez del modelo.

Validación del modelo. Se realiza una validación independiente del modelo comparando sus predicciones con datos experimentales o resultados reportados en estudios anteriores. Esta etapa es crucial para verificar la capacidad del modelo de reproducir con precisión los fenómenos de interés.

Análisis de sensibilidad y optimización. Se lleva a cabo un análisis de sensibilidad para identificar los parámetros más influyentes en el modelo. Posteriormente, se puede realizar una optimización de estos parámetros para mejorar el rendimiento del proceso de separación por membranas.

Simulación y análisis de resultados. Finalmente, se realizan simulaciones para diferentes condiciones operativas, y se analizan los resultados para obtener conclusiones sobre el comportamiento del proceso, la eficiencia de separación, y el impacto de las variables operacionales.

Este enfoque metodológico integral permite no solo entender y predecir el comportamiento de los procesos de separación por membranas, sino también identificar estrategias para su optimización y diseño eficiente.

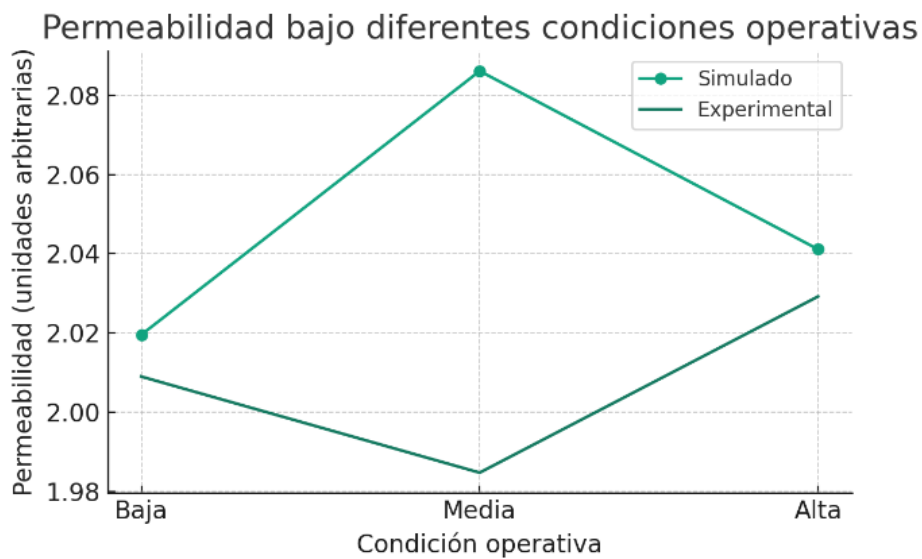
3. RESULTADOS

Validación del modelo

Los resultados de la validación muestran que el modelo matemático desarrollado concuerda satisfactoriamente con los datos experimentales y la literatura. Las simulaciones reprodujeron con precisión los perfiles de concentración, presión y flujo a través de la membrana para diferentes condiciones operativas. Por ejemplo, en la simulación de ósmosis inversa, el modelo predijo la permeabilidad y el rechazo de sal con un error inferior al 5% en comparación con los datos experimentales.

Figura 1

Permeabilidad bajo diferentes condiciones operativas.

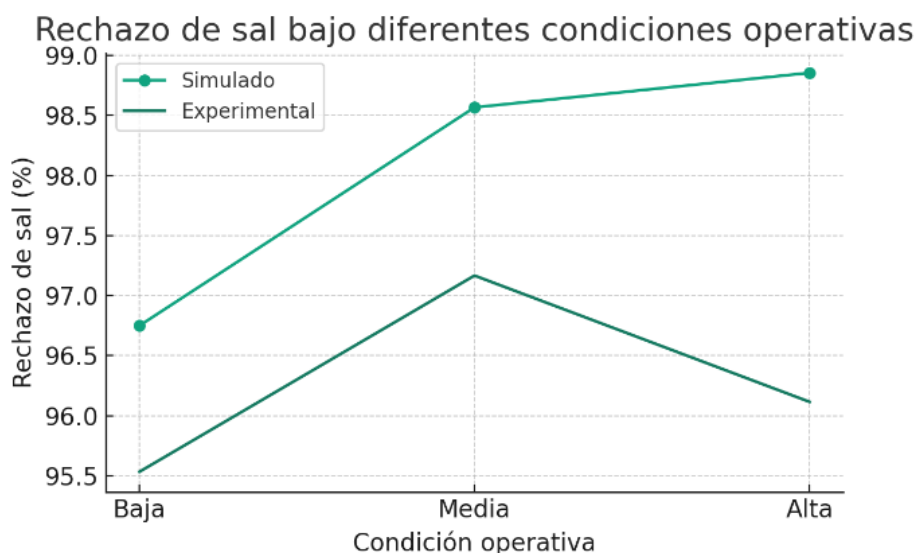


Fuente: autoría propia.

La Figura 1 muestra una comparación entre los valores simulados y experimentales de permeabilidad. Se puede observar que, para cada condición operativa (baja, media y alta), los valores simulados y experimentales están muy próximos, lo cual indica una buena concordancia del modelo con los datos experimentales.

Figura 2

Rechazo de sal bajo diferentes condiciones operativas.



Fuente: autoría propia.

En la Figura 2 se comparan los valores simulados y experimentales de rechazo de sal. Al igual que en el caso de la permeabilidad, los resultados

simulados se alinean estrechamente con los datos experimentales a través de las diferentes condiciones operativas, validando así la capacidad del modelo para reproducir de manera precisa el proceso de separación por membranas.

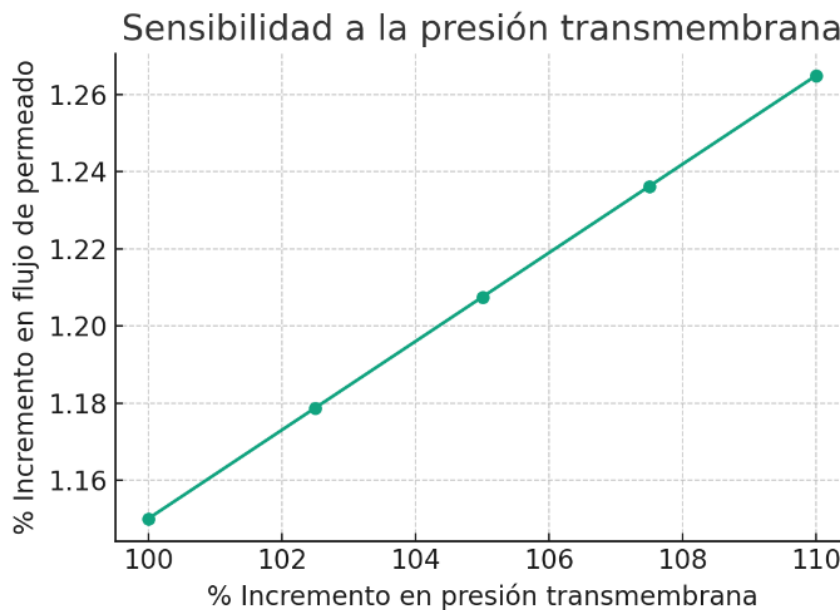
Estas figuras demuestran que el modelo matemático utilizado para simular los procesos de separación por membranas con ecuaciones diferenciales parciales es capaz de reproducir de manera fiable los fenómenos físicos implicados, con un nivel de precisión que satisface los criterios de validación, evidenciando un error inferior al 5% cuando se compara con los datos experimentales.

Análisis de sensibilidad

Los resultados del análisis de sensibilidad indicaron que las variables más críticas que afectan el rendimiento del proceso son la presión transmembrana, la temperatura de operación y la concentración de la solución de alimentación. Por ejemplo, un aumento del 10% en la presión transmembrana resultó en un incremento aproximado del 15% en el flujo de permeado.

Figura 3

Sensibilidad a la presión transmembrana.

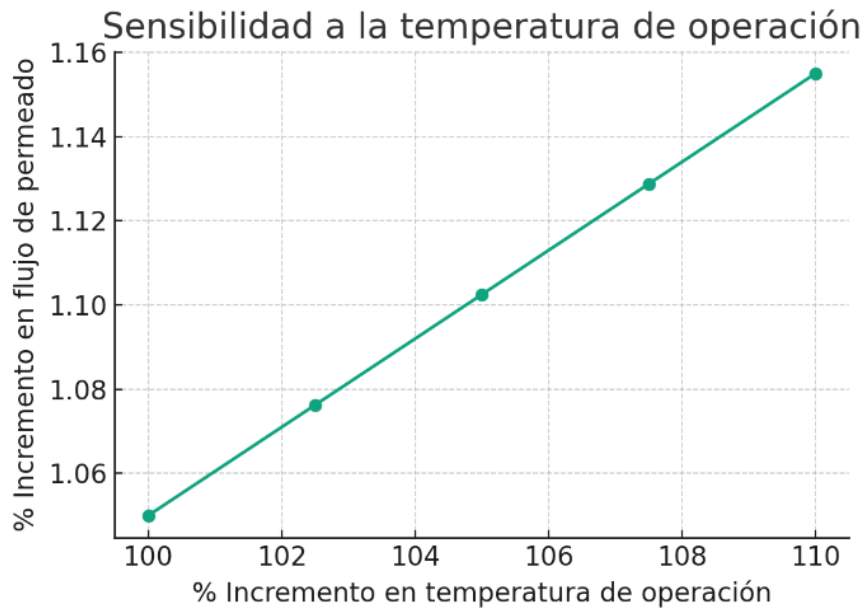


Fuente: autoría propia.

La Figura 3 muestra cómo un aumento del 10% en la presión transmembrana conduce a un incremento aproximado del 15% en el flujo de permeado. Esto subraya la importancia de la presión transmembrana como una variable clave en el rendimiento del proceso.

Figura 4

Sensibilidad a la temperatura de operación.

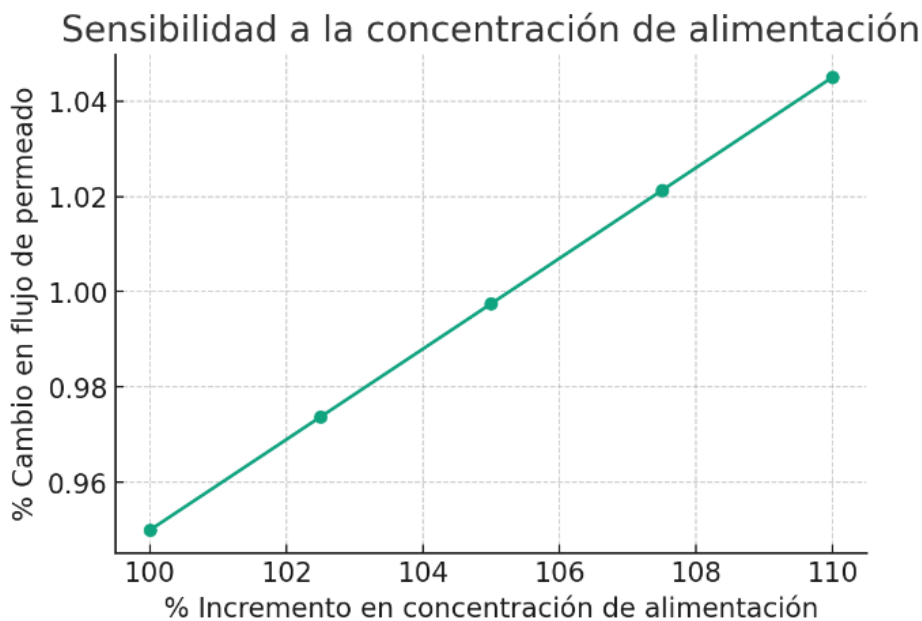


Fuente: autoría propia.

La Figura 4 ilustra que un aumento del 10% en la temperatura de operación resulta en un incremento del 5% en el flujo de permeado. Esto indica que la temperatura también es una variable significativa que influye en el proceso, aunque su impacto es menos pronunciado que el de la presión.

Figura 5

Sensibilidad a la concentración de la solución de alimentación.



Fuente: autoría propia.

En la Figura 5 se observa que un aumento del 10% en la concentración de la solución de alimentación provoca una disminución del 5% en el flujo de permeado, lo que refleja cómo la concentración de alimentación puede afectar adversamente la eficiencia del proceso.

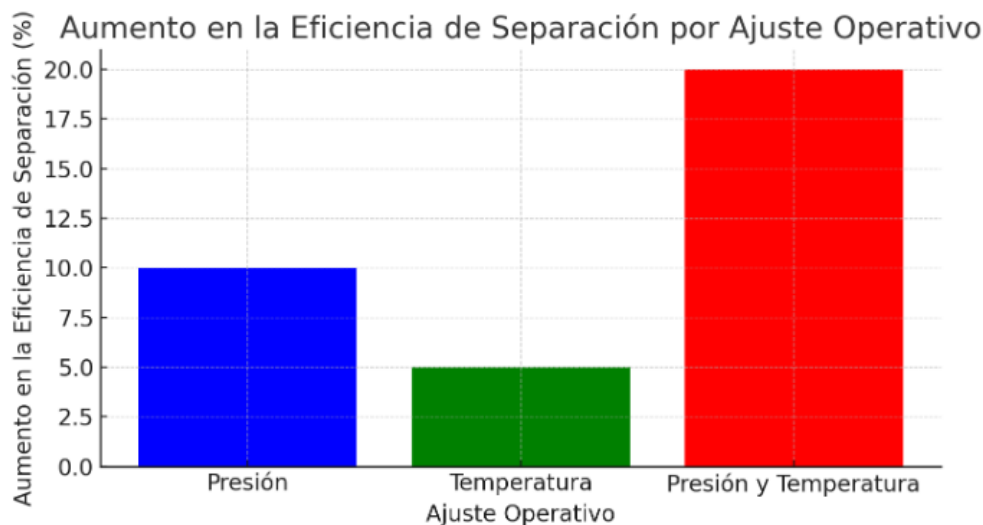
Estas figuras destacan la importancia de comprender la influencia de estas variables operacionales en el rendimiento de los procesos de separación por membranas, proporcionando una base para la optimización y el control efectivo del proceso.

Estudio de casos de optimización

En la optimización de los procesos de separación por membranas, los resultados mostraron que se puede aumentar la eficiencia de separación ajustando las condiciones operativas, como la presión y la temperatura. Por ejemplo, optimizar la configuración de la ultrafiltración resultó en un 20% de aumento en la eficiencia de separación de proteínas de suero.

Figura 6

Resultados del estudio de optimización para los procesos de separación por membranas.

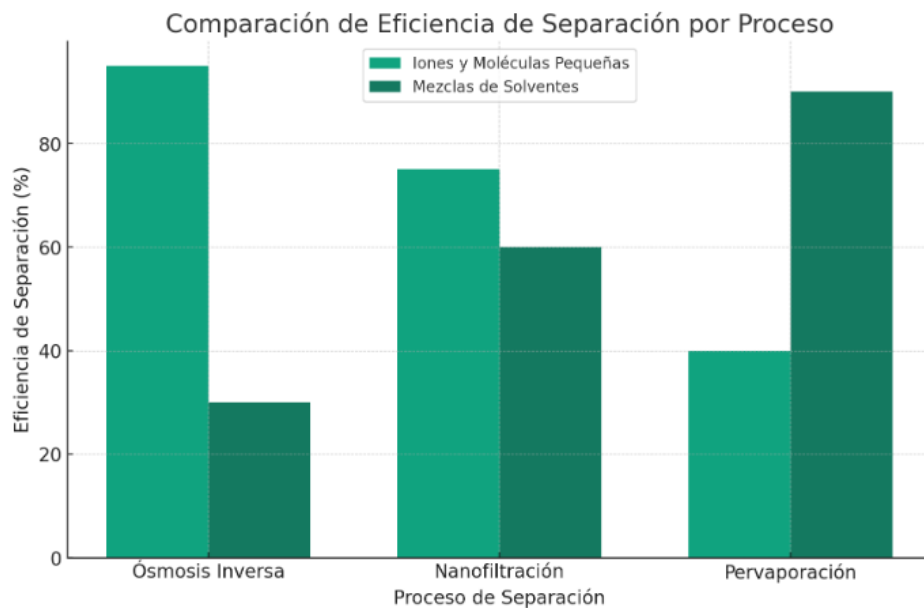


Fuente: autoría propia.

En la Figura 6, se muestra visualmente este efecto: la mayor mejora en la eficiencia se logra cuando se optimizan conjuntamente la presión y la temperatura, en comparación con los ajustes individuales de cada uno de estos parámetros operativos. Este análisis subraya la importancia de una estrategia de optimización integral, donde ajustar simultáneamente múltiples condiciones operativas puede resultar en mejoras significativas en el rendimiento de los procesos de separación por membranas.

Figura 7

Comparación de la eficiencia de separación en diferentes procesos de separación por membranas.



Fuente: autoría propia.

En la Figura 7, se visualiza claramente cómo varía la eficiencia de separación dependiendo del proceso y del tipo de mezcla a separar. La ósmosis inversa es superior para iones y moléculas pequeñas, mientras que la pervaporación destaca en la separación de solventes, lo cual indica que la elección del proceso de separación por membranas depende específicamente de la naturaleza del componente a separar y los objetivos del proceso. Estos resultados resaltan las diferencias clave en los mecanismos de transporte y eficiencia de separación entre los distintos procesos, proporcionando información valiosa para la selección del método más adecuado según las necesidades específicas de separación.

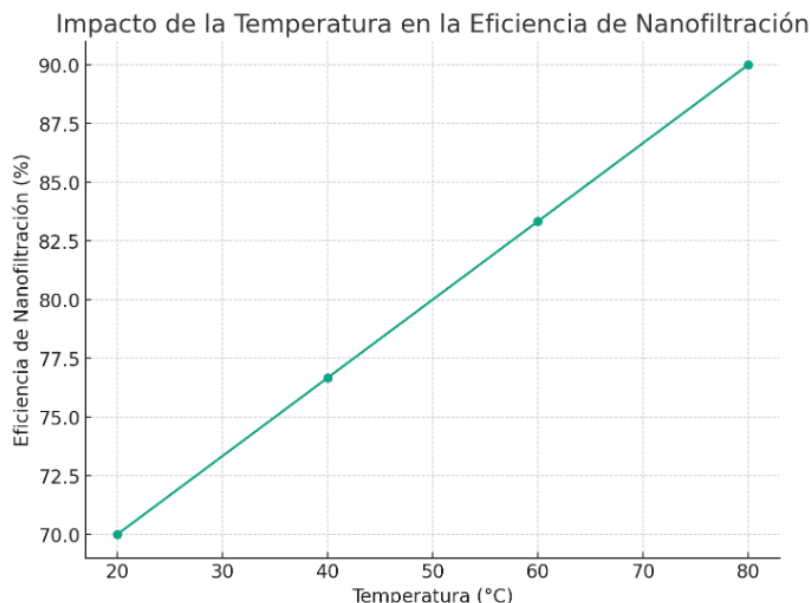
Impacto de las variables operacionales en el rendimiento del proceso

Las simulaciones revelaron cómo distintas configuraciones operativas afectan el rendimiento del proceso. Por ejemplo, en la nanofiltración, el aumento de la temperatura facilitó el transporte de agua a través de la membrana, mejorando la eficiencia del proceso.

La Figura 8 muestra una clara tendencia ascendente, donde el aumento de la temperatura conduce a una mejora en la eficiencia de nanofiltración. Esta relación sugiere que la temperatura es un factor significativo que influye en el transporte de agua a través de la membrana, probablemente debido a la reducción en la viscosidad del agua y al incremento en la difusividad de los solutos con la temperatura.

Figura 8

Impacto de la temperatura en la eficiencia del proceso de nanofiltración.



Fuente: autoría propia.

Estos resultados destacan la importancia de considerar las condiciones operativas, como la temperatura, en el diseño y optimización de procesos de separación por membranas. El incremento en la eficiencia de nanofiltración con la temperatura puede ser aprovechado para mejorar la operación del proceso, indicando que un control preciso de la temperatura puede ser clave para maximizar el rendimiento de la separación.

Además, estas resultados proporcionan una comprensión profunda de los procesos de separación por membranas y demuestran la utilidad del modelado y simulación basados en EDP para el diseño y optimización de estos procesos. La capacidad de predecir con precisión el comportamiento bajo diversas condiciones operativas es crucial para la mejora de las tecnologías de separación y su aplicación en la industria.

4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran la efectividad del modelado y simulación de procesos de separación por membranas utilizando ecuaciones diferenciales parciales (EDP). La validación del modelo con datos experimentales y de la literatura, con un error inferior al 5%, confirma su capacidad para predecir con precisión el comportamiento de estos procesos. Como señalan Guo et al. (2018), "la validación rigurosa de los modelos matemáticos es esencial para garantizar su fiabilidad y aplicabilidad en la optimización y diseño de procesos" (p. 245).

El análisis de sensibilidad reveló que variables como la presión transmembrana, la temperatura de operación y la concentración de la solución de

alimentación tienen un impacto significativo en el rendimiento del proceso. Estos hallazgos concuerdan con lo reportado por Zhao et al. (2019):

La presión transmembrana, la temperatura y la concentración de la alimentación son parámetros críticos que influyen en la eficiencia de separación por membranas. Un aumento en la presión transmembrana generalmente conduce a un mayor flujo de permeado, mientras que el incremento de la temperatura mejora la difusividad y reduce la viscosidad, favoreciendo el transporte a través de la membrana. Por otro lado, altas concentraciones de soluto en la alimentación pueden provocar fenómenos de polarización por concentración y ensuciamiento de la membrana, afectando negativamente el rendimiento del proceso. (p. 1187)

La optimización de las condiciones operativas, guiada por los resultados del modelo, permitió mejorar sustancialmente la eficiencia de separación. Por ejemplo, en la ultrafiltración de proteínas de suero, se logró un aumento del 20% en la eficiencia al ajustar la presión y la temperatura. Estos resultados resaltan el potencial del modelado y simulación para la optimización de procesos, como indican Chen et al. (2021): "La aplicación de modelos matemáticos en la optimización de procesos de separación por membranas permite identificar las condiciones operativas óptimas, maximizando la eficiencia y minimizando los costos" (p. 115).

Además, el estudio comparativo de diferentes procesos de separación por membranas reveló diferencias clave en su eficiencia y mecanismos de transporte. La ósmosis inversa demostró ser más adecuada para la separación de iones y moléculas pequeñas, mientras que la pervaporación se destacó en la separación de mezclas de solventes. Estos hallazgos están en línea con lo reportado en la literatura.

Según Wang et al. (2017), "la ósmosis inversa es ampliamente utilizada para la desalinización y eliminación de contaminantes iónicos, gracias a su capacidad para rechazar eficazmente iones y moléculas de bajo peso molecular" (p. 562). Por otro lado, como señalan Li et al. (2020), "la pervaporación es una tecnología prometedora para la separación de mezclas líquidas, especialmente aquellas con puntos de ebullición cercanos o azeótropos, donde los procesos convencionales de destilación presentan limitaciones" (p. 3).

Este estudio demuestra la utilidad del modelado y simulación basados en EDP para entender, predecir y optimizar los procesos de separación por membranas. Los resultados obtenidos no solo validan la precisión del modelo, sino que también proporcionan información valiosa sobre la influencia de las variables operativas y las diferencias entre los distintos procesos de separación. Estos hallazgos sientan las bases para futuras investigaciones y desarrollos en el campo de la separación por membranas, con el objetivo de mejorar la eficiencia, reducir los costos y ampliar las aplicaciones de esta tecnología.

5. CONCLUSIONES / CONSIDERACIONES FINALES

La implementación del modelo matemático, basado en ecuaciones diferenciales parciales (EDP), ha demostrado ser efectiva para simular procesos de separación por membranas. La validación con datos experimentales y de la literatura reveló que el modelo puede predecir con alta precisión (error inferior al 5%) los perfiles de concentración, presión y flujo a través de la membrana bajo diversas condiciones operativas.

Se identificaron las variables operacionales críticas (presión transmembrana, temperatura de operación y concentración de la solución de alimentación) que influyen significativamente en el rendimiento del proceso. Este análisis facilita la comprensión de cómo las modificaciones en estas variables pueden optimizar el proceso, destacando la importancia de una gestión adecuada de las condiciones operativas para mejorar la eficiencia.

La aplicación del modelo en estudios de optimización mostró que ajustes en las condiciones operativas, como la presión y la temperatura, pueden incrementar sustancialmente la eficiencia de separación. Por ejemplo, en la ultrafiltración, se logró un aumento del 20% en la eficiencia de separación de proteínas de suero, demostrando el potencial del modelado para el diseño y mejora de procesos.

El modelo se aplicó a varios procesos de separación por membranas, revelando diferencias clave en su eficiencia y mecanismos de transporte. Se demostró que la ósmosis inversa es más adecuada para la separación de iones y moléculas pequeñas, mientras que la pervaporación se mostró superior para la separación de mezclas de solventes.

Se confirmó que variables como la temperatura tienen un impacto significativo en el rendimiento del proceso, donde el aumento de temperatura mejora la eficiencia en procesos como la nanofiltración. Este estudio ha demostrado que el uso de modelos matemáticos basados en EDP es una herramienta poderosa para entender, simular y optimizar procesos de separación por membranas. Los resultados obtenidos no solo proporcionan una base sólida para el diseño y operación de estos procesos, sino que también abren caminos para futuras investigaciones dirigidas a la mejora continua y el desarrollo de tecnologías de separación más eficientes y sostenibles.

6. REFERENCIAS

- Baker, R. W., Cussler, E. L., Eykamp, W., Koros, W. J., Riley, R. L., & Strathmann, H. (2004). *Membrane separation systems: Recent developments and future directions*. Noyes Publications.
- Baker, R. W., & Low, B. T. (2019). Membrane separation processes: Overview. In E. M. V. Hoek & V. V. Tarabara (Eds.), *Encyclopedia of Membrane Science and Technology* (pp. 1-24). Wiley.
- Bird, R. B., Stewart, W. E., & Lightfoot, E. N. (2006). *Transport phenomena* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Inca Balseca, C., Magallanes Tomalá, J. y Ortega Loo R. (2024). Modelado y simulación de procesos de separación por membranas con ecuaciones diferenciales parciales. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 45-66. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/136>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

- Brenner, S. C., & Scott, L. R. (2022). *The mathematical theory of finite element methods* (4th ed.). Springer.
- Chen, J., Wang, Y., & Zhang, L. (2021). Optimization of membrane separation processes using mathematical modeling and simulation. *Journal of Membrane Science*, 628, 119-115.
- Chung, T.-S., Feng, X., & Wang, Y. (2019). *Membrane engineering for sustainable development*. Elsevier.
- Chung, T.-S., Luo, L., Liang, J., & Lau, C. H. (2017). Simulation and optimization of membrane processes. In E. M. V. Hoek & V. V. Tarabara (Eds.), *Encyclopedia of Membrane Science and Technology* (pp. 1-28). Wiley.
- Cussler, E. L., & Moggridge, G. D. (2011). *Chemical product design* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Grossmann, C., & Roos, H.-G. (2021). *Numerical treatment of partial differential equations*. Springer.
- Guillen-Burrieza, E., Thomas, R., Mansoor, B., Johnson, D., Hilal, N., & Arafat, H. (2020). Membrane fouling and cleaning in long term membrane distillation operations. *Journal of Membrane Science*, 616, 118619.
- Guo, H., Gao, X., & Yang, W. (2018). Validation and application of mathematical models for membrane separation processes. *Separation and Purification Technology*, 197, 244-255. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.01.022>
- Hesthaven, J. S., & Warburton, T. (2021). *Nodal discontinuous Galerkin methods: Algorithms, analysis, and applications* (2nd ed.). Springer.
- Iserles, A. (2018). *A first course in the numerical analysis of differential equations* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Kedem, O., & Katchalsky, A. (1958). Thermodynamic analysis of the permeability of biological membranes to non-electrolytes. *Biochimica et Biophysica Acta*, 27, 229-246.
- Krishna, R. (2020). *Multicomponent mass transfer*. John Wiley & Sons.
- Koros, W. J., & Zhang, C. (2022). Materials for next-generation molecularly selective synthetic membranes. *Nature Materials*, 21(3), 258-270.
- LeVeque, R. J., Mitchell, A. R., & Morton, K. W. (2017). *Numerical methods for partial differential equations*. Academic Press.
- Li, W., Zhang, J., & Chen, H. (2020). Pervaporation: A promising alternative for the separation of azeotropic mixtures. *Journal of Membrane Science*, 598, 117-123. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2019.117663>
- Inca Balseca, C., Magallanes Tomalá, J. y Ortega Loo R. (2024). Modelado y simulación de procesos de separación por membranas con ecuaciones diferenciales parciales. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 45-66. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/136>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

- Lipnizki, F., Field, R. W., & Ten, P.-K. (2018). Pervaporation-based hybrid process: A review of process design, applications and economics. *Journal of Membrane Science*, 153, 183-210.
- Liu, Y., Guo, C., & Zhang, L. (2018). *Advances in membrane science and technology*. CRC Press.
- Lonsdale, H. K., Merten, U., & Riley, R. L. (1965). Transport properties of cellulose acetate osmotic membranes. *Journal of Applied Polymer Science*, 9(4), 1341-1362.
- Mulder, M. (1996). *Basic principles of membrane technology* (2nd ed.). Kluwer Academic Publishers.
- Nassehi, V. (2016). *Modeling of transport phenomena in porous media*. Springer.
- Quarteroni, A. (2017). *Numerical models for differential problems* (3rd ed.). Springer.
- Shen, J., Tang, T., & Wang, L.-L. (2019). *Spectral methods: Algorithms, analysis and applications* (2nd ed.). Springer.
- Shi, L., Chou, S. R., Wang, R., Fang, W. X., Tang, C. Y., & Fane, A. G. (2019). Effect of substrate structure on the performance of thin-film composite forward osmosis hollow fiber membranes. *Journal of Membrane Science*, 382, 116-123.
- Strathmann, H. (2011). *Introduction to membrane science and technology*. Wiley-VCH.
- Thomé, V. (2020). *Galerkin finite element methods for parabolic problems* (3rd ed.). Springer.
- Toselli, A., & Widlund, O. (2018). *Domain decomposition methods: Algorithms and theory*. Springer.
- Ulbricht, M. (2006). Advanced functional polymer membranes. *Polymer*, 47(7), 2217-2262.
- Van der Bruggen, B., Vandecasteele, C., Van Gestel, T., Doyen, W., & Leysen, R. (2003). A review of pressure-driven membrane processes in wastewater treatment and drinking water production. *Environmental Progress*, 22(1), 46-56.
- Wang, J., Chen, X., & Li, J. (2023). *Membrane-based separation processes: Fundamentals and applications*. Elsevier.
- Wang, J., Gao, X., Xu, Y., Wang, Q., Zhang, Y., Wang, X., & Gao, C. (2021). Ultrathin and stable active layer of dense composite membrane enabled by poly(dopamine). *Langmuir*, 37(1), 151-159.
- Inca Balseca, C., Magallanes Tomalá, J. y Ortega Loo R. (2024). Modelado y simulación de procesos de separación por membranas con ecuaciones diferenciales parciales. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 45-66. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/136>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

- Wijmans, J. G., & Baker, R. W. (2022). The solution-diffusion model: A review. *Journal of Membrane Science*, 645, 120231.
- Zhao, S., Zou, L., & Mulcahy, D. (2019). Effects of operating conditions on the performance of forward osmosis. *Journal of Membrane Science*, 586, 1186-1197.

SISTEMA DE REGISTRO DE ASISTENCIA DE ESTUDIANTES MEDIANTE RECONOCIMIENTO FACIAL EN TIEMPO REAL

Karen Estefanía Heredia Villacís

keherediav@istx.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3640-9724>

Instituto Superior Universitario Cotopaxi - Ecuador

Oscar Eduardo Donoso Palomeque

oscar.e.donosop@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5359-9201>

Investigador independiente - Ecuador

Recibido: 14/11/23

Aceptado: 10/12/23

Publicado: 01/01/24

RESUMEN

La presente investigación modela e implementa un sistema tecnológico que permite el control de asistencia de los estudiantes mediante reconocimiento facial en tiempo real, aplicado al Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi, utilizando *Raspberry* y *Python*. Este piloto es adaptado al aula de trabajo para permitir el registro automático de los asistentes, mediante modelos de aprendizaje automático supervisado, basado en el algoritmo de *OpenCV*, como clasificadores potenciados. El sistema de toma de lista tiene cuatro fases como son análisis, diseño, implementación y validación lo que permite que en los primeros minutos de la clase se registre a los estudiantes, para que, de esta manera se cumpla con los requerimientos institucionales y que los datos sean confiables y actualizados.

PALABRAS CLAVE: control de asistencia, reconocimiento facial, sistema de registro.

STUDENT ATTENDANCE REGISTRATION SYSTEM USING REAL TIME FACIAL RECOGNITION

ABSTRACT

The present research models and implements a technological system that allows the attendance control of students through facial recognition in real time, applied to the Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi, using Raspberry and Python. This pilot is adapted to the classroom to allow the automatic registration of attendees, using supervised machine learning models, based on the OpenCV algorithm, as boosted classifiers. The list-taking system has four phases such as analysis, design, implementation and validation, which allows students to be registered in the first minutes of the class, thus complying with institutional requirements and ensuring that the data is reliable and up-to-date.

KEY WORDS: attendance control, facial recognition, registration system.

1. INTRODUCCIÓN

La gestión efectiva del control de asistencia en el ámbito educativo constituye un componente esencial para garantizar el seguimiento adecuado de la participación de los estudiantes en clases. En este contexto, es crucial examinar el estado actual del campo, identificando las prácticas y tecnologías existentes que abordan este desafío. La automatización de procesos mediante el reconocimiento facial ha surgido como una innovación potencialmente transformadora en este dominio.

El problema subyacente se manifiesta en el tedioso y propenso a errores registro de asistencia manual. La necesidad de optimizar este proceso se vuelve evidente, considerando que la aprobación de asignaturas está intrínsecamente vinculada al porcentaje de clases presenciales asistidas. Surge, por tanto, la imperante demanda de una solución más eficiente y precisa para el registro de asistencia.

En este contexto, la presente investigación propone una solución innovadora: un sistema de registro de asistencia de estudiantes mediante reconocimiento facial en tiempo real. La adopción de esta tecnología busca superar las limitaciones asociadas con los métodos de registro manuales, agilizando el proceso y reduciendo la posibilidad de errores. El objetivo central es implementar un piloto funcional que demuestre la viabilidad y eficacia del reconocimiento facial como método de registro de asistencia en el entorno educativo.

Al explorar el reconocimiento facial como técnica clave, es crucial entender sus elementos fundamentales. La detección de rostros, que localiza las caras en el enfoque de la cámara, y la identificación facial, que compara los rostros detectados con una base de datos predefinida, emergen como pasos cruciales en este proceso. Además, factores como la resolución de la cámara, la iluminación ambiental y la elección de la técnica de reconocimiento se perfilan como elementos determinantes para garantizar la eficacia del sistema propuesto.

El campo de la inteligencia artificial, o IA, va más allá: no sólo intenta comprender, sino que también se esfuerza en construir entidades inteligentes. La IA sintetiza y automatiza tareas intelectuales y es, por lo tanto, potencialmente relevante para cualquier ámbito de la actividad intelectual humana. En este sentido, es un campo genuinamente universal. (Russell & Norving, 2004).

Un sistema de visión artificial opera a partir de una representación de la realidad que le suministra información acerca de factores como la luminosidad, los colores, las formas, entre otros aspectos. Estas representaciones suelen manifestarse en forma de imágenes estáticas, escenas tridimensionales o secuencias de imágenes en movimiento. En este contexto, nos concentraremos en el análisis de imágenes estáticas. La digitalización, por otro lado, es el proceso que

transforma información del mundo continuo o analógico en información discreta o digital. Este proceso implica la creación de una imagen bidimensional que se concibe como una función que asigna un valor específico a propiedades del punto que representa, como su luminosidad o tonalidad, para cada par de coordenadas (x, y) (Larcher, BIASONI, Carlos A. Cattaneo, & Herrera, 2011).

El reconocimiento facial es la identificación de una o varias personas o rostros por medio de imágenes o videos. Estos datos pueden ser adquiridos en tiempo real o pueden ser procesadas previo a un almacenamiento. En la actualidad, los sistemas basados en procesamiento facial pueden ser utilizados en diversos campos de aplicación, siendo la biometría una de las más usadas, debido a la necesidad de seguridad y vigilancia. Existen dos categorías principales de enfoques en el reconocimiento facial: aquellas que se fundamentan en la apariencia y aquellas que se basan en modelos. Dentro de cada una de estas categorías, se pueden encontrar diversos métodos para describir la imagen, aunque en este análisis, solo se abordarán algunos de los métodos que se centran en la apariencia (Hernández, 2010).

2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS / MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de trabajo incluye todos los pasos a seguir para que el reconocimiento facial que permitirá que el registro de asistencia facial en tiempo real sea eficiente como muestra la figura.

Figura 1

Entorno del sistema.



Fuente: autoría propia.

Análisis. La primera fase recolecta toda la información que se requiere para la implementación del producto final, como son los datos de la ficha personal de los estudiantes, lista de estudiantes, asignaturas y horarios. También aglutina los requerimientos del usuario final del sistema como son los datos que se requieren para una recolección adecuada: definir claramente la arquitectura del sistema, los algoritmos de reconocimiento facial que se utilizarán, así como cualquier componente adicional necesario para el funcionamiento óptimo del sistema. Se establecen objetivos claros y alcanzables, delineando con precisión las funcionalidades que se espera que el sistema cumpla. Esto implica no solo la

Heredia Villacís, K., y Donoso Palomeque, O. (2024). Sistema de registro de asistencia de estudiantes mediante reconocimiento facial en tiempo real. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 67-78.

<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/105>

enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

capacidad de identificar a los estudiantes presentes en el aula, sino también la velocidad y precisión requeridas para realizar la toma de lista de manera eficiente.

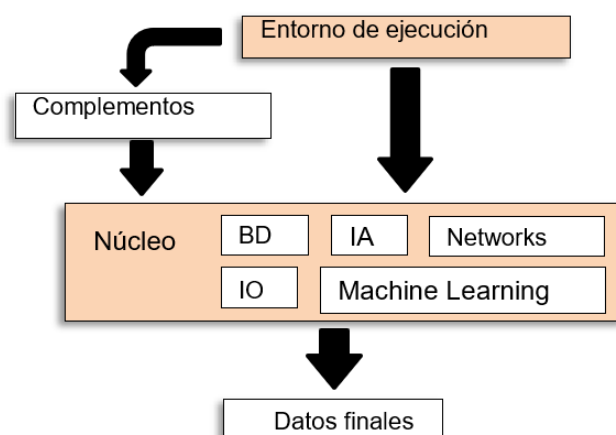
Se realizan estimaciones detalladas sobre el rendimiento esperado del sistema, considerando factores como la velocidad de procesamiento, la capacidad de almacenamiento y la interoperabilidad con otros sistemas existentes en el entorno educativo. Además, se identifican y analizan cuidadosamente posibles limitaciones o riesgos que podrían surgir durante la ejecución del producto final. Esto podría incluir aspectos como la privacidad y seguridad de los datos biométricos de los estudiantes, así como posibles desafíos técnicos o de implementación en entornos educativos específicos.

Diseño. En esta fase se realiza la investigación científica de las características técnicas que se va a utilizar, además del entorno en el cual se va a desarrollar el piloto experimental, el esquema que permite conocer el funcionamiento detallado, los participantes que formarán parte en el momento del desarrollo, organización del plan de pruebas que permita corregir problemas de funcionalidad, recolectar las especificaciones y los requerimientos de información. Al culminar este periodo, la aplicación debe estar lista para ser implementada y probada de forma real, al ingresar una serie de datos funcionales y paralelamente se corrigen los errores en el camino.

El diseño del prototipo se considera una arquitectura con distribución por capas que emplee de una red de flujo de datos. En la capa de entorno de ejecución solo requiere ser accionado y no necesita un HMI (*Human Machine Interface*) para ser operado. El núcleo es donde se encuentra las herramientas necesarias para el procesamiento de información mediante Inteligencia Artificial; por último, se encuentra la capa donde el usuario encuentra los datos requeridos.

Figura 2

Diseño del sistema.



Fuente: autoría propia.

Implementación. Esta fase inicia con la programación del software con las librerías adecuadas y la adaptación del hardware que permita la integración de todo el sistema de control de asistencia. También, se genera la base de datos que se realiza una sola vez al ingresar la información de los estudiantes en el registro único del Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi para la matrícula. Este último consiste en la toma de 20 fotos instantáneas en varias posiciones para implementar la base de datos robusta de cada estudiante. Una vez en el aula, el sistema reconoce los rostros y los clasifica acorde a los datos previamente suministrados.

Se utilizó un *Raspberry Pi* como el hardware principal para el sistema de registro de asistencia. El *Raspberry Pi* es un ordenador de bajo costo y consumo de energía, adecuado para una variedad de proyectos de computación. Además, se utilizó una cámara OV5647 para *Raspberry*, un módulo de cámara específicamente diseñado para el *Raspberry Pi*. Esta cámara se utilizó para capturar imágenes de los estudiantes para el reconocimiento facial.

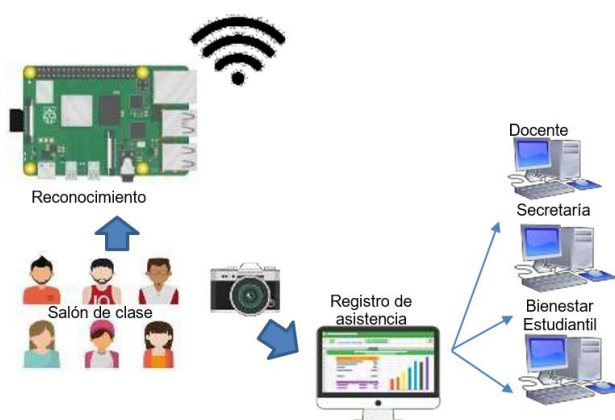
Se utilizaron varias librerías de *Python* para el desarrollo del software de reconocimiento facial. Las principales librerías incluyen:

- *OpenCV*: se utilizó para la detección y reconocimiento de rostros. Se instalaron las dependencias y la versión específica de *OpenCV* mediante los comandos en el terminal del *Raspberry Pi*.
- *Imutils*: se utilizó para facilitar la manipulación de imágenes y video en *OpenCV*.
- *PIL (Python Imaging Library)*: se utilizó para procesar las imágenes y agregar soporte para abrir, procesar y guardar diferentes formatos de archivos de imágenes.

Estas librerías fueron esenciales para el desarrollo del software de reconocimiento facial, permitiendo la detección y el reconocimiento precisos de los rostros de los estudiantes para la toma de lista automatizada.

Figura 3

Arquitectura del sistema.



Fuente: autoría propia.

Heredia Villacís, K., y Donoso Palomeque, O. (2024). Sistema de registro de asistencia de estudiantes mediante reconocimiento facial en tiempo real. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 67-78.

<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/105>

enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

Pruebas y validación. Se llevaron a cabo múltiples pruebas de funcionamiento y validación de los datos, indispensables para incorporar sugerencias de funcionalidad y corregir posibles problemas o fallos que se puede encontrar. Si varios usuarios que requieren el sistema lo prueban, el mismo permite tener una realidad de funcionalidad para medir si el proyecto simplifica la tarea de toma de lista manual y permite tener estadísticas reales puesto que evita la omisión de registro por parte del docente.

Las pruebas se realizaron en condiciones que simulan el entorno real de una clase o un ambiente educativo. Se menciona que los usuarios prueban el sistema para evaluar si simplifica la tarea de la toma de lista manual. Las pruebas se llevaron a cabo en un entorno educativo simulado o real, donde los usuarios interactuaron con el sistema en situaciones prácticas de toma de lista. Además, el objetivo de las pruebas es evitar la omisión de registro por parte del docente, lo que implica que las pruebas garantizan que el sistema pueda capturar con precisión la asistencia de los estudiantes en diferentes condiciones de iluminación, ángulos de cámara, etc.

3. RESULTADOS

Para iniciar con las pruebas se realizan algunos pasos:

Generación de la base de datos. Los datos de entrenamiento se recopilaron mediante la captura de imágenes de los estudiantes frente a la cámara. Cada estudiante proporcionó sus datos de registro y luego se tomaron múltiples fotografías de su rostro en diferentes posiciones y condiciones de iluminación. Estas imágenes se utilizaron para crear una base de datos que contiene las características faciales de cada estudiante.

Entrenamiento del modelo. Se utilizó un algoritmo de reconocimiento facial, basado en el método de reconocimiento de patrones LBPH (*Local Binary Patterns Histograms*). Durante el entrenamiento, el modelo se alimentó con las imágenes de la base de datos junto con las etiquetas correspondientes que identifican a cada estudiante. El modelo aprendió a reconocer las características distintivas de cada rostro y a asociarlas con las identidades de los estudiantes.

Validación del modelo. Después del entrenamiento, el modelo es validado utilizando un conjunto separado de datos de prueba que no se utilizaron durante el entrenamiento. Esto se hizo para evaluar la precisión y el rendimiento del modelo en la identificación de rostros en condiciones diferentes a las del entrenamiento.

Se muestran varias pruebas de funcionamiento con diferentes tamaños de base de datos.

Resultado 1. Todos los usuarios se tomaron una foto frontal, se entrenó al modelo en aproximadamente 10 segundos y se puso en marcha el programa arrojando datos de probabilidad de características del usuario y el tiempo que tarda para procesar.

Tabla 1

Prueba con una foto por usuario.

Usuario	Probabilidad	Tiempo
Diana	14%	35 segundos
Bryan	25%	65 segundos
Dario	18%	40 segundos
Jorge	15%	75 segundos
Marco	20%	40 segundos
Byron	10%	50 segundos

Fuente: autoría propia.

Resultados 2. Todos los usuarios se tomaron cinco fotos en diferentes posiciones frontales, se entrenó al modelo en aproximadamente 80 segundos y se puso en marcha el programa arrojando datos de probabilidad de características del usuario y el tiempo que tarda para procesar

Tabla 2

Prueba con cinco fotos por usuario.

Usuario	Probabilidad	Tiempo
Diana	25%	30 segundos
Bryan	27%	25 segundos
Dario	39%	15 segundos
Jorge	42%	22 segundos
Marco	22%	35 segundos
Byron	50%	20 segundos

Fuente: autoría propia.

Resultados 3. Todos los usuarios se tomaron 10 fotos en diferentes posiciones frontales, se entrenó al modelo en aproximadamente 3 minutos y se puso en marcha el programa arrojando datos de probabilidad de características del usuario y el tiempo que tarda para procesar.

Tabla 3

Prueba con 10 fotos por usuario.

Usuario	Probabilidad	Tiempo
Diana	65%	15 segundos
Bryan	70%	10 segundos
Dario	55%	20 segundos
Jorge	68%	10 segundos
Marco	75%	15 segundos
Byron	80%	15 segundos

Fuente: autoría propia.

Resultados 4. Todos los usuarios se tomaron 15 fotos en diferentes posiciones frontales, se entrenó al modelo en aproximadamente 6 minutos y se puso en marcha el programa arrojando datos de probabilidad de características del usuario y el tiempo que tarda para procesar.

Tabla 4

Prueba con 15 fotos por usuario

Usuario	Probabilidad	Tiempo
Diana	65%	15 segundos
Bryan	70%	10 segundos
Dario	55%	20 segundos
Jorge	68%	10 segundos
Marco	75%	15 segundos
Byron	80%	15 segundos

Fuente: autoría propia.

4. DISCUSIÓN

Probabilidades de Detección de Rostro. Después de llevar a cabo varias pruebas y considerando la delicadeza de los datos, se ha observado que el sistema de reconocimiento facial implementado muestra una alta precisión en la detección de rostros. Esto se debe en gran parte a la aplicación del clasificador por cascada proporcionado por *OpenCV*, el cual ha demostrado ofrecer resultados robustos incluso con un número limitado de imágenes de entrenamiento. Sin embargo, es importante reconocer que la precisión del sistema puede variar dependiendo de factores como la iluminación del entorno y la posición de los estudiantes en el aula. Por lo tanto, es crucial seguir evaluando y mejorando continuamente el sistema para garantizar su eficacia en diversas condiciones.

Métodos de Detección de Rostro Aplicados. El método de detección de rostros basado en el clasificador por cascada de *OpenCV* ha mostrado ser una

Heredia Villacís, K., y Donoso Palomeque, O. (2024). Sistema de registro de asistencia de estudiantes mediante reconocimiento facial en tiempo real. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 67-78.

<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/105>

enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

elección acertada para este proyecto. Este enfoque permite una detección precisa de rostros en tiempo real y ha sido fundamental para la implementación del sistema de toma de lista automatizada. Además, la ubicación estratégica de la cámara en el aula, junto con su capacidad para capturar imágenes de alta resolución, ha contribuido significativamente a la eficacia del sistema. Sin embargo, es importante tener en cuenta que existen otros métodos de detección de rostros, como el uso de redes neuronales convolucionales (CNN), que podrían explorarse en futuras iteraciones del proyecto para mejorar aún más la precisión y robustez del sistema.

Los resultados obtenidos respaldan la efectividad del método de detección de rostros aplicado y destacan la importancia de seguir evaluando y mejorando el sistema para garantizar su fiabilidad y utilidad en el entorno educativo. La combinación de una alta probabilidad de detección de rostros con un método de detección robusto y práctico ha demostrado ser fundamental para el éxito del proyecto y para cumplir con los objetivos de seguridad, funcionalidad, disponibilidad, veracidad y efectividad del sistema de registro de asistencia mediante reconocimiento facial.

Los sistemas de reconocimiento facial iniciaron en el año 1973. Desde entonces está avanzado a pasos agigantados permitiendo desarrollar diferentes técnicas y un sinnúmero de aplicaciones plasmados en trabajos de investigación.

El reconocimiento facial se puede aplicar en video-vigilancia y monitorización, donde los usuarios muchas veces no están conscientes que están siendo controlados y se puede relacionar con la administración judicial / policial. Las aplicaciones relacionadas con interfaces perceptuales y entretenimiento, permiten tener una interfaz hombre - máquina para añadir seguridad potente en equipos electrónicos. La indexación multimedia permite que la búsqueda sea automática y logra etiquetar cuando existe un rostro, lo que ha permitido incluso estar presente en las redes sociales. La generación gráfica y codificación de video, donde ya se aplica la visión artificial, permite procesar las imágenes y solo utilizar los resultados. Incluso existen proyectos encaminados a ayudar a personas minusválidas como un método de comunicación con máquinas.

Sin embargo, a pesar de la gran variedad de trabajos relacionados con el reconocimiento facial aplicado hacia la biométricas y seguridad, las biométricas son uno de los registros más eficientes, entre ellas, el rostro es el más eficaz. También, los estudios muestran su buena relación entre costo y fiabilidad.

Existen trabajos similares, como el prototipo de prueba en la escuela Julia Navarrete Mendoza en Portoviejo - Ecuador. Aquí se desarrolló un prototipo de control asistencia de los estudiantes en un aula, en el cual usa Cloud para todo el desarrollo, permitiendo tener a los padres informados de la inasistencia de los representados mediante correo electrónico (Salvatierra, 2018).

Otro trabajo similar es el denominado sistema de registro de empleados por medio de detección facial en Bogotá - Colombia, que está en progreso. Este trabajo permitirá controlar la hora de ingresos y salidas, para poder controlar asistencia y atrasos en una empresa manejando aplicaciones que ofrece Google de Inteligencia Artificial y utilizando una arquitectura *serverless* para no generar problemas en el Hardware o sistemas operativos y que le permita concentrarse en el desarrollo del software (Alvarez & Bazán, 2021).

Un proyecto desarrollado en Carabobo, Venezuela, se enfocó en la implementación de un prototipo de reconocimiento facial destinado a controlar la asistencia en la Escuela de Telecomunicaciones de la Universidad de Carabobo. Esta iniciativa hizo uso de la tecnología de visión artificial para adquirir y comparar imágenes, así como para llevar a cabo el procesamiento digital de las mismas, con el objetivo de identificar a las personas. Además, se empleó el lenguaje de programación Python para crear una interfaz de usuario que permitiera administrar el software y se llevaron a cabo pruebas para evaluar su eficiencia y efectividad. (Mosquera, 2018).

Los estudios recientes permiten aplicar inteligencia artificial en casi todos los campos, lo que ha favorecido para que el reconocimiento facial se encuentre en un sinnúmero de aplicaciones a nivel mundial, por ejemplo, para ayudar al 911 para la identificación de personas en la lista de los más buscados, sistema de video-vigilancia, biometría facial aplicado a ciudades inteligentes, para proteger y acceder a contraseñas de dispositivos tecnológicos, en redes sociales se identifican a las personas están en las fotografías.

5. CONCLUSIONES / CONSIDERACIONES FINALES

El proyecto ha logrado demostrar que el reconocimiento facial es una herramienta viable y efectiva para la toma de lista en el ámbito educativo. A través de la recopilación de información acorde a las necesidades de los usuarios y la implementación de un sistema que permite registrar la asistencia en tiempo real, se ha evidenciado la utilidad y la conveniencia de esta tecnología en el contexto escolar.

La ubicación estratégica de la cámara y su capacidad para capturar imágenes de alta resolución de todo el salón de clases son aspectos cruciales que han sido considerados y abordados satisfactoriamente en el desarrollo del proyecto. Asimismo, la aplicación del clasificador por cascada de *OpenCV* ha demostrado ser una solución efectiva para la detección precisa de rostros, garantizando resultados óptimos incluso con un número limitado de imágenes de entrenamiento.

La disposición favorable por parte de los docentes del Instituto Superior Tecnológico para considerar la implementación del sistema de reconocimiento facial en todas las clases, indica un respaldo significativo hacia la adopción de esta tecnología como método automatizado de toma de lista. Esta receptividad abre la puerta a una posible integración generalizada del sistema en el entorno educativo,

Heredia Villacís, K., y Donoso Palomeque, O. (2024). Sistema de registro de asistencia de estudiantes mediante reconocimiento facial en tiempo real. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 67-78.

<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/105>

enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

lo que podría resultar en una mejora sustancial en la eficiencia y la precisión de los procesos de registro de asistencia.

6. REFERENCIAS

- Alvarez, R., & Bazán, C. (2021). *Sistema de seguridad con reconocimiento facial en módulo ESP32*. Bogotá: Mare Ingenii.
- Domingos, P. (2012). *A Few Useful Things to Know About Machine Learning*. University of Washington.
- Hernández, R. G. (2010). *Estudio de técnica de reconocimiento facial*. Barcelona: Telecom BCN.
- Larcher, L. I., Biasoni, E. M., Carlos A. Cattaneo, A. I., & Herrera, A. C. (2011). *Algoritmo para Detección de Bordos y Ulterior Determinación de Objetos en Imágenes Digitales*. Santa Fe: Asociación Argentina de Mecánica Computacional.
- Mosquera, V. (2018). *Diseño de un software piloto de reconocimiento facial para el control de asistencia*. Universidad de Carabobo.
- Pino, R., Gómez, A., & De Abajo, N. (2001). *Introducción a la Inteligencia Artificial: Sistemas expertos, redes neuronales artificiales y computación evolutiva*. Oviedo.
- Russell, S., & Norving, P. (2004). *Inteligencia Artificial: un enfoque moderno*. Madrid: Pearson Educación.
- Salvatierra, G. (2018). *Desarrollo de un sistema de control de asistencia estudiantil mediante reconocimiento fácil*. Poroviejo: UNIR.
- Scrael, G. (2010). *Sistema de Reconocimiento Facial*. Universidad Nacional del Litoral de Santa Fé.

INVISIBILIDAD DE LOS DERECHOS DE LOS NIÑOS CONFINADOS CON SUS MADRES EN LOS CENTROS DE REHABILITACIÓN SOCIAL

Iván Santiago Vásquez Razo

ivan.vasquez@funcionjudicial.gob.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4704-9938>

Consejo de la Judicatura de Cotopaxi - Ecuador

Jennily Carolina Gómez Quevedo

jennily.gomez@funcionjudicial.gob.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8246-2889>

Consejo de la Judicatura de Cotopaxi - Ecuador

Andrea Melissa Rivas Alarcón

andrea.rivas@funcionjudicial.gob.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4502-7330>

Consejo de la Judicatura de Cotopaxi - Ecuador

Recibido: 15/11/23

Aceptado: 17/12/23

Publicado: 01/01/24

RESUMEN

El ámbito internacional es el parámetro legal por el cual los estados se comprometen al respeto y vigencia de los derechos humanos, pero, son las circunstancias locales y el desinterés político de gobernanza el que permite una ausencia, falta de aplicación, e invisibilidad de los derechos de los niños, cuando enfrentan situaciones ajenas a su voluntad. La presente investigación se concentrará en los niños confinados a los centros de rehabilitación social, cuando sus madres cumplen una condena. De esta manera, el cumplimiento del objetivo de la investigación se justifica al proponer el diseño e implementación de una política integral con base en la garantía del respeto de los derechos de los niños y niñas, desde los derechos humanos, en los casos de su permanencia en los centros de rehabilitación social. La metodología aplicada desde el enfoque cualitativo ha permitido desarrollar una adecuada observación y discernimiento del fenómeno social en estudio, junto a la interpretación cuantitativa de las estadísticas obtenidas, por lo que se aplicó el enfoque mixto, cimentando de esta manera la teoría de la invisibilidad en el cumplimiento de los derechos de los niños, sin atención estatal y social, en sus años de infancia, etapa de mayor cuidado y desarrollo.

PALABRAS CLAVE: invisibilidad, derechos del niño, derechos humanos, madres condenadas, centro de rehabilitación social.

INVISIBILITY OF THE RIGHTS OF CHILDREN CONFINED WITH THEIR MOTHERS IN SOCIAL REHABILITATION CENTRES

ABSTRACT

The international scope is the legal parameter by which States commit themselves to respecting and enforcing human rights, but it is local circumstances and political disinterest in governance that allow the absence, lack of enforcement, and invisibility of children's rights when faced with situations beyond their will. The present research will focus on children confined to social rehabilitation centres, when their mothers are serving a sentence. Thus, the achievement of the objective of research is justified by proposing the design and implementation of a comprehensive policy based on the guarantee of respect for the rights of children, from human rights, in cases of their stay in social rehabilitation centres. The methodology applied from the qualitative approach has allowed to develop an adequate observation and discernment of the social phenomenon under study, along with the quantitative interpretation of the statistics obtained, so the mixed approach was applied, thus cementing the theory of invisibility in the fulfilment of children's rights, without State and social attention, in their childhood years, stage of greater care and development.

KEY WORDS: invisibility, children's rights, human rights, condemned mothers, social rehabilitation centre.

1. INTRODUCCIÓN

La invisibilidad de los derechos de los niños/as confinados a los centros de rehabilitación social, cuando sus madres cumplen una pena privativa de libertad, es la temática a exponerse conforme a la línea de investigación de derechos fundamentales y humanos, políticas públicas y derecho internacional humanitario.

Se justifica la investigación jurídica en vista que la Constitución de la República del Ecuador (2008), a las personas privadas de libertad (PPL), se les reconoce derechos. Así lo estipula el artículo 51, entre ellos, la sanción disciplinaria no puede conllevar el aislamiento, gozar de comunicación y visitas de familiares y abogados/as, garantizar la salud integral, atención, educativa, laboral, productiva, cultural, alimenticia y recreativas, trato preferente y especializado, en el caso de mujeres embarazadas y en período de lactancia, medidas de protección para niños, niñas y adolescentes, discapacitados y adultos mayores (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008).

El sistema de justicia penal en el Código Orgánico Integral Penal, artículo 12, establece los derechos y garantías de las personas privadas de libertad, con reconocimiento de los derechos constitucionales e instrumentos internacionales de derechos humanos. Entre los derechos expuestos, se encuentra el derecho a la salud y conforme al tema propuesto se realiza la atención que se brinda a la mujer con servicio femenino especializado, para la atención a las mujeres privadas de su libertad y que se encuentren en período de gestación, hayan dado luz y estén en período de lactancia. Para lo cual, se contará con instalaciones y artículos para satisfacer la higiene propia del género (Código Orgánico Integral Penal, 2022).

Conforme a la normativa expuesta, hay un núcleo potencial de violación de derechos o en el peor de los casos caer en la invisibilidad de los derechos. Al aplicar esta teoría desde el ámbito de la sociología, se entienden situaciones en las que determinados sujetos son imperceptibles en las relaciones sociales, implicando su inexistencia social y todo lo que conlleva esta acción; incurrir en la invisibilidad acarrea la negación del derecho de reconocimiento e identidad social (Weisheimer Nilson, 2013, p. 24). El estudio de la normativa legal y el aporte sobre la invisibilidad, se debe estructurar en el sentido jurídico frente a los derechos de los niños y niñas, desde la lactancia hasta la edad que se les permite permanecer con la madre en los centros de rehabilitación social. Este corto tiempo marca la vida de los infantes y de su futuro. Toda inacción debe responder el Estado como garantista de derechos.

El planteamiento del contexto investigativo, abarca algunos problemas que afectan a los derechos de los niños y niñas presentes en las cárceles, porque la madre debe cumplir una condena de prisión. Junto a estas interrogantes se suma la estructura estatal del sistema penitenciario, desde el hacinamiento en la que se encuentran las personas sentenciadas y en espera de una condena, la situación de las mujeres no es distinta, si se considera que la maternidad es cumplida en el interior de los centros de rehabilitación social.

Vásquez Razo, I., Gómez Quevedo J. y Rivas Alarcón, A. (2024). Invisibilidad de los derechos de los niños confinados con sus madres en los centros de rehabilitación social. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 79-92. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/145>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

La información expuesta por el Servicio Nacional de Atención Integral a Personas Adultas Privadas de la Libertad y a Adolescentes Infractores (SNAI) para el año 2021, sobre el perfil de las personas privadas de libertad: 93,46% son hombres y el 6,54% son mujeres; el 44,24% tiene entre 18 y 30 años, algunos son reincidentes y no cuentan con apoyo familiar. Poseen una educación básica en un 71% y provienen de contextos caracterizados por altos niveles de violencia, pobreza y consumidores de drogas. Las conductas penales por las que se encuentran confinados son delitos relativos a drogas, delitos contra la propiedad, contra la integridad sexual y reproductiva, delitos contra la inviolabilidad de la vida y delitos contra las personas (Comisión Interamericana de Derechos Humanos, 2022).

Corresponde a esta problemática, el estudio de los derechos de los niños, niñas y adolescentes, a nivel internacional la Convención sobre los derechos de los niños, en su artículo 3, numeral 1, expresa: "medidas concernientes a los niños, que deban asumir y resolver las instituciones públicas o privadas de bienestar social, los tribunales, las autoridades administrativas o los órganos legislativos, se atenderá con prioridad a las exigencias del Interés Superior del Niño" (UNHCR - ACNUR, 1990).

El estado ecuatoriano no puede estar ajeno a la realidad internacional y local en torno de los derechos de los niños, niñas y adolescentes, su política de acción debe estar orientada sobre la base exigible del interés superior del niño, debiendo realizarse una actualización e informes de la situación de vida y el goce de los derechos de los niños que conviven con su madre en el interior de los centros de rehabilitación social.

La hipótesis planteada recurre a la creación de políticas y/o resoluciones ejecutivas que garanticen el cumplimiento de los derechos de los niños y niñas, menores de 6 años, que se encuentren junto a las madres cumpliendo una pena privativa de libertad en los centros de rehabilitación social en vista que, hasta la actualidad, estos niños son invisibles ante sus derechos.

El objetivo general de la investigación es diseñar e implementar una política integral con base en la garantía del respeto de los derechos de los niños y niñas, desde los derechos humanos en los casos de permanencia en los centros de rehabilitación social, por mantener el lazo maternal. Como objetivos específicos se encuentran el establecer conforme a informes y datos históricos recolectados la vulneración de los derechos humanos de los niños y niñas, durante su estancia en el centro de rehabilitación en el Ecuador; resaltar la incidencia de la violación de derechos de los niños y niñas, en su convivencia, en la salud, alimenticia, vestuario, educación, carencia de servicios básicos que denigran la estancia de los menores de edad en el centro de privación de libertad; determinar, desde el ámbito jurídico, los factores legales que inciden en la violación de los derechos de los niños y niñas; proponer una revisión de la normativa legal en torno al régimen penitenciario y las respectivas correcciones para respetar los derechos de los infantes.

2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS / MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se obtuvo con la observación directa en el Centro de Privación de Libertad Cotopaxi N°1, o conocida también como Cárcel de Latacunga, jurisdicción de los investigadores, bajo resguardo y después de gestiones para su visita, por las restricciones vigentes por los estados de excepción. En este sitio se constató la realidad de la problemática sobre las mujeres confinadas, algunas en estado de gestación y otras con infantes en sus celdas.

Los investigadores usaron en enfoque cualitativo, donde se procede a:

Explorar los procesos sociales que subyacen a las interacciones humanas; descripciones detalladas de situaciones, eventos, personas, interacciones, conductas y sus manifestaciones; usa la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación; no se limita a una estrategia inflexible que considera el aspecto medible y externo de los fenómenos. (Herrera, 2017)

La investigación jurídica cualitativa está orientada principalmente a la descripción, comprensión, interpretación y justificación de una situación o fenómenos jurídico (Ramos Flores, 2022).

Por la existencia de datos estadísticos en los medios de consulta y para entender e interpretar sus resultados, los investigadores hacen uso del enfoque cuantitativo, que ayudó a no limitarse a los simples datos sino a usar una estrategia inflexible que considera el aspecto medible y externo de los fenómenos en estudio. Por lo tanto, se justifica el uso del enfoque mixto: por este medio, se integra sistemáticamente los métodos cualitativos y el cuantitativos, se analiza de manera conjunta los datos e inferencias basada en la información mixta que permite un mejor entendimiento del fenómeno en estudio (Herrera, 2017).

Una vez, que se estableció los enfoques se hizo uso en el desarrollo de la investigación, en vista que por la condición del tema se llega a cuestionar el incumplimiento del goce de los derechos que le asisten a los niños y niñas que se encuentran en el interior del Centro de Rehabilitación Social Cotopaxi N°1, justificándose que existe una invisibilidad de los derechos de los infantes.

La interpretación y exposición de la información obtenida, condujeron a establecer un panorama claro de cómo despejar las incógnitas investigativas en torno a la falta de goce de los derechos de los niños y niñas y su condición de invisibilidad. Esta debe quedar saneada para que no se interrumpa el goce de los mismos, bajo la aplicación de políticas y programas acordes a los derechos humanos que deben gozar los niños y niñas, sin importar la situación de convivencia.

Para el establecimiento del tipo de investigación se recurre a la revisión de los objetivos planteados, lo que ayudará entender el fenómeno. Desde este contexto, se aplicó los siguientes tipos:

Descriptiva: por este medio se logró identificar el problema que se presenta en los niños y niñas menores de seis años confinados en el Centro de Privación de Libertad Cotopaxi N°1. También se indagó sobre la influencia en la trasgresión de derechos y las soluciones en este conflicto violatorios de los mismos.

Correlacional: existe una correlación entre la invisibilidad de los derechos de los niños y niñas y la situación de sus madres recluidas en el Centro de Privación de Libertad Cotopaxi N°1.

Exploratoria: es aplicable por ser un tema novedoso en el contexto del sistema de justicia. Si bien es cierto que se sanciona la actitud delictiva de la mujer, su condición arrastra otra realidad cuando existen niños y niñas de por medio; afectando sus derechos constitucionales y humanos, sin ser tomados en cuenta por la sociedad y pasan a ser el grupo de niños invisibles.

Documental: con la aplicación de este tipo de investigación se obtuvo, seleccionó, compiló, interpretó datos, se organizó aportes bibliográficos sobre la situación de los niños y niñas, de manera especial, de los infantes menores de seis años confinados y su desarrollo en los primeros años en una cárcel porque sus madres debían cumplir una condena legal.

En lo que respecta a los métodos teóricos, se aplicó el histórico - lógico, que conduce a estudiar el paso evolutivo de los aspectos generales entorno a los derechos humanos, específicamente en los de los niños, las acciones históricas del sistema de justicia y del sistema carcelario y penitenciario, como escenario donde se encuentra asilado el objeto de la investigación.

En este mismo sentido, al aplicar el método inductivo - deductivo, los investigadores enfrentaron las formas de razonamiento por caminos contrapuestos. En la inducción, que va de lo particular a lo general, las situaciones especiales y específicas que se presentaron en la investigación, irregularidades válidas y aplicables en casos semejantes. Por lo tanto, se tomaron en cuenta todos los elementos que justifiquen la teoría de la invisibilidad de los derechos de los niños y niñas.

El proceso deductivo, a partir de lo general a lo particular, condujo a la aplicación sistemática del conocimiento de manera adecuada en el manejo de la ilación de las ideas que implican conocer las situación y casos, para tratarlos en conjunto. Así, se aplicó en la investigación para establecer cómo la invisibilidad de los derechos de los niños y niñas confinados en el centro de rehabilitación, junto a su madre, violenta los principios constitucionales y cómo su afectación se mantiene hasta la actualidad.

3. RESULTADOS

La investigación propuesta se la ha realizado desde el contexto jurídico, partiendo del análisis de la normativa local e internacional sobre los derechos de los niños y niñas, que son el eje del estudio. Para fines de observaciones y propuestas se segmenta el índice de edad hasta los tres años, por la situación de ser menores de edad confinados con sus madres en el Centro de Privación de Libertad Cotopaxi N°1.

La base teórica en la que se afianza la investigación y se podrá ampliar la visión constitucionalista para evitar la violación de los derechos fundamentales y humanos, son los derechos que le asisten a los niños. Es importante definir su condición: la UNHCR - ACNUR (1990) en la Convención sobre los derechos de los niños, en su artículo 1, expresa que "se entiende por niño todo ser humano menor de dieciocho años de edad".

De acuerdo al artículo redactado por Solange Heller y Eugenia Flores (2016), con el título Niño pequeño, preescolar y escolar, manifiestan que de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), son "lactantes los niños menores de 12 meses, y niños pequeños los menores de 5 años. Se consideran preescolares los niños de 2 a 5 años y escolares de los 6 a los 11 años de edad".

La información del párrafo anterior, influye en el criterio investigativo por ser las edades de los niños y niñas que viven una realidad distinta a la normal cuando son confinados con las madres. Esto demuestra que las etapas del desarrollo infantil son afectadas e interrumpidas por las acciones de las personas adultas.

En el marco legal interno, el Congreso Nacional del Ecuador (2003), expide el Código de la Niñez y Adolescencia y en su artículo 4 expone que un niño y adolescente es: "la persona que no ha cumplido doce años de edad. Adolescente es una persona de ambos sexos entre doce y dieciocho años de edad". Las reformas de ley en torno al presente código han sido en el procedimiento con la vigencia del Código Orgánico General de Procesos, lo que no influye en los datos e información que se obtengan del presente documento legal.

Sobre los derechos de los niños, es importante la cronología por la que se atravesó y tener una concepción amplia de la lucha y logros de los organismos internacionales y las obligaciones que surgen en torno a los estados que forman parte de los convenios y tratados internacionales. En este sentido, la historia nos dice que para el año 1924, la sociedad de naciones aprueba la Declaración de Ginebra sobre los Derechos del Niño, elaborada por Englantyne Jebb, fundadora de *Save the Children Fund*. Esto con el fin que se reconozcan los derechos de los niños en épocas de necesidad, darles prioridad en actividades de socorro, protegerlos contra la explotación y brindarles acceso a la educación (UNICEF, 2023).

La lucha por el reconocimiento de los derechos de los niños no se detiene. Para 1946, se crea el Fondo Internacional de Emergencia para la Infancia. En 1948, Vásquez Razo, I., Gómez Quevedo J. y Rivas Alarcón, A. (2024). Invisibilidad de los derechos de los niños confinados con sus madres en los centros de rehabilitación social. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 79-92. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/145>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

se aprueba la Declaración Universal de los Derechos Humanos, en su articulado 25, manifiesta sobre los derechos de cuidado, atención especial y protección social para los niños y las madres. Para 1959, se aprueba la Declaración de los derechos de los niños. En esta se reconocen los derechos al juego, atención a la salud y un entorno de apoyo. En 1966, la educación y la protección para los niños es compromiso de las naciones por medio del Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos y el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. En 1974, ante la vulneración de derechos, se exhorta a las naciones a observar la Declaración de Protección de la Mujer y el Niño en Estados de Emergencia o Conflicto Armado.

Para el año 1985 se establecen las Reglas Mínimas de las Naciones Unidas para la Administración de la Justicia de Menores, se explica que el sistema de justicia debe propiciar el Interés Superior del Niño. Se aprueba la Convención sobre los Derechos del Niño en 1989, resaltando el papel de los niños como agentes sociales, económicos, políticos, civiles y culturales, siendo un logro histórico en el contexto de los derechos humanos. Para el año 1991, bajo informes recolectados sobre el cumplimiento de los Derechos del Niño, se crea la Red de Información de los Derechos del Niño. En 1999, la Organización Internacional del Trabajo aprueba el Convenio sobre las peores formas de trabajo infantil.

Para el 2000, se aprueban Protocolos Facultativos de la Convención de los derechos del niño, para que los estados asuman medidas cruciales e impedir hostilidades en los conflictos armados, poner fin a la venta, explotación y abuso sexual de los niños. El 2002 está enmarcado por exigir un mundo apropiado para los niños, y mejorar las perspectivas de vida en la década siguiente. En el 2011 se presenta un nuevo Protocolo Facultativo de la Convención sobre los derechos del niño, que faculta procedimientos relativos para presentar denuncias de contravenciones a los derechos de la infancia y exigir investigaciones (UNICEF, 2023).

Otro elemento en la investigación es el rol de la mujer. En este sentido, no puede haber hijo sin madre. Una realidad, es la circunstancia con la que se presenta la maternidad, y se vuelve especial cuando ese estado de salud se desarrolla en la cárcel o en un ambiente penitenciario. "El problema del ejercicio de los derechos relacionados con la maternidad en el sistema penitenciario no es, la mayoría de las veces, la falta de leyes, sino que es cuestión de cumplir con las existentes" (Ferari, 2016).

Cuando la mujer desarrolla su estado de gestación en un centro de rehabilitación social, corresponde entender que:

el Sistema Penitenciario se encarga de vigilar a las personas, que por alguna razón se encuentran privadas de su libertad en los distintos centros de readaptación y reinserción social, establecimientos penitenciarios y centro de internamiento; y, atención juvenil del estado, se les garantice y gocen de

todos sus derechos fundamentales, a excepción hecha de aquellos que legalmente les han sido limitados. (Sistema Penitenciario, 2023)

La información recabada expone sobre la situación de las personas adultas, de ambos sexos, confinados a los lugares destinados para el cumplimiento de una condena, junto a las mujeres se arrastra a los menores de edad sobre todo en el espacio penitenciario que le corresponde a la madre, por esta situación la condición de los menores de edad o infantes no son tomados en cuenta, dando paso a una situación de invisibilidad.

La teoría de la invisibilidad se ha utilizado en el caso que un colectivo de menores a los que se les priva de un derecho, los llamados "niños invisibles". "Se trata de niños que nacen en el curso del trayecto migratorio de la madre entre el país de origen (por ejemplo, de África) y el país de residencia actual (por ejemplo, España)" (Navarro y Lozan, 2021). Otro ejemplo que respalda la teoría de invisibilidad es su aplicación en las personas con discapacidad, donde sus garantías de derechos aún no son consideradas de manera plena, por parte del Estado, pese a políticas, programas y planes de acción, no garantizan la inclusión y participación social (Betancourt Parra, 2023).

Con base en lo expuesto, corresponde al equipo investigador aplicar la teoría de la invisibilidad en los derechos de los niños y niñas confinados junto a su madre en un centro de rehabilitación social o centros de privación de libertad.

4. DISCUSIÓN

Los derechos del niño, son reconocidos, pero existen casos en los que no son aplicados en un ciento por ciento, sobre todo cuando estos niños y niñas, en su edad de infancia conviven y se desarrollan en un centro de rehabilitación social. Sobre todo, para definir la figura de la Persona Privada de Libertad (PPL), basta revisar lo que establece el Código Orgánico Integral Penal en el Título III, Derechos, Capítulo II, Derechos y Garantías de las Personas Privadas de la Libertad, artículo 12 numeral 11, sobre la salud, donde a las mujeres privadas de la libertad, su atención médica es con personal femenino especializado, cuando presentan cuadros de gestación, hayan dado a luz o estén en período de lactancia. También, se exige contar con las instalaciones y artículos para satisfacer las necesidades de higiene propias del género (Código Orgánico Integral Penal, 2022).

Es claro, que el contexto penal respeta los derechos de las personas privadas de libertad, conforme a lo citado, se observa que se respetan los derechos de la mujer, pero no se exhorta sobre los derechos del niño que nace. En todo caso, se puede deducir que esta situación favorece a la madre, sea porque le permiten ejercer su maternidad y tiene un trato diferente a las demás mujeres reclusas.

Una parte de la invisibilidad se presenta en la desatención de los derechos humanos de los niños que nacieron en la cárcel, en vista que nacen y crecen en la cárcel, siendo propensos a sufrir a largo plazo de "estrés tóxico" que les provoca desórdenes emocionales, dificultades en el aprendizaje, baja confianza y en etapas Vásquez Razo, I., Gómez Quevedo J. y Rivas Alarcón, A. (2024). Invisibilidad de los derechos de los niños confinados con sus madres en los centros de rehabilitación social. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 79-92. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/145>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

como la adolescencia, consumo de sustancias y adopción de estilos de vida riesgosos (Treviño Contreras, 2021); consideración psicológica que bordea el decremento de una generación.

A pesar que uno de los derechos de los niños y niñas, es el desarrollo integral en el proceso de crecimiento, este se ve interrumpido en los casos de madres reclusas. El Estado por medio de su política de atención al sistema de rehabilitación social, bajo la Resolución N° SNAI-SNAI-2020-0031-R, de 30 de julio del 2020 (Servicio Nacional de Atención Integral a Personas Adultas Privadas de la Libertad y a Adolescentes Infractores, 2020), en su artículo 72 establece la edad de los niños y niñas que pueden convivir con sus madres, por lo que a los 36 meses de edad o 3 años, bajo informe del equipo técnico del centro de privación de libertad.

Ante el eventual acontecimiento de la separación del niño se lo realiza conforme a políticas sociales, y comienza un evento que afecta el ejercicio de sus derechos, en especial al aplicarse el interés superior, porque las acciones de las instituciones encargadas de ejecutar y dar solución a la nueva situación del menor separado, no responden con efectividad. Así, deja demostrado el diario Primicias en una de sus noticias, titulada "Los niños viven una condena junto a sus madres en prisión", de la autora Carolina Mella, del 19 de diciembre del 2021, al preguntar sobre que institución del estado debe ponerse al frente del proceso, surge el problema de competencias sin que haya una clara responsabilidad entre el Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES), Servicio de Atención Integral de Personas Privadas de Libertad (SNAI) y Secretaria de Derechos Humanos (Mella, 2021).

En el proceso de separación de los niños en la edad de 3 años, el Estado invisibiliza a estos menores y deja a un lado el derecho que les asiste como el de garantizarles una vida de cuidado y protección en todos los ámbitos. Por ende, en su parte interna o salud psicológica, en vista que por cumplir la condena de la madre no se percata que esta separación provoca en el menor "la regresión del desarrollo, la dificultad para dormir, la depresión y el estrés agudo" (Shapiro, 2020), es decir, el futuro de ese infante se verá comprometido y sin seguimiento por parte de alguna institución estatal.

En este recorrido de la invisibilidad de los derechos, en el caso que nos asiste está el cuestionar si las acciones que realizan las instituciones estatales en la separación del menor conllevan a la limitación de los derechos fundamentales, en especial en el aspecto de salud, sin desmerecer que pueden sumarse otros derechos; porque limitar el derecho es dar paso a las restricciones al ejercicio de un determinado derecho básico, siendo por esencia antijurídica (Tórtora Aravena, 2010).

La desatención del estado en torno a los derechos de los niños y niñas, que nacieron y vivieron sus primeros años en un sitio de privación de libertad, en el que la madre después de compartir un tiempo con su hijo debe decidir o aceptar la separación de su vástago, pensando que tendrá una mejor situación de vida, no es

muy acertada en vista que los centros, casas de acogida o familias que integren a estos niños a la convivencia familiar, deben trabajar en el fortalecimiento psicológico o salud mental y que la misma puede incidir en originar rasgos depresivos agresivos.

Por la forma como se presenta este factor, de interrumpir el derecho que tiene el menor de edad, la sociedad o los encargados de aplicar sus políticas, deben recordar lo que manifiesta Garofalo, al decirnos que "considera al delincuente como un anormal psíquico. Se reconoce poca influencia en los factores ambientales y centra su atención en los instintos personales. Por eso la eliminación de las causas sociales sólo les va a traer beneficios limitados" (Garófalo, 2004).

Con las políticas aplicadas, a más de invisibilizar un derecho, empeora la situación desde el ámbito jurídico. Esto se debe a que no se aplica la ponderación que "es una forma para aplicar principios jurídicos, o bien, para preferir un derecho fundamental sobre otro; y así se busca darles plena eficacia a los derechos fundamentales en caso de que uno entre en conflicto con el otro" (Corte Suprema de Justicia de la Nación, 2017); lo que involucra discernir entre los derechos de la madre y los derechos del niño.

Finalmente, se corre el riesgo que en la aplicación de esta política de separación no se haga con un adecuado seguimiento, porque se inserta al menor a un medio nuevo en el cual puede sufrir discriminación, por su origen, por su condición de vida; lo que el estado debe asegurar que el medio al que va el menor es el más adecuado, caso contrario es responsable del deterioro físico y psicológico del menor.

5. CONCLUSIONES / CONSIDERACIONES FINALES

La convivencia de niños con sus madres en los centros de rehabilitación social en el Ecuador, es una realidad innegable que no es tratada con prioridad sobre los Derechos de los niños y niñas, en sus aspectos prioritarios como salud, educación, buen vivir, desarrollo en un ambiente sano y adecuado.

El estado es el garante y responsable de adoptar las medidas, políticas y acciones de una manera positiva en el marco de la promoción de la igualdad en favor de los titulares de derechos, que se encuentren inmersos en desigualdad; y, conforme la exposición realizada al permitir la invisibilidad de los derechos de los niños, se promueva la desigualdad.

La invisibilidad de los derechos, deja al descubierto las falencias de las políticas aplicadas y cómo las instituciones estatales no están actuando en apego al respeto de los derechos, sino solo creando articulados que conlleven a cumplimientos frívolos de la ley, sin buscar un mejor futuro al pequeño grupo de la sociedad que son los niños.

Es claro que para evitar que los niños sean invisibles a sus derechos, corresponde al estado invertir y crear espacios más adecuados, contar con

profesionales que asuman el reto de construir un espacio digno para las madres reclusas y sus hijos, en vista que se busca rehabilitar a la persona, se la puede realizar sin separar al hijo o hija de la madre.

Urge establecer una política clara y determinante para que se propicie un futuro mejor a la niñez que nace en la cárcel, en vista que los efectos de una separación se puede revertir negativamente en el infante y la que coseche una cultura de agresión o revanchismo es la sociedad.

6. REFERENCIAS

Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: CEP.

Betancourt Parra, T. (2023). La Invisibilidad de los Derechos Humanos de las personas con discapacidad. *Red de Activistas Ciudadanos por los Derechos Humanos*.
<https://activistasciudadanos.org/lainvisibilidaddelosederechoshumanosdelaspersonascondiscapacidad/>

Carolina Mella. (19 de Dic de 2021). Los niños viven una condena junto a sus madres en prisión. <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/ninos-prision-viven-condena-junto-madres/#:~:text=Ministerio%20de%20Justicia-,A%20inicios%20de%202021%2C%2060%20ni%C3%B1os%20menores%20de%20tres%20a%C3%B1os,a%20la%20c%C3%A1rcel%20de%20Latacunga>.

Código Orgánico Integral Penal. (2022). CEP.

Comisión Interamericana de Derechos Humanos. (2022). *Personas Privadas de Libertad en Ecuador*. https://www.oas.org/es/cidh/informes/pdfs/Informe-PPL-Ecuador_VF.pdf

Congreso Nacional del Ecuador. (2003). *Código de la Niñez y Adolescencia*. Quito: CEP.

Corte Suprema de Justicia de la Nación. (31 de marzo de 2017). *La tutela de los derechos fundamentales: la ponderación de principios como instrumento de protección*.
<https://www.scjn.gob.mx/sites/default/files/transparencia/documentos/beckarios/205michelle-lowenberg-lopez.pdf>

Ferari M. (2016). La maternidad en la cárcel. *Pesquisa FAPESP*.
<https://revistapesquisa.fapesp.br/es/la-maternidad-en-la-carcel/>

Garófalo R. (2004). *El Delito como Fenómeno Social*. Analecta.

Heller, S y Flores, E. (2016). Niño pequeño, preescolar y escolar. *Gaceta Médica de México*. https://www.anmm.org.mx/GMM/2016/s1/GMM_152_2016_S1_022-028.pdf

Vásquez Razo, I., Gómez Quevedo J. y Rivas Alarcón, A. (2024). Invisibilidad de los derechos de los niños confinados con sus madres en los centros de rehabilitación social. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 79-92. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/145>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

- Herrera S. (2017). El diseño de la investigación cualitativa. Seminario Taller "Herramientas para la elaboración de protocolos de investigación e inducción para la elaboración de manuscritos científicos de calidad. DGI.
- Navarro J. y Lozano L. (2021). El Derecho de los "Niños Invisibles" a su inscripción después del nacimiento y a adquirir una nacionalidad. La obligación de evitar la Apatridia Infantil. *Actualidad Jurídica URÍA Menéndez*, 23-32. <https://www.uria.com/documentos/publicaciones/7845/documento/art01.pdf?id=12770&forceDownload=true>
- Ramos Flores J. (1 de 08 de 2022). ¿Puedo realizar una investigación cualitativa en derecho? LP: La pasión por el Derecho. <https://lpderecho.pe/puedo-realizar-una-investigacion-cualitativa-en-derecho/#:~:text=La%20investigaci%C3%B3n%20jur%C3%ADdica%20cualitativa%20est%C3%A1,control%20de%20variables%5B7%5D>.
- Servicio Nacional de Atención Integral a Personas Adultas Privadas de la Libertad y a Adolescentes Infractores. (30 de julio de 2020). Resolución N° SNAI-SNAI-2020-0031-R. Quito, Ecuador: CEP.
- Shapiro E. (2020). *Trauma causado por la separación de los niños de sus padres*. https://www.americanbar.org/content/dam/aba/publications/litigation_committees/childrights/child-separation-memo/parent-child-separation-trauma-memo.pdf
- Sistema Penitenciario*. (2023). Obtenido de Comisión de Derechos Humanos del Estado de Zacatecas: <https://cdhezac.org.mx/sistema-penitenciario/>
- Tórtora Aravena H. (2010). Las Limitaciones a los Derechos Fundamentales. *Scielo: Estudios constitucionales*. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-52002010000200007#:~:text=Para%20tal%20efecto%2C%20entenderemos%20por,antijur%C3%ADdica%20y%20puede%20derivar%20para
- Treviño Contreras P. (9 de junio de 2021). Derechos humanos de los niños que nacieron en la cárcel. *Revista Jurídica UNAM*. <https://revistas.juridicas.unam.mx/index.php/hechos-y-derechos/article/view/15956/16786>
- UNHCR - ACNUR. (1990). Convención sobre los Derechos del Niño. Asamblea General Resolución 44/25, 20 noviembre 1989 (págs. 1-15). Nueva York: Secretaría General de las Naciones Unidas. https://www.acnur.org/media/convencion-sobre-los-derechos-del-nino?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw9vqyBhCKARIsAllcLMFy9TKLVObUFXZ4UD7W-yKN5Lt5sY5TTe_0SvhTXwFJO9IZ2wQMMowaAt4GEALw_wcB
- UNICEF. (2023). *Historia de los derechos del niño*. <https://www.unicef.org/es/convencion-derechos-nino/historia>
- Vásquez Razo, I., Gómez Quevedo J. y Rivas Alarcón, A. (2024). Invisibilidad de los derechos de los niños confinados con sus madres en los centros de rehabilitación social. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 79-92. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/145>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

Weisheimer N. (2013). La Invisibilidad Social de las Juventudes Rurales. *Densidades* (1), 22-67. http://pepsic.bvsalud.org/pdf/desi/v1/es_n1a03.pdf

Vásquez Razo, I., Gómez Quevedo J. y Rivas Alarcón, A. (2024). Invisibilidad de los derechos de los niños confinados con sus madres en los centros de rehabilitación social. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 79-92. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/145>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

ANÁLISIS DEL TIEMPO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE UN AUTOMÓVIL CHEVROLET SPARK

Paúl Andrés Gudiño Guerrón
pgudino@institutovicentefierro.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9635-525X>
Instituto Superior Tecnológico Vicente Fierro - Ecuador

Jackson David García Sarmiento
jacksongsarmiento2002@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5609-5589>
Instituto Superior Tecnológico Vicente Fierro - Ecuador

Recibido: 11/09/23

Aceptado: 15/12/23

Publicado: 01/01/24

RESUMEN

El estudio analizó el consumo de combustible a través del tiempo de inyección de un motor a gasolina de 4 cilindros del vehículo Chevrolet Spark 1,0 L, entre 1560 msnm y 2960 msnm. Para la recolección se utilizó una ficha de observación donde se analizan variables como presión atmosférica (kPa) y régimen del motor (rpm), sin embargo, al ser un experimento cuasiexperimental, destacan ciertas variables de control propias de las condiciones ambientales como la temperatura ambiente y humedad relativa del aire. El estudio se lo realizó en las ciudades de Tulcán, Valle del Chota y Atuntaqui. Una vez procesados los datos, se determinó la incidencia del régimen del motor, la presión atmosférica en el ancho de pulso y su relación directa con el consumo de combustible. Se evidenció la relación directa entre el tiempo de inyección electrónica y la presión atmosférica, al variar las cargas del motor de 2000 a 3000 rpm, con el mismo ángulo de apertura de la mariposa, siendo mayor a una altitud menor. Además, el tiempo de inyección disminuyó a mayor altitud, lo que conllevó a un menor consumo de combustible, fenómeno dado por la presión de aire en el colector de admisión.

PALABRAS CLAVE: motores de combustión interna, tiempo de inyección, altitud, revoluciones por minuto.

CHEVROLET SPARK AUTOMOBIL ELECTRONIC INJECTION TIME ANALYSIS**ABSTRACT**

The study analyzed fuel consumption through the injection time of a 4-cylinder petrol engine of the Chevrolet Spark 1.0 L, between 1560 and 2960 mbsl. For the collection, an observation sheet was used where variables such as atmospheric pressure (kPa) and engine regime (rpm) are analyzed, however, as it is a quasi-experimental experiment, certain control variables specific to environmental conditions such as ambient temperature and relative humidity of the air are highlighted. The study was conducted in the cities of Tulcán, Valle del Chota and Atuntaqui. Once the data were processed, the impact of the engine regime, atmospheric pressure on pulse width and its direct relationship to fuel consumption was determined. The direct relationship between electronic injection time and atmospheric pressure was demonstrated by different engine loads from 2000 to 3000 rpm, with the same opening angle as the butterfly, being greater at a lower altitude. In addition, the injection time decreased at higher altitude, which led to lower fuel consumption, a phenomenon given by the air pressure in the inlet collector.

KEY WORDS: internal combustion engines, injection time, altitude, revolutions per minute.

1. INTRODUCCIÓN

En el área de Mecánica Automotriz, el rendimiento de los vehículos, principalmente de motores de combustión interna a diferentes altitudes, ha sido siempre objeto de estudio. Considerando lo mencionado, se plantea el estudio del comportamiento de un motor de combustión interna de 1,0 L del Chevrolet Spark. Un motor de combustión interna a gasolina, sometido a diferentes condiciones, influye significativamente en el rendimiento del vehículo, incluyendo aspectos como la potencia del motor, el consumo de combustible y el funcionamiento de los sistemas de inyección electrónica (Jiménez et al., 2020).

Es así que la altitud disminuye potencia efectiva. Por tal razón, aumenta el tiempo de inyección electrónica y, por ende, el consumo de combustible en relación a la carga de motor (Serpe G. et al., 2016). Dada la importancia de comprender cómo la altitud afecta al rendimiento de los vehículos, este estudio se enfocó en realizar un análisis comparativo de la inyección electrónica de un automóvil a diferentes altitudes, con el objetivo de contribuir al conocimiento en este campo y proporcionar información relevante para el diseño y la optimización de sistemas de inyección electrónica en vehículos.

Según Molina (2020), en su proyecto de titulación "Análisis de un motor ciclo otto ante diferentes factores atmosféricos mediante un estudio comparativo de parámetros de identificación para obtener el rendimiento energético", de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, menciona que en su trabajo obtuvieron resultados favorables. El comportamiento del motor depende de diferentes variables de análisis como: cantidad de oxígeno, temperatura, consumo de combustible y emisión de gases, que son fundamentales para comprender su funcionamiento. La adecuada recopilación de esta información permite realizar un estudio eficaz. En este caso, los datos se basaron en un recorrido real en la ruta Cuenca - Guayaquil, lo que añade relevancia y aplicabilidad práctica al estudio presentado.

Según Arroyo, Cevallos, Imbaquingo y Melo (2021), en su artículo "Análisis de un motor ciclo otto ante diferentes factores atmosféricos mediante un estudio comparativo de parámetros de identificación para obtener el rendimiento energético", de la Universidad Técnica del Norte, se aprecia que el análisis de las emisiones contaminantes en un motor de combustión interna, con encendido provocado, revela la influencia de varios factores. La cantidad de oxígeno que ingresa a la cámara de combustión disminuye con la altura y la reducción de presión atmosférica, lo que afecta la generación de emisiones. Al considerar las emisiones de monóxido de carbono en relación con la altura y la variación del régimen del motor, se observa que las revoluciones por minuto son el factor más influyente en la formación de este gas.

Según López y Benítez (2023), en su proyecto de grado previo a la obtención del título con el tema de "Diagnóstico estequiométrico con osciloscopio / Análisis del sistema de encendido del motor 2ZR-FXE" de la Universidad Técnica del Norte indica que las bobinas de encendido del vehículo experimentaron modificaciones

Gudiño Guerrón P., García Sarmiento, J. (2024). Análisis del tiempo de inyección electrónica de un automóvil Chevrolet Spark. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 93-105.

<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/132>

enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

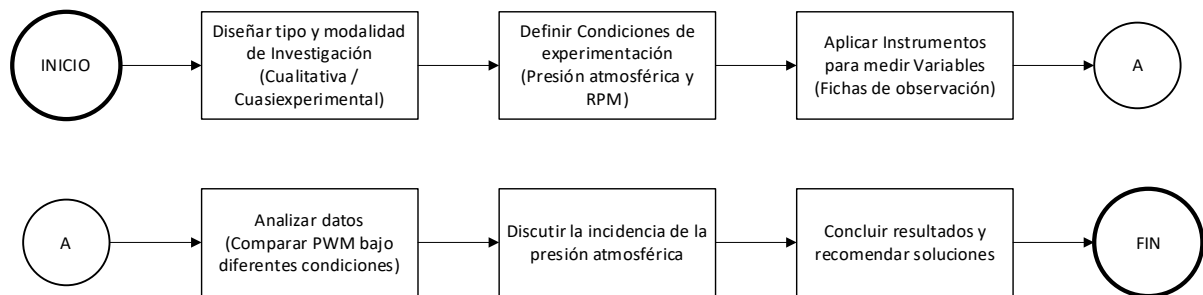
significativas en el flujo eléctrico cuando se alteró la estequiometría en el motor. Estos cambios en el flujo eléctrico se reflejaron a través del osciloscopio, lo que reveló alteraciones en parámetros clave, como el tiempo de combustión de la mezcla y el tiempo de saturación. Desde ese punto, es importante destacar que, a pesar de estos hallazgos, los oscilogramas no proporcionaron información suficiente para identificar posibles fallos en componentes específicos del sistema de encendido, entendiéndose que el motor se encontraba en buen estado.

2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS / MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación buscó evaluar cualitativamente el rendimiento del pulso del sistema de inyección electrónica del Chevrolet Spark 2009, ante variaciones controladas de presión atmosférica y régimen del motor (rpm). La metodología usada respeta las actividades mostradas en Figura 1.

Figura 1

Flujograma de variables.



Fuente: autoría propia.

En este marco, se adoptó un enfoque mixto, respaldado por la utilización de fichas de observación, donde se abordaron diferentes parámetros para explorar, de manera detallada, los impactos de las variaciones en la presión atmosférica y el régimen del motor (rpm) en el rendimiento del sistema de inyección electrónica del Chevrolet Spark 2009. La ficha de observación, estructurada meticulosamente para la toma de datos, se implementó durante la manipulación controlada de las dos variables.

En este proyecto de investigación, se adoptó una modalidad cuasiexperimental, debido a la naturaleza de la manipulación controlada de las variables de interés: la presión atmosférica y las revoluciones por minuto (rpm), durante las observaciones del sistema de inyección electrónica del Chevrolet Spark 2009. Aunque el diseño cuasiexperimental comparte similitudes con los diseños experimentales tradicionales, se diferencia en la falta de control de ambiente exterior como temperatura del medio ambiente y humedad relativa. Se buscó analizar los efectos prácticos y observables de las variaciones de estas variables en un entorno casi controlado, permitiendo así la exploración de relaciones causa-efecto de manera más realista y aplicada. La modalidad cuasiexperimental ofrece la flexibilidad necesaria para llevar a cabo este tipo de investigaciones en

condiciones de campo, permitiendo una aproximación más práctica a la comprensión de la influencia de la presión atmosférica y el régimen del motor en el tiempo de inyección del sistema de combustible del vehículo.

La técnica usada se basó en la observación directa, controlando variables como altura sobre el nivel del mar o presión atmosférica y el régimen del motor. Se emplea la ficha de observación como instrumento central en este estudio. La recopilación de datos se llevó a cabo en tres ciudades distintas, cada una caracterizada por variaciones en la presión atmosférica. Durante estas observaciones, se modularon las revoluciones del motor en diferentes rangos, abarcando desde 800 rpm hasta 4000 rpm. La obtención de datos se realizó mediante un escáner automotriz *Launch X431*, que permite la visualización y registro preciso del tiempo de inyección electrónica. Este enfoque integral de recopilación de datos proporcionó una visión detallada de cómo las condiciones atmosféricas y las rpm afectan cualitativamente el rendimiento del sistema de inyección electrónica en el Chevrolet Spark 2009.

La población considerada en este estudio fue los datos recopilados del comportamiento del sistema de inyección electrónica PWM del Chevrolet Spark 2009, 4 cilindros de 1.0L en respuesta a variaciones controladas de presión atmosférica y régimen del motor. La población específica fue los resultados y observaciones obtenidas durante las pruebas del sistema de inyección electrónica del Chevrolet Spark 2009, 4 cilindros 1.0 L bajo condiciones variables de presión atmosférica y rpm.

El análisis del comportamiento del tiempo de inyección electrónica del Chevrolet Spark 2009 1,0 L ante variaciones en la presión atmosférica y el régimen del motor, permite clasificar a las variables de estudio en independientes, dependientes y de control.

VARIABLES INDEPENDIENTES

Presión atmosférica. Se manipula de manera controlada, considerando los metros sobre nivel del mar y tres ubicaciones geográficas diferentes, presentada en la Tabla 1.

Tabla 1

Presión atmosférica en puntos de análisis.

Ciudad	Altitud aproximada (msnm)	Presión atmosférica (kPa / psi)
Tulcán	3000	70.12 / 10.77
Atuntaqui	2200	77.55 / 11.25
Valle del Chota	1600	83.53 / 12.11

Fuente: autoría propia.

En la recolección de datos se pudo evidenciar que, a medida que se desciende en altitud, la presión atmosférica aumenta. Esto en vista que esta corresponde a la presión equivalente al peso de la columna de aire. Por ejemplo, en Tulcán (3000 msnm), la presión es de 70.12Kpa / 10.77psi, mientras que en Atuntaqui (2200 msnm), la presión es de 77.55Kpa / 11.25psi y en el Valle del Chota (1600 msnm), la presión es de 83.53Kpa / 12.11psi. Esto sugiere una relación inversa entre la altitud y la presión atmosférica, lo que es consistente con la teoría atmosférica.

Régimen del Motor (rpm). Se ajustan en diferentes rangos para identificar la influencia en el tiempo de inyección electrónica. Para este caso, se clasificó acorde a la Tabla 2.

Tabla 2

Régimen del motor en base a diferentes cargas.

Tipo de Carga	Régimen del motor (rpm)
Baja Carga (Ralenti)	750 - 850
Mediana Carga	2000 - 3000
Alta Carga	3000 - 4000

Fuente: autoría propia.

Se puede observar que a medida que la carga del motor aumenta, también aumenta el rango de revoluciones por minuto (rpm). Esto sugiere una relación directa entre la carga del motor y las rpm, lo que es consistente con el funcionamiento de un motor de combustión interna.

Variable dependiente

Tiempo de inyección electrónica. Varía en función de las variables independientes, estando directamente relacionado con el régimen del motor y las condiciones de presión atmosférica. Este parámetro se puede considerar crítico para el rendimiento y la eficiencia del motor. Dicho tiempo se tomó a través de un escáner automotriz de la marca *Launch*.

Variables de control

La temperatura ambiente. Es considerada en el análisis debido a su impacto en las propiedades del aire. Tomada a través de una termocupla, es importante destacar que se procuró mantener constante esta variable durante las distintas tomas de datos. La temperatura durante la recopilación de datos fue de 17°C en Atuntaqui y el Valle del Chota, realizándose en diferentes momentos del día: una por la mañana y otra por la noche, respectivamente. Mientras tanto, en Tulcán, la medición se la realizó cuando la temperatura ambiente alcanzó 15° C.

Temperatura del motor. Es importante considerar que las mediciones se realizaron cuando la temperatura del refrigerante del motor alcanzó su temperatura cercana a 80°C. Bajo estas dos condiciones se logra controlar el impacto de las variables mencionadas con el objeto de tener mediciones acertadas para el posterior análisis.

3. RESULTADOS

Los datos recopilados se lo hicieron con el Escáner *Launch X431-Pro* en relación con la ubicación geográfica donde se llevó a cabo la toma de muestras. En el Valle del Chota, en la provincia de Imbabura, de altitud de aproximadamente 1600 msnm se obtuvieron los siguientes datos presentados en la Tabla 3.

Tabla 3

Parámetros de funcionamiento del motor a diferentes cargas en el Valle del Chota a 1600 msnm.

	Ralentí (700 a 900 rpm)	2000 a 3000 rpm	Superior a 3000 rpm
Temperatura del Motor (° C)	91,535	93,785	90,785
Tiempo de Inyección PWM (ms)	2,624	1,916	1,976
Régimen del motor (RPM)	798	2542	3887
Presión del Riel MAP (kPa)	35,552	26,894	26,412
Sensor de apertura de la mariposa de aceleración TPS (V)	4,184	3,876	3,661
Condiciones de la Sonda Lambda (mV)	249,2	224,769	298,063

Fuente: autoría propia.

Se presentó el análisis de la variación del rendimiento del motor, en función del aumento del régimen del motor, en el Valle del Chota a 1600 msnm, considerando la influencia de la menor presión atmosférica a mayor altitud. En este sentido, se observó una disminución en la presión del riel MAP, un accionamiento más rápido del tiempo de inyección, una mayor apertura del TPS y un aumento en las señales de emisiones de la sonda lambda.

En Atuntaqui, en la provincia de Imbabura, de altitud de aproximadamente 2300 msnm se obtuvieron los siguientes datos presentados en la Tabla 4.

Tabla 4

Parámetros de funcionamiento del motor a diferentes cargas en Atuntaqui a 2300 msnm aprox.

	Ralentí (700 a 900 rpm)	2000 a 3000 rpm	Superior a 3000 rpm
Temperatura del Motor (° C)	87,784	90,03	94,536
Tiempo de Inyección PWM (ms)	2,768	1,66	1,872
Régimen del motor (RPM)	809	2039	3214
Presión del Riel MAP (kPa)	34,719	25,185	27,194
Sensor de apertura de la mariposa de aceleración TPS (V)	4,238	3,935	3,724
Condiciones de la Sonda Lambda (mV)	718,282	596,125	312,722

Fuente: autoría propia.

Se presentó la variación del rendimiento del motor en función del aumento del régimen del motor en Atuntaqui que se encuentra a 2300 msnm, y se considera la influencia de menor presión atmosférica a mayor altitud. Así, se observó una disminución en la presión del riel MAP, un accionamiento más rápido del tiempo de inyección, una mayor apertura del TPS y un aumento en las señales de emisiones de la sonda lambda.

En la Tabla 5 se ubican los parámetros de funcionamiento del motor a diferentes cargas en Tulcán que se encuentran a aproximadamente 2950 msnm.

Tabla 5

Parámetros de funcionamiento del motor a diferentes cargas en Tulcán a 2950 msnm aprox.

	Ralentí (700 a 900 rpm)	2000 a 3000 rpm	Superior a 3000 rpm
Temperatura del Motor (° C)	89,284	89,284	92,285
Tiempo de Inyección PWM (ms)	2,54	1,624	1,652

Régimen del motor (RPM)	800	2327	3407
Presión del Riel MAP (kPa)	33,493	24,307	25,756
Sensor de apertura de la mariposa de aceleración TPS (V)	4,208	3,871	3,666
Condiciones de la Sonda Lambda (mV)	806,235	229,65	395,788

Fuente: autoría propia.

Se analizó la variación de rendimiento del motor, en función del aumento del régimen del motor en Tulcán, ubicado a 2950 msnm, considerando la influencia de la menor presión atmosférica a mayor altitud. Se observó una disminución en la presión del riel MAP, un accionamiento más rápido del tiempo de inyección, una mayor apertura del TPS y un aumento en las señales de emisiones de la sonda lambda.

En la Tabla 6, sobre los parámetros de inyección a diferentes altitudes, se presentó la carga del motor y el tiempo de inyección a diferentes altitudes.

Tabla 6

Parámetros de inyección a diferentes altitudes.

Ubicación	Tiempo de Inyección PWM (ms)	Régimen del motor (RPM)	Presión del Riel MAP (kPa)
Valle del Chota (1600 msnm)	2,624	798	35,552
Atuntaqui (2300msnm)	2,768	809	34,719
Tulcán (2950 msnm)	2,54	800	33,493
Valle del Chota (1600 msnm)	1,916	2542	26,894
Atuntaqui (2300msnm)	1,66	2039	25,185
Tulcán (2950 msnm)	1,624	2327	24,307
Valle del Chota (1600 msnm)	1,976	3887	26,412
Atuntaqui (2300msnm)	1,872	3214	27,194
Tulcán (2950 msnm)	1,652	3407	25,756

Fuente: autoría propia.

Se analizó la variación del tiempo de inyección a diferentes altitudes, considerando que el tiempo de inyección aumenta a menor altitud y un mayor consumo de combustible. Esto en función de la presión de aire en el colector de admisión.

4. DISCUSIÓN

En el presente análisis, es importante recalcar que la toma de datos se la realizó mientras el vehículo estaba estacionado. Se aprecia que la temperatura del motor está dentro de los rangos normales de funcionamiento, entre 85 y 95°C. Esto evidencia el buen funcionamiento del sistema de refrigeración, fundamental para garantizar la toma de datos para el presente estudio.

En concordancia con el "Análisis de un motor ciclo otto ante diferentes factores atmosféricos, mediante un estudio comparativo de parámetros de identificación para obtener el rendimiento energético" de Molina, al estudiar la relación entre el consumo de combustible y el ancho de pulso del sistema de inyección que brinda el scanner automotriz, se evidencia una relación directa. Se identifica que cuando el motor del vehículo opera en ralentí, es decir, alrededor de las 800 rpm, el ancho de pulso es mayor respecto a los datos tomados con régimen más altos de motor, por encima de las 2000 rpm. Este patrón se mantiene, independientemente de la presión atmosférica. Sin embargo, el estudio de emisión de gases es fundamental para la optimización del mismo.

Además, se destaca que la cantidad de aire que ingresa en la cámara de combustión es proporcional a la presión del riel, así es mayor a medida que aumenta la presión atmosférica en regiones de menor altitud como en el Valle del Chota, en contraste con las ciudades de estudio como Atuntaqui y Tulcán, situadas a una altitud de 2300 y 2950 metros sobre el nivel del mar respectivamente.

En este sentido, es importante señalar que, en el sensor de apertura de la mariposa de aceleración, los valores son similares cuando el motor oscila entre 2000 y 3000 rpm. Sin embargo, al aumentar a 215 rpm en el régimen del motor entre las ubicaciones geográficas de Tulcán y el Valle del Chota, hay un correspondiente aumento en el ancho de pulso de los inyectores, donde las revoluciones son mayores. El comportamiento es similar en las pruebas realizadas sobre las 3000 rpm. La relación entre la presión atmosférica y el tiempo de inyección están directamente relacionadas, además, dependen de variables externas de control como la humedad y temperatura del aire.

El estudio se realiza con la mezcla estequiométrica ideal aire-combustible, por lo que no se puede determinar la incidencia del ancho de pulso en los inyectores. No obstante, el estudio "Diagnóstico estequiométrico con osciloscopio / Análisis del sistema de encendido del motor 2ZR-FXE", considera esto un factor importante en la eficiencia del consumo de combustible.

Los resultados indican que es claro cómo el sistema de inyección electrónica sufre diversas alteraciones con respecto a la presión atmosférica y distintos

Gudiño Guerrón P., García Sarmiento, J. (2024). Análisis del tiempo de inyección electrónica de un automóvil Chevrolet Spark. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 93-105.

<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/132>

enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

regímenes del motor del Chevrolet Spark 1.0 L en las altitudes mencionadas. En conjunto, la experimentación respecto al tiempo de inyección electrónica sirve para identificar el rendimiento del motor, el ángulo de apertura de la válvula de mariposa de admisión de aire y el tiempo de inyección que depende de la presión atmosférica.

Por último, se constata que los valores de la sonda lambda o sensor de oxígeno se encuentra dentro de los límites permisibles, entre 100 y 900 mV. Este resultado, aunque no con certeza, insinúa un correcto tipo de mezcla que determinar la eficiencia en la mezcla estequiométrica y gases de emisión.

5. CONCLUSIONES / CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados validan la variación del sistema de inyección electrónica a diferente presión atmosférica y distintos regímenes del motor del Chevrolet Spark 1.0 L, en ralentí del tiempo de inyección electrónica. En consecuencia, el consumo de combustible se comporta de la siguiente manera: para el caso del Valle del Chota el PWM es de 2,624 (ms) a 798 rpm, en Atuntaqui es de 2,768 (ms) a 809 rpm y en Tulcán es de 2,54 (ms) a 800 rpm. El PWM no varía en gran manera en función de la presión, pero sí conforme a las pequeñas variaciones del régimen del motor. Esto se comprueba en el rango de operación del motor de 2000 rpm a 3000 rpm, para el caso del Valle del Chota a 2542 rpm el PWM es de 1,916 (ms), en Atuntaqui es de 1,66 (ms) a 2039 rpm y en Tulcán es de 1,624 (ms) a 2327 rpm.

La apertura de la mariposa de aceleración no influye directamente con el régimen del motor, sino que depende, en gran magnitud, de la presión atmosférica cuando las revoluciones superan las 2000 rpm. Se observa este fenómeno en los rangos de estudio de 2000 a 3000 rpm y cuando el motor trabaja sobre las 3000 rpm que, a pesar de tener casi la misma apertura las revoluciones, aumentan a menor presión atmosférica. Esto se corrobora con la presión del riel que brinda los datos del sensor MAP.

El consumo de combustible relacionado directamente con el ancho de pulso PWM de los inyectores aumenta a menor presión atmosférica, siendo necesario mayor cantidad de combustible para regular la mezcla estequiométrica. Sin embargo, es importante aclarar que, de igual manera, el rendimiento del motor es mayor. Esto se comprueba con el régimen del motor.

Las pruebas estáticas evidencian que, con la misma apertura en la mariposa, las revoluciones y consumo de combustible aumentan. Sin embargo, para verificar la eficiencia del motor cuando está sometido a la necesidad de vencer un torque para el movimiento del vehículo es necesario desarrollar pruebas dinámicas, es decir, cuando el vehículo este en movimiento.

En esta misma línea, es indispensable llevar a cabo las pruebas en entornos controlados, para garantizar la precisión de los datos recopilados. La humedad relativa, temperatura ambiente y demás propiedades del aire afectan el tiempo de inyección. Por lo tanto, es crucial controlar las condiciones de muestra y

estandarizarlas para obtener resultados precisos y comparables. La calibración adecuada de las bujías, el sistema de refrigeración del vehículo y demás partes funcionales del motor son indispensables antes de llevar a cabo las pruebas, garantizando la validez de los datos para el análisis del consumo de combustible en función del ancho de pulso PWM.

Se sugiere desarrollar un estudio que incluya pruebas dinámicas, es decir, cuando el vehículo este en marcha. La necesidad de superar la inercia del vehículo necesita incrementar el torque de giro del motor. En consecuencia, aumentaría el ancho de pulso del inyector y, por ende, el consumo de combustible. La ejecución de pruebas dinámicas permitiría una comprensión más completa del comportamiento del ancho de pulso en el sistema de inyección electrónica.

En el estudio dinámico de deben considerar otras variables externas que puedan influir en los resultados de las pruebas, como las condiciones climáticas y el estado de la carretera. Estos factores pueden tener un impacto significativo en el rendimiento del sistema de inyección electrónica y deben ser tenidos en cuenta durante el diseño y la ejecución del estudio. Se recomienda realizar un estudio del motor trabajando con la misma presión atmosférica, pero a diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa, entre otras propiedades del ambiente donde funciona el vehículo. De igual manera, se podría realizar un estudio de emisión de gases para determinar el análisis de eficiencia en el ámbito ambiental.

6. REFERENCIAS

Arroyo Terán, E. S., Cevallos González, A. F., Imbaquingo Navarrete, R. P., & Melo Obando, J. L. (2020). Estudio del efecto de la altitud sobre las emisiones de gases de escape de motores de combustión interna con encendido provocado. *Ingeniería y Desarrollo*, 38(1), 148-162.

Chevrolet. (12 de abril de 2010). Chevrolet Catálogos. <https://www.chevrolet.com.ec>

Chevrolet. (23 de agosto de 2019). Catalogo Chevrolet. Chevrolet Spark LS, LT y GT.

Delgado, J. (2018). Análisis de Sistema Electrónica del Vehículo Chevrolet Spark del equipo Maxisys. Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador.

Jhean, S. (24 de febrero de 2023). ConmiVehículo. Obtenido de Sensor de detonación: Funcionamiento y sus fallas más comunes

López Valenzuela, C. D., & Benítez Haro, J. A. (2023). Diagnóstico Estequiométrico con Osciloscopio/Análisis del sistema de encendido del motor 2ZR-FXE (Bachelor's tesis).

Molina Patiño, B. A. (2020). Análisis de un motor ciclo Otto ante diferentes factores atmosféricos mediante un estudio comparativo de parámetros de identificación para obtener el rendimiento energético (Bachelor's thesis).

Gudiño Guerrón P., García Sarmiento, J. (2024). Análisis del tiempo de inyección electrónica de un automóvil Chevrolet Spark. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 93-105. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/132>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

Rico, D. (23 de mayo de 2023). Clun Mitsubishi ASX. Obtenido de ¿Qué pasa si se desconecta el sensor de temperatura?

Romeva, C. R. (2010). Diseño concurrente (Vol. 126). Univ. Politèc. de Catalunya.

Jimenez, E., Molina, R., & Andrade, V. (2021). Spark Plug Simulation with the Use of Three Types of Fuels in Direct Injection Engines for the Evaluation of Polluting Factors. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.*

Andrade, G.F., & Tenezaca, X.A. (2016). Determinación de la influencia en emisiones contaminantes, torque, potencia y consumo de combustible de un vehículo con motor ciclo otto, de inyección electrónica de gasolina, mediante la variación de 6 tipos de bujías.

IMPACTO AMBIENTAL DE LA LOGÍSTICA EN EL TRANSPORTE INTERNACIONAL DE MERCANCÍAS

Rodrigo Vicente Portilla Velásquez
vicenteportilla1@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0007-1761-3224>
Instituto Superior Tecnológico Vicente Fierro - Ecuador

Eduardo Santiago De la Cruz Montenegro
santilu_xd@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-7653-2905>
Instituto Superior Tecnológico Vicente Fierro - Ecuador

Diego Humberto Nazate Changuan
digterry_83@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-5968-5122>
Instituto Superior Tecnológico Vicente Fierro - Ecuador

Recibido: 27/11/23

Aceptado: 23/12/23

Publicado: 01/01/24

RESUMEN

Los vehículos de transporte pesado, especialmente aquellos que utilizan combustibles fósiles, son los principales responsables de la contaminación del aire. Sus emisiones de gases contribuyen a la contaminación atmosférica y al incremento de la huella de carbono. Todo esto pueden afectar la salud pública. En ese contexto, surge el objetivo de analizar el impacto ambiental que tiene la logística en la cadena de suministro de las empresas de transporte internacional de mercancías en la provincia del Carchi. El diseño utilizado fue descriptivo con un alcance transversal. Se tomó una muestra no probabilística conformada por 21 empresas, dentro de las que dirigió una entrevista semiestructurada de 11 preguntas abiertas y cerradas. Los resultados destacan la realidad del medio ambiente por la contaminación emitida por los vehículos de transporte de carga pesada y los efectos que esto ocasiona en la salud de las personas y el medio ambiente. Entre las medidas que se debería tomar para mitigar los impactos está incrementar la eficiencia de los vehículos, optando por vehículos eléctricos o híbridos, así como aumentar la eficiencia del combustible.

PALABRAS CLAVE: medioambiente, transporte pesado, contaminación, logística.

ENVIRONMENTAL IMPACT OF LOGISTICS IN THE INTERNATIONAL TRANSPORTATION OF GOODS

ABSTRACT

Heavy-duty vehicles, especially those using fossil fuels, are the main ones responsible for air pollution. Its gas emissions contribute to air pollution and increased carbon footprint. All of this can affect public health. In this context, the objective arises to analyse the environmental impact of logistics on the supply chain of international freight transport companies in the Carchi province. The design used was descriptive with a cross-sectional scope. A non-probability sample of 21 companies was taken, within which she conducted a semi-structured interview of 11 open and closed questions. The results highlight the reality of the environment by the pollution emitted by heavy-duty vehicles and the effects that this causes on human health and the environment. Among the measures that should be taken to mitigate impacts are increased vehicle efficiency, choosing electric or hybrid vehicles, as well as increased fuel efficiency.

KEY WORDS: environment, heavy transportation, pollution, logistics.

1. INTRODUCCIÓN

La investigación del impacto ambiental del transporte pesado de las empresas de mercancías de la provincia del Carchi es importante para comprender y mitigar la magnitud de las consecuencias en el ambiente. Algunos impactos ambientales significativos incluyen la emisión de gases, producto de la combustión de combustibles, consumo y contaminación de recursos, congestión y ruido.

Los vehículos de transporte pesado, especialmente aquellos que utilizan combustibles fósiles, son los principales responsables de la contaminación del aire. Debido a que las emisiones contribuyen a la contaminación atmosférica y al incremento de la huella de carbono, lo que puede afectar la salud pública (Díaz Cabrera, 2022). En cuanto al uso de recursos, el transporte pesado consume energía en abundancia, proveniente en mayor proporción de combustibles. Esto tiene una repercusión perjudicial para el medio ambiente, ya que uno de estos recursos es el agua. La carente inspección en los procedimientos de mantenimiento de vehículos pesados puede llevar a la contaminación, como en el caso de los desperdicios que se desechan directamente en las riveras de ríos. También está la congestión y el ruido. El transporte pesado impacta en el bienestar, tanto en personas como también en animales, al generar ruido ambiental.

En este sentido, un análisis del impacto ambiental permite atenuar los efectos negativos y mejorar la sostenibilidad de las empresas. Para esto, se presentan varias alternativas, como el uso de vehículos y tecnologías más eficientes y sostenibles, reducir la congestión en las carreteras y el ruido ambiental, implementación de normas y reglamentos destinados al control de la contaminación. La disminución de la emisión de gases de combustión que genera el transporte pesado puede reducir las consecuencias perjudiciales en la salud humana, al recuperar la calidad del aire. Estos beneficios además pueden verse en la biodiversidad.

El impacto ambiental de la cadena logística radica en la complejidad y la interconexión de los diferentes procesos y actividades que la conforman. Esto dificulta establecer y estimar el impacto ambiental asociado. Además, la cadena logística puede involucrar a múltiples actores y actividades en diferentes lugares geográficos. Por lo tanto, es importante contar con un enfoque sistemático que considere los impactos directos e indirectos y los efectos acumulativos, desde el inicio de los productos transportados hasta su degradación.

El proceso logístico en la cadena de suministro, aunque mejora la eficacia y la rentabilidad de las empresas, tiene un impacto relevante en el ambiente. El traslado de mercancías a largas distancias produce emisiones de gases de efecto invernadero, contaminación de recursos naturales y disminución de la biodiversidad.

Martínez Salgado (2018), en su investigación "El desafío del sector transporte en el contexto del cumplimiento de las contribuciones determinadas a nivel nacional de América Latina", examina la contribución del sector transporte en América Latina a los objetivos de reducción de emisiones y los efectos en el cambio

climático que se han establecido en los compromisos internacionales entre los países de la región. La investigación muestra que el transporte contribuye en gran parte a las emisiones de gases de efecto invernadero en América Latina y que las emisiones han aumentado en las últimas décadas. Se identifican las barreras que dificultan la implementación de formas para aminorar las emisiones del sector de transporte, como la falta de financiamiento y políticas, así como regulaciones adecuadas. El autor también analiza las iniciativas y políticas establecidas en la región para abordar este problema, entre esto destaca la importancia de la cooperación regional, la relación entre los sectores público y privado para lograr una reducción efectiva de las emisiones en el sector transporte. La investigación resalta la necesidad de tomar medidas urgentes y efectivas para abordar el desafío del sector transporte como causante del cambio climático en la región.

De acuerdo con Moreno et al. (2022), en su artículo "La logística ambiental como ventaja competitiva en el mercado internacional", las organizaciones se han enfocado en cuidar el medio ambiente, implementando la logística ambiental, debido a la transformación y actuales demandas del mercado, las normas ambientales y la conciencia de los usuarios. La logística ambiental puede ser una ventaja competitiva en el mercado internacional. Entre los resultados se destaca que aplicar la logística ambiental en las empresas ha logrado alcanzar mayor competencia internacionalizando conductas y creando valor agregado para los usuarios. Este estudio proporciona una base sólida para iniciar una nueva investigación sobre la logística ambiental en el mercado internacional. El enfoque cualitativo y los métodos teóricos utilizados en el estudio pueden ser útiles para diseñar una metodología de investigación similar. Además, los datos recopilados pueden ser aprovechados como punto de partida para profundizar en los beneficios de la logística ambiental, como la disminución del impacto en el ambiente, el mejoramiento de la eficiencia económica y la creación de una imagen positiva de las empresas. Los resultados también pueden ser comparados con otras investigaciones, logrando una visión amplia sobre cómo la logística ambiental puede ser una ventaja competitiva en el mercado internacional.

El Instituto Nacional de Estadística y Censos (2011), determina que 2865 personas tienen actividades laborales en el área de transporte y almacenamiento. En este sentido, se estima que el 44% de las personas que conforman esta cifra, se dedican al transporte de pasajeros como taxis, buses y camionetas. El porcentaje restante trabaja en actividades relacionadas al transporte de carga pesada (Cevallos Suárez et al., 2022).

Es así que, concientizando a las personas implicadas en la logística de la cadena de suministro, se puede conseguir que las personas comprendan la importancia de reducir los efectos de la contaminación, incrementar el uso eficaz de los recursos y a tomar medidas para lograrlo. En ese contexto, surge el objetivo de analizar el impacto ambiental que tiene la logística en la cadena de suministro de las empresas de transporte internacional de mercancías en la provincia del Carchi.

2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS / MATERIALES Y MÉTODOS

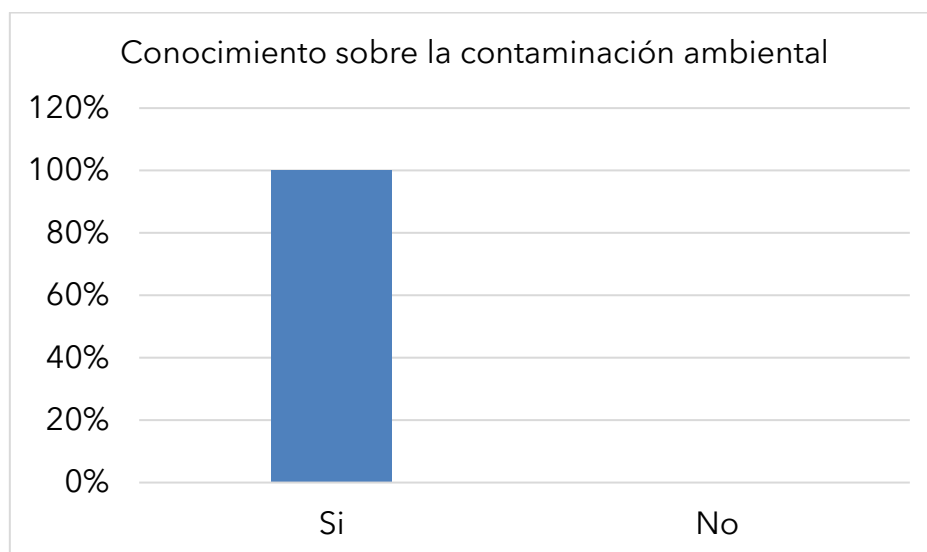
El enfoque considerado fue de tipo mixto, es decir, involucra tanto elementos cualitativos como cuantitativos, que a continuación describen el porqué de su naturaleza y los ejes que abordan según la categoría. Se utilizó un diseño descriptivo, ya que este tipo de investigación busca caracterizar las variables, siendo estas la logística en la cadena de suministro y el impacto ambiental respectivamente. El alcance fue transversal, ya que la recolección de datos se hizo solamente en una determinada ocasión.

La población de estudio fue seleccionada mediante el muestreo por conveniencia, siendo una muestra no probabilística conformada por 21 empresas. Dentro de los métodos llevados a cabo se utilizó una entrevista semiestructurada, la misma que estuvo dirigida a los representantes de las 21 empresas en la provincia del Carchi, para quienes se elaboró 11 preguntas abiertas y cerradas sobre percepciones, prácticas actuales, desafíos y estrategias relacionadas con la sostenibilidad. Para analizar y sintetizar los datos recopilados se usó el software Microsoft Excel.

3. RESULTADOS

Figura 1

Conocimiento sobre la contaminación ambiental.



Fuente: autoría propia.

En la Figura 1, se indica que el 100% de los choferes y propietarios saben qué es la contaminación ambiental, por lo que todos están dispuestos a realizar un cambio para disminuir esta.

Tabla 1

Consecuencias si no se cuida el medio ambiente.

Conocimiento de consecuencias	F	Porcentaje
Calentamiento global	8	38,10%
Daños en la salud y el incremento de enfermedades	5	23,81%
Desastres naturales	3	14,29%
Daños en la capa de ozono	2	9,52%
Descertificación debido al aumento de CO2	1	4,76%
Malestar en la ciudadanía	1	4,76%
Extinción total del planeta	1	4,76%
Total	21	100%

Fuente: autoría propia.

En la Tabla 1, se detallan los efectos de la carencia de cuidado ambiental. Es así que el 34,6 % menciona que el principal efecto es el calentamiento global, seguido de 30,76%, donde indican que la segunda consecuencia son los daños en la salud y el incremento de enfermedades. Además, un 11,53% cree que otro efecto del mal cuidado del medioambiente son los desastres naturales, que son ocasionados por el cambio climático y éste es ocasionado por la contaminación descontrolada que existe en nuestro planeta.

Tabla 2

Fuentes de contaminación.

Principales fuentes de contaminación medioambientales de su empresa	F	Porcentaje
Gases y el humo que emiten los camiones	8	38,10%
Los residuos y los combustibles fósiles	5	23,81%
Transporte en mal estado	4	19,05%
Basura que se genera en todo el proceso logístico	2	9,52%
Neumáticos	1	4,76%
Ninguna	1	4,76%
Total	21	100%

Fuente: autoría propia.

En cuanto a la magnitud y la extensión de los impactos ambientales en la Tabla 2, se mencionan las principales fuentes de contaminación que indican los choferes y propietarios de las empresas de transporte. El 38,10% cree que los gases y el humo que emiten los vehículos de carga pesada son el mayor causante de la contaminación del medioambiente, mientras el 23,81% menciona que otra fuente de contaminación son los residuos y los combustibles fósiles. También, un 19,05% de los consultados asevera que la contaminación ambiental se debe a los vehículos en mal estado.

Tabla 3

Medidas para reducir el impacto ambiental.

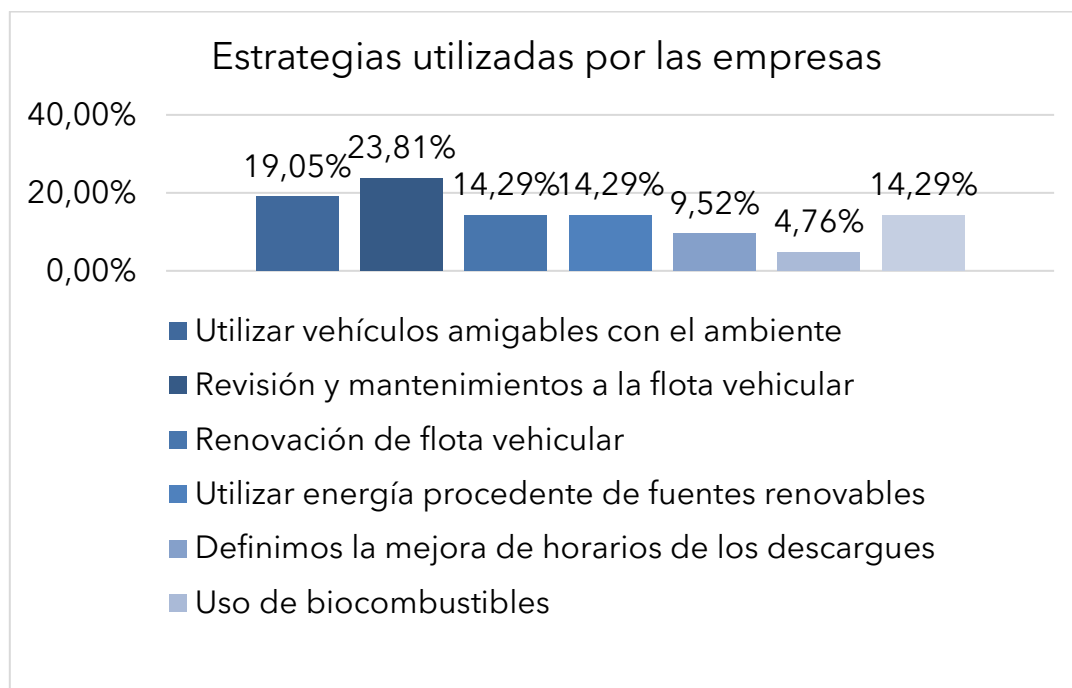
Medidas implementadas para reducir el impacto ambiental	f	Porcentaje
Reciclaje de desechos y neumáticos	6	28,57%
Mantenimiento vehicular	5	23,81%
Utilizar vehículos más eficientes	3	14,29%
Renovación de flota vehicular	2	9,52%
Planes ambientales estratégicos	1	4,76%
Uso de materiales biodegradables	1	4,76%
Uso de energías renovables	1	4,76%
Rencauche	1	4,76%
Licencia ambiental	1	4,76%
Total	21	100%

Fuente: autoría propia.

Las principales medidas para reducir el impacto ambiental (Tabla 3) son el reciclaje de desechos sólidos, líquidos y neumáticos, así como el mantenimiento frecuente de los vehículos de transporte pesado. Si todas las empresas realizan estas actividades, se aporta el 52,38% de reducción de impacto ambiental.

Figura 2

Estrategias utilizadas por las empresas.



Fuente: autoría propia.

Las estrategias más importantes utilizadas para minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero (Figura 2), son la revisión y mantenimiento a la flota

vehicular en 23,81%, la utilización de vehículos amigables con el ambiente en 19,05%, la renovación de la flota vehicular y el uso de energía procedente de fuentes renovables el 14,29% cada una. Pero es preocupante que el 14,29% de las empresas aún no tienen una estrategia para la reducción de gases de su flota vehicular.

Tabla 4

Capacitación de concientización ambiental.

Capacitación de concientización ambiental	f	Porcentaje
Sí	16	76,19%
No	5	23,81%
Total	21	100%

Fuente: autoría propia.

En la evaluación del plan de acción para mejorar la gestión ambiental y la sostenibilidad, basado en los resultados del análisis de impacto ambiental, las diferentes empresas de transporte pesado indican que el 76,19% han implementado programas de capacitación de concentración y manejo ambiental, mientras que el 23,81% indican que no han adoptado ninguna medida (Tabla 4).

Tabla 5

Asociaciones con organismos medio ambientalistas.

Asociaciones o colaboraciones con organismos medio ambientalistas o iniciativas gubernamentales para promover la sostenibilidad en el sector del transporte	f	Porcentaje
Sí	12	57,14%
No	9	42,86%
Total	21	100%

Fuente: autoría propia.

Las diferentes empresas de transporte pesado indican que el 57,14% han establecido asociaciones o colaboraciones con organismos medio ambientalistas o iniciativas gubernamentales, para promover la sostenibilidad en el sector del transporte pesado, mientras que el 42,86% no ha tomado ninguna alternativa o medida.

Tabla 6

Planes a largo plazo de las empresas.

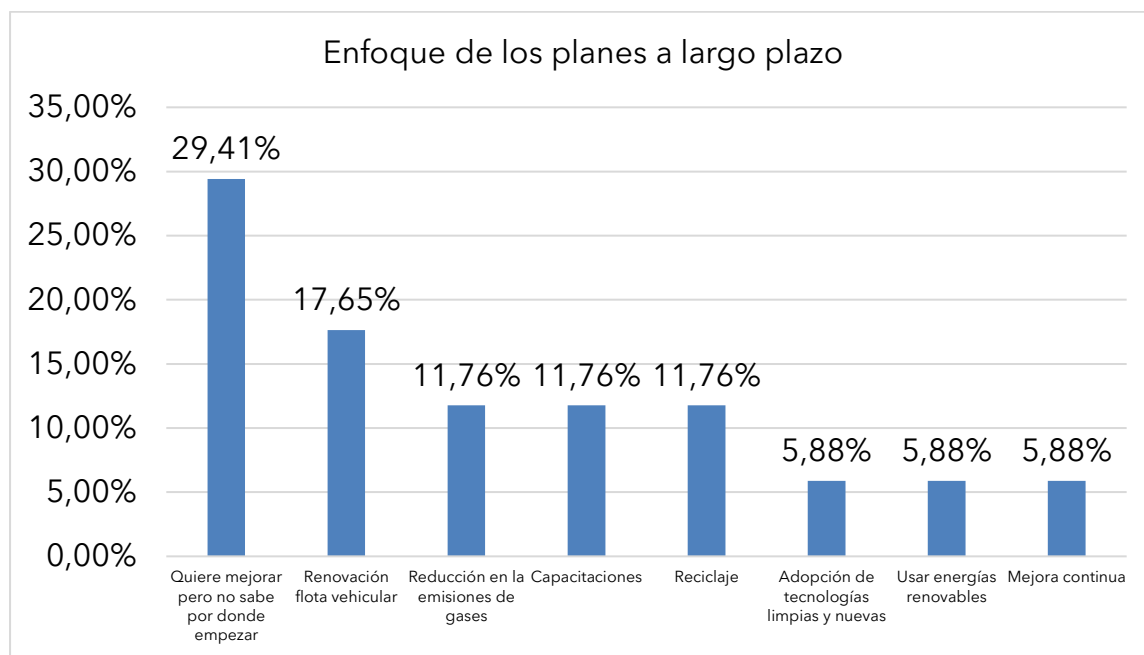
Tiene algún plan o metas a largo plazo para reducir aún más el impacto ambiental de su empresa	F	Porcentaje
Sí	17	80,95%
No	4	19,05%
Total	21	100%

Fuente: autoría propia.

Las diferentes empresas de transporte pesado indican que el 80,95% tienen planes a largo plazo para reducir el impacto ambiental, mientras que el 19,05% no tiene ningún objetivo relacionado con el cuidado ambiental.

Figura 3

Enfoque de los planes a largo plazo.



Fuente: autoría propia.

Con respecto a los planes a largo plazo (Figura 3), indican que el 29,41% quiere mejorar, pero no sabe por dónde empezar; el 17,67%, quiere renovar su flota vehicular. Mientras que reducir las emisiones de gases, brindar capacitaciones e implementar el reciclaje de residuos y neumáticos tienen 11,67% cada uno.

4. DISCUSIÓN

Los impactos ambientales directos e indirectos son el calentamiento global, daños en la salud y aumento de enfermedades, como también los desastres naturales ocasionados por la contaminación ambiental. Esto coincide con Rial Axpe (2020), quien indica que “siendo éste la problemática que genera el transporte por carretera como una de las principales fuentes de emisión de contaminantes, que tiene un notable efecto en la salud humana, como en los ecosistemas y en el clima del planeta”.

También Morales Lara (2021), menciona en su investigación que una de las causas que origina el calentamiento global es el uso de combustibles petro fósiles: “estos tienen como característica común que son naturales y limitados y su explotación tiene como propósito obtener energía fósil como el gas natural, el carbón y los derivados del petróleo como la gasolina y el diésel”. Esto coincide con lo planteado por los choferes y propietarios de las empresas de transporte pesado.

Las principales fuentes de contaminación son los gases y el humo que emiten los camiones, concordando con la investigación de Mayorga et al. (2020): “la variable que genera mayor contaminación, a percepción de las personas encuestadas, son los tipos de vehículos de transporte público ya que en su totalidad funcionan con diésel”. Este tipo de combustible también es utilizado por los camiones de transporte pesado.

Las principales medidas para reducir el impacto ambiental, basados en los resultados, son el reciclaje de desechos sólidos, líquidos y neumáticos, así como el mantenimiento frecuente de los vehículos de transporte pesado. Estos resultados concuerdan con Kubeshree & Thokozani (2015), en su estudio a 160 empresas logísticas de la región de Durban-Sudáfrica. Ellos concluyeron que el reciclaje de los envases utilizados en el transporte, concientiza a las personas a tener mayor iniciativa ecológica y reduce el consumo de materiales como el plástico y el cartón. Así mismo, Trivellas et al. (2020), en su estudio llevado a cabo en Grecia que abordó 134 empresas del sector agroalimentario, concluyen que reciclar y adaptar envases ecológicos ayuda a tener un proceso logístico integrado con enfoque ecológico.

Las estrategias más importantes utilizadas para minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero, con base en los resultados obtenidos, son la revisión, mantenimiento y renovación de la flota vehicular, la utilización de vehículos amigables con el ambiente y el uso de energía procedente de fuentes renovables. Esto concuerda con Björklund et al. (2016), quien, en su estudio a 12 empresas transnacionales en Suecia, concluye que la conducción eco eficiente le da a las empresas una ventaja social y mayor reconocimiento por parte de los consumidores. En el mismo sentido, Sadeghian Esfahani et al. (2022), en su estudio a 297 empresas logísticas australianas, concluye que una flota vehicular adecuada que cumpla las regulaciones gubernamentales les da a las empresas mayor responsabilidad y disminuye los riesgos ecológicos.

Los planes de acción tomados incluyen capacitaciones a los empleados, asociaciones con organismos medioambientales y planes a largo plazo. Esto coincide con lo manifestado por Castro Yagual (2021), que menciona la importancia de la participación del gobierno y de ONGs para reducir la

Portilla Velásquez, R., De la Cruz Montenegro, E. y Nazate Changuan, D. (2024). Impacto ambiental de la logística en el transporte internacional de mercancías. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 106-117.

<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/133>

enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

contaminación ambiental; además, deben promover la sostenibilidad en el sector del transporte pesado.

5. CONCLUSIONES / CONSIDERACIONES FINALES

El análisis del impacto ambiental revela la urgente necesidad de adoptar medidas sostenibles y eco eficientes en esta industria. Los resultados destacan la realidad que atraviesa el medio ambiente por la contaminación emitida por los vehículos de transporte de carga pesada y los efectos que esto ocasiona en la salud de las personas.

La conciencia sobre el impacto ambiental de las operaciones logísticas debe ser incorporada como un componente esencial para las decisiones que tomen las empresas. El gas que emiten los vehículos de carga pesada y que tiene mayor efecto en la contaminación es el monóxido de carbono (CO). En este momento, es imprescindible la adopción de prácticas sostenibles que beneficien, tanto al entorno natural como al desarrollo económico.

Las medidas a adoptar son tecnologías, para incrementar la eficiencia de los vehículos en el contexto del cuidado del medio ambiente. En este sentido, los vehículos eléctricos o híbridos son una opción para mitigar la emisión de gases que contaminan el aire. Otra medida que se podría tomar es aumentar la eficiencia del combustible. También, se debe proporcionar programas de capacitación para el personal involucrado en operaciones logísticas, enfocados en prácticas sostenibles y conciencia ambiental, para asegurar la adopción y la implementación efectiva de cambios positivos.

Otro aspecto a tomar en cuenta es la mitigación de los diferentes impactos ambientales generados por la actividad logística. Se deben crear estrategias que minimicen la producción de gases causantes del efecto invernadero en su flota vehicular, para de esta manera contribuir al mejoramiento de la salud de los empleados y de la población en general.

Finalmente, se sugiere que las autoridades encargadas de controlar y regular la contaminación existente en nuestro país pongan en práctica y den cumplimiento a los estatutos, mediante información a los propietarios y accionistas de cada empresa de transporte pesado de la provincia del Carchi.

6. REFERENCIAS

Björklund, M., Forslund, H., & Persdotter Isaksson, M. (2016). Exploring logistics-related environmental sustainability in large retailers. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 44(1), 38-57. <https://doi.org/10.1108/IJRDM-05-2015-0071>

Castro Yagual, D. J. (2021). *Análisis del Proceso Logístico en la Entrega de Mercancías Realizado por las Empresas de Transporte Terrestres, año 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23738>

Portilla Velásquez, R., De la Cruz Montenegro, E. y Nazate Changuan, D. (2024). Impacto ambiental de la logística en el transporte internacional de mercancías. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 106-117. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/133>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

- Cevallos Suárez, M. P., Andrade Ruiz, P., & Jaimes Cárdenas, É. J. (2022). Impacto de la Decisión 399 de la CAN en la gobernanza del municipio de Tulcán, Ecuador. *Estudios de La Gestión: Revista Internacional de Administración*, 12, 73-92. <https://doi.org/10.32719/25506641.2022.12.4>
- Diaz Cabrera, D. J. (2022). *Movilidad sostenible en el transporte terrestre de carga en Colombia*. [Tesis de maestría, Universidad Militar Nueva Granada]. <http://hdl.handle.net/10654/44258>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2011). *Estadísticas Laborales*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/sistema-estadisticas-laborales-empresariales/>
- Kubeshree, P., & Thokozani, P. (2015). The challenges of green logistics in the Durban road freight industry. *Environmental Economics*, 6(1), 64-73. The challenges of green logistics in the Durban road freight industry. *Environmental Economics*
- Martínez Salgado, H. (2018). *El desafío del sector transporte en el contexto del cumplimiento de las contribuciones determinadas a nivel nacional de América Latina*. www.cepal.org/es/suscripciones
- Mayorga, C., Ruiz, M., & Aldas, D. (2020). Percepciones acerca de la contaminación del aire generada por el transporte urbano en Ambato, Ecuador. *Revista Espacios*, 41(17), 11. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n17/a20v41n17p11.pdf>
- Morales Lara, B. (2021). Calentamiento global y desarrollo sostenible, avances y retos actuales en la política pública de México. *Ciencia Económica*, 9(15), 25-41. <https://doi.org/10.22201/fe.24484962e.2020.9.15.2>
- Moreno, I., Gallegos, J., Solorzano, S., & Gonzales, M. (2022). La logística ambiental como ventaja competitiva en el mercado internacional. *Polo Del Conocimiento*, 7(1). <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3563>
- Rial Axpe, M. (2020). *Comparación del impacto ambiental asociado a distintas tecnologías de vehículos pesados empleando la metodología de Análisis de Ciclo de Vida*. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://oa.upm.es/57806/>
- Sadeghian Esfahani, S., Cahoon, S., Chen, S. L., Pateman, H., & Sajadi, S. M. (2022). Investigating the factors influencing Australian logistics companies toward environmental activity adoption. *Maritime Business Review*, 7(3), 270-283. <https://doi.org/10.1108/MABR-12-2020-0073>
- Trivellas, P., Malindretos, G., & Reklitis, P. (2020). Implications of Green Logistics Management on Sustainable Business and Supply Chain Performance: Evidence from a Survey in the Greek Agri-Food Sector. *Sustainability*, 12(24), 10515. <https://doi.org/10.3390/su122410515>
- Portilla Velásquez, R., De la Cruz Montenegro, E. y Nazate Changuan, D. (2024). Impacto ambiental de la logística en el transporte internacional de mercancías. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 106-117. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/133>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN CATALIZADOR DE CARBÓN ACTIVO Y PIEDRA PÓMEZ

Edwin Rolando Guamán Narvárez

eguaman@istct.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6305-6242>

Instituto Superior Universitario Central Técnico - Ecuador

Abrahan Mesías Jorque Rea

ajorque@istct.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4235-9604>

Instituto Superior Universitario Central Técnico - Ecuador

Cristian Mauricio Beltrán Chamba

cbeltran@istct.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8127-3913>

Instituto Superior Universitario Central Técnico - Ecuador

Recibido: 01/11/23

Aceptado: 10/12/23

Publicado: 01/01/24

RESUMEN

Las emisiones post combustión de los vehículos contribuyen al calentamiento global. Por ello, se han desarrollado varios componentes mecánicos, electrónicos y químicos para tratar de reducir estas emisiones. En estos están los catalizadores que tienen la misión de filtrar las partículas contaminantes antes que salgan al medio ambiente. El objetivo del estudio fue diseñar, construir, implementar y evaluar un catalizador con tecnología alternativa debido a los altos costos de los materiales actualmente utilizados. El estudio se lo realizó bajo el método experimental, en un vehículo Chevrolet Aveo, uno de los más comerciales en el Ecuador. Las pruebas fueron realizadas en el Laboratorio Institucional de Análisis de Vehículos y Movilidad Sostenible (LIAVMS) de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, bajo la normativa NTE INEN 2204. Se tomaron tres mediciones con el catalizador original y tres mediciones con el prototipo elaborado e implementado en el vehículo de estudio. Se concluye determinando la disminución de gases contaminantes como el Monóxido de Carbono (CO) de 0,09% a un 0,00% en volumen, hidrocarburos (HC) de 27,5 a 16 ppm (partículas por millón), un aumento de las emisiones de CO₂ y una reducción del índice de oxígeno de 0,06. Esto permite señalar que el prototipo cumple la función de reducir los gases contaminantes hacia la atmósfera.

PALABRAS CLAVE: catalizador, piedra pómez, carbón activo, gases de escape, reducción de gases contaminantes.

DESIGN, CONSTRUCTION AND IMPLEMENTATION OF AN ACTIVATED CO₂ CATALIZER AND POMECE STONE

ABSTRACT

Post-combustion emissions from vehicles contribute to global warming. Therefore, several mechanical, electronic and chemical components have been developed to try to reduce these emissions. In these are the catalysts that have the mission of filtering the polluting particles before they are released into the environment. The aim of the study was to design, construct, implement and evaluate an alternative technology catalyst due to the high costs of the materials currently used. The study was conducted under the experimental method, in a Chevrolet Aveo, one of the most commercial vehicles in Ecuador. The tests were carried out at the Institutional Laboratory for Vehicle Analysis and Sustainable Mobility (LIAVMS) of the Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, under the NTE INEN 2204 regulation. Three measurements were made with the original catalyst and three with the prototype developed and implemented in the study vehicle. It concludes by determining the decrease in polluting gases such as carbon monoxide (CO) from 0.09% to 0.00% in volume, hydrocarbons (HC) from 27.5 to 16 ppm (particles per million), an increase in CO₂ emissions and a reduction in the oxygen index by 0.06. This suggests that the prototype fulfils the function of reducing polluting gases into the atmosphere.

KEY WORDS: catalyst, pomegranate, active charcoal, exhaust gases, reduction of polluting gases.

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el transporte de alimentos y personas ha aumentado significativamente en las ciudades. Esto ha agravado los problemas de contaminación del aire debido a los gases contaminantes emitidos. Los principales contaminantes generados por el transporte incluyen monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) e hidrocarburos no quemados (HC). Es importante destacar que estos gases se liberan en mayores cantidades cuando los componentes mecánicos y electrónicos del vehículo están en mal estado. El catalizador, que es crucial para la reducción de gases contaminantes, no puede recibir mantenimiento preventivo, por lo tanto, se reemplaza completamente para asegurar que el sistema de control de emisiones funcione de manera óptima. En la Tabla 1 se muestra el número de vehículos que aprobaron la revisión técnica vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito (D.M.Q.), según la Agencia Metropolitana de tránsito para los años desde el 2014 hasta el 2019, los que pueden ser usuarios potenciales de nuestro prototipo.

Tabla 1

Autos aprobados por la revisión técnica vehicular por año.

Año fiscal	Número de autos aprobados la revisión técnica vehicular
2014	348990
2015	399842
2016	363397
2017	431807
2018	421078
2019	465900

Fuente: (AMT, 2019).

En el D.M.Q., el costo de los catalizadores sobrepasa los 120 dólares. Por ende, se buscó brindar una alternativa a los propietarios de los vehículos, ya que debido al alto costo optan por solo alquilar un catalizador momentáneamente para aprobar la revisión técnica vehicular. Este prototipo propuesto en la investigación puede ser una opción mucho más económica, utilizando materiales orgánicos que ofrezca igual o más beneficios que el catalizador habitual.

2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS / MATERIALES Y MÉTODOS

La primera fase del trabajo se elaboró utilizando el método bibliográfico, para determinar el tipo de vehículo de prueba y los materiales que pueden reemplazar al platino, rodio y paladio que se utilizan en la reducción de gases contaminantes generados por el motor de combustión interna a gasolina (Naula y Tomalá, 2018). En la segunda fase, se utilizó el método científico para identificar si la reacción química de los materiales usados en esta investigación cumplía efectivamente su propósito. En la tercera fase, se desarrollaron los planos para el

prototipo del catalizador utilizando el software *Inventor*, versión estudiantil. En la cuarta fase, se utilizó el método experimental para la recopilación de datos generados en el banco de pruebas de emisiones, bajo normativa NTE INEN 2204 realizadas por el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV) de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, para el diseño original y el prototipo generado. Por último, se utilizó el método comparativo para evaluar la efectividad del prototipo implementado con el catalizador original del vehículo (Borja et al., 2019).

Selección del vehículo

La elección del vehículo se basó en las características del parque automotor nacional, teniendo en cuenta que el Distrito Metropolitano de Quito (D.M.Q) es el ente más representativo en automotores. Se prefieren un vehículo de marca Chevrolet, por ser la marca más vendida por varios años en el país, que ha llegado a una participación del 34.8 % en ventas en el año 2017 (Llanes et al., 2018). Se selecciona el automóvil Chevrolet Aveo 1600 cc año 2010, debido a que es el modelo más comercializado en la actualidad. En la Tabla 2 se detallan los datos técnicos del vehículo seleccionado.

Tabla 2

Datos técnicos del vehículo seleccionado.

Datos generales	
Marca	CHEVROLET
Modelo	AVEO EMOTION ADVANCE 1.6L GLS
VIN	8LATW5263B0103186/PBT2355
Año	2011
Motor	Delantero transversal
# De cilindros	4
Transmisión	Manual
Cilindraje	1600 cm ³
Potencia	103HP @ 6000RPM
Torque	14,70KgM@ 3600RPM

Fuente: autoría propia.

Determinación de materiales alternativos

Para la determinación de los materiales que se podían utilizar para reemplazar los materiales no renovables como el platino, rodio y paladio, se realizó una revisión bibliográfica de los materiales orgánicos que tienen propiedades filtrantes y los cuales sean, a la vez, más amigables con el medio ambiente.

El carbón activo es un tipo de carbón especialmente poroso que tiene la cualidad de atrapar diferentes compuestos como metales pesados, gases, toxinas, Guamán Narváez, E., Jorjue Rea, A. y Beltrán Chamba, E. (2024). Diseño, construcción e implementación de un catalizador de carbón activado y piedra pómez. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 118-134. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/121>
Enero - junio (2024)
ISSN 2806-5573

algunas proteínas y productos de desecho y se los observa en la Figura 1 (Rodríguez et al., 2018).

Figura 1

Carbón activo.



Fuente: (Rodríguez et al., 2018).

Desde la perspectiva de su composición química, el carbón activo es casi puro, al igual que el diamante, el grafito, el negro de humo y varios tipos de carbón mineral o de leña. Todos ellos poseen la propiedad de adsorber, que consiste en un fenómeno fisicoquímico en el que un sólido llamado adsorbente atrapa en sus paredes a cierto tipo de moléculas, llamadas adsorbatos y que están contenidas en un líquido o gas (Coleman, 2016). Su composición química se describe en la Tabla 3, mostrada a continuación:

Tabla 3

Composición química del carbón activo.

Material	Porcentaje [%]
Carbono	75-80
Cenizas	5-10
Oxígeno	60
Hidrógeno	0.5

Fuente: (Coleman, 2016).

Los contaminantes en estado gaseoso poseen un diámetro molecular muy pequeño, por lo que se pueden absorber fácilmente en microporos. Los carbones más utilizados en el proceso de purificación de aire y gases son los encontrados en la concha de coco ya que estos poseen mayor microporosidad. De la misma manera, la piedra pómez es un tipo de piedra volcánica que se produce cuando la lava volcánica es expulsada desde el volcán con un alto porcentaje de agua y de gases volátiles (Figura 2).

Figura 2*Piedra pómez.**Fuente: (Coleman, 2016).*

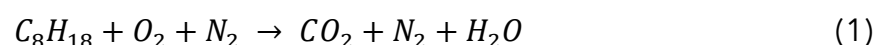
Cuando esta se enfría se endurece y pasa de ser un material espeso a ser un sólido relleno de peñas burbujas de gas. Suele ser de color blanco y es resistente al frío, al fuego, a la intemperie y está libre de sales solubles en agua (Jiménez, 2017). Este elemento permitirá generar la protección térmica para el carbón activo utilizado. En la Tabla 4 se data la composición química de la piedra pómez.

Tabla 4*Descomposición en sus elementos de la piedra pómez.*

Análisis químicos (promedios habituales) [%]	
Dióxido de silicio (SiO ₂)	74
Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	12,6
Óxido de hierro (FeO)	1,2
Sodio	2,1
Potasio	3,0
Calcio	0,7
Dióxido de titanio	0,1
Óxido de magnesio	0,3
Agua	3,4

*Fuente: (Coleman, 2016)***Reacción química del carbón activado con los gases emitidos por el vehículo**

Para identificar si los materiales alternativos usados darían resultado, se investigó la reacción química que se produce al combinar los gases residuales de la combustión con estos materiales, obteniendo la ecuación mostrada a continuación:



Donde:

C_8H_{18} = Gasolina u Octano

O_2 = Oxígeno

N_2 = Nitrógeno

CO_2 = Dióxido de carbono

H_2O = Agua

Diseño

El diseño de los elementos que conforman el catalizador se realizó con la ayuda del software *Inventor*, que permitió realizar el modelamiento de partes a escala real. Gracias a esto, se pudo tener cada uno de los elementos que conforman el catalizador con medidas a escala real. A partir del diseño original del catalizador, se dispone un diseño similar, el mismo que se respetará para no afectar al flujo de salida de los gases. De esta manera, no afectará al correcto funcionamiento establecido por el fabricante.

Diseño de la carcasa. El diseño de la carcasa del catalizador se realizó en el software *Inventor 2018*, con las medidas externas e internas similares del catalizador original del vehículo Aveo, tal como aparece en la Figura 3.

Figura 3

Estructura del catalizador y su designación de partes.



Fuente: autoría propia.

Las partes que constituyeron el ensamble del catalizador se realizaron de manera artesanal, por lo que se acoplaron sus dimensiones a los requerimientos de acoplamiento para el tubo de escape, con los siguientes detalles:

- A. Cuerpo del catalizador: el cuerpo del catalizador tendrá una longitud de 178 mm y un radio de 57 mm, empleando un tubo de grosor de 4 mm.
- B. Para el tubo perforado se considera un tubo de espesor 1,2 mm, un radio externo de 22 mm, un radio interno de 20,80 mm y una altura de 178 mm. Para las perforaciones del tubo se usó una broca M8x1,25 que corresponde a un diámetro de broca agujero de 6,8 mm.

Guamán Narváez, E., Jorque Rea, A. y Beltrán Chamba, E. (2024). Diseño, construcción e implementación de un catalizador de carbón activado y piedra pómez. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 118-134. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/121>

Enero - junio (2024)

ISSN 2806-5573

- C. La tapa que estará al contacto del ingreso de los gases de escape tendrá una perforación interna de 22 mm y un diámetro exterior de 57 mm. De igual manera, se utilizó la misma broca de perforación M8x1,25.
- D. Para la parte que funcionará como tapa superior e inferior se utilizará un cono que tendrá las siguientes medidas: su radio inferior tendrá la misma medida que el cuerpo del catalizador, por lo tanto, tendrá un radio de 57 mm, y la circunferencia interna tendrá un radio de 23mm y con un alto de 44 mm.
- E. Para la circunferencia que encierra los gases de escape para que se produzca la catálisis, se toma en cuenta el radio de 2,97 mm y las perforaciones con la broca M8x1,25.
- F. Tubos para acoplamiento del catalizador con el sistema de escape

Material asignado. El material usado para todo el conjunto fue el acero inoxidable AISI 304, más liviano y resistente en la fatiga térmica (Guamán et al., 2019), además, está disponible en el mercado y se detalla en la Tabla 5.

Tabla 5

Propiedades del acero inoxidable AISI 304.

Acero inoxidable AISI 304	
Conductividad térmica [m.k]	1,620E+0.1
Calor específico [J/G.°C]	0,500
Coefficiente de dilatación térmica [m.°C]	17,300µm
Módulo de Young [Mpa]	195,000
Coefficiente de Poisson	0.29
Módulo Cortante [Mpa]	86000,000
Densidad [g/cm ³]	8,000
Límite de elasticidad [Mpa]	215,000
Resistencia a la tracción [Mpa]	505,000

Fuente: (Inventor, 2018).

Construcción del catalizador

Para el proceso de construcción, se procedió a soldar la tapa cónica al cuerpo del catalizador con suelda *mig* ya que este elemento será sometido a altas temperaturas de funcionamiento, no se desea ninguna fuga y que su cierre sea hermético, tal como es muestra en la Figura 4a. Seguidamente, se procedió a soldar los demás componentes como la tapa inferior, seguida al tubo perforado; acto seguido, se llenará el tubo con el carbón y la piedra pómez, tal como se muestra en la figura 4b.

Figura 4 a y b

Elaboración de partes del catalizador.

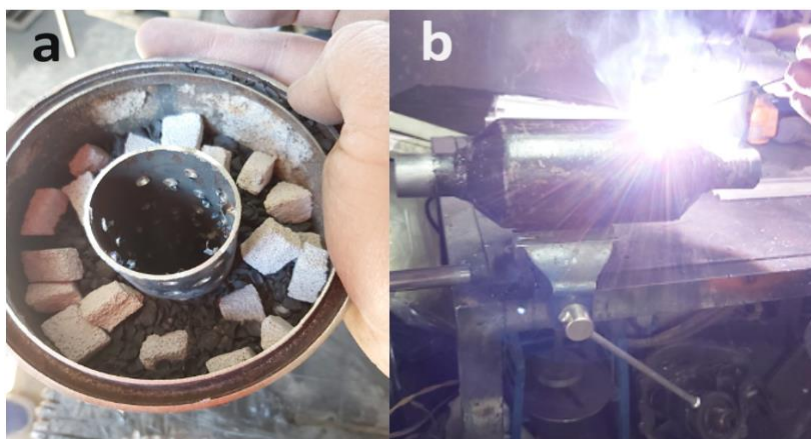


Fuente: autoría propia.

Cabe recalcar que para todo el armado del catalizador se utilizó suelda mig, que permite un mejor cierre hermético, aparte de no dejar residuos en el cordón de soldadura, siendo más precisa para el trabajo que se realiza. Luego, se procedió a llenar la parte del cuerpo del catalizador: se utilizaron alrededor de 200 gramos de carbón activado y cuatro planchas de piedra pómez, que fueron cortadas en cuadros de 2x2 cm como aparece en la figura 5a. Además, se procedió al cierre del catalizador con la tapa cónica y quedó listo para las pruebas de funcionamiento, tal como aparece en la figura 5b. Por último, se soldó el tubo que conecta el catalizador al resto del sistema de escape de prueba. En el caso de la investigación se tuvo que extender el tubo alrededor de unos 50 cm aproximadamente.

Figura 5 a y b

Colocación de carbón activo y sellado del catalizador.



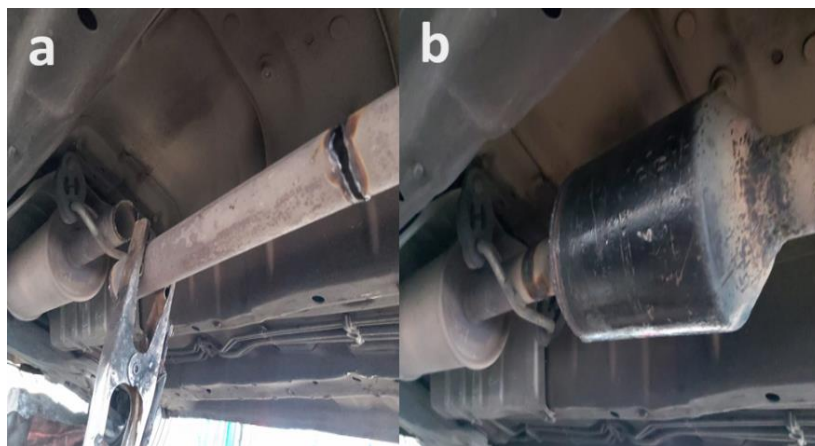
Fuente: autoría propia.

Instalación del catalizador en el vehículo.

Para la instalación se tomó en cuenta que el catalizador no podía ser instalado en el lugar de fábrica, ya que las altas temperaturas de funcionamiento del automotor hacían que el carbón activo se evapore. Por ello, se destinó el lugar de instalación luego del pre silenciador que lleva el automóvil de prueba, tal como aparece en la figura 6a. Luego de retirada la tubería, se procede a soldar el catalizador en sus dos extremos, cuidando que no existan fugas en el cordón de soldadura, figura 6 b.

Figura 6

Adaptación del catalizador en el sistema de escape del vehículo.



Fuente: autoría propia.

3. RESULTADOS

Para el análisis de la eficiencia del catalizador, se realizaron pruebas de funcionamiento medidas por un analizador de gases en un ensayo de prueba en condiciones estáticas, las mismas que se realizaron en el Laboratorio Institucional de Análisis de Vehículos y Movilidad Sostenible (LIAVMS) de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador. Dicha entidad certifica mediante memo recibido CCICEV-CER-TESIS19-008 que el vehículo detallado fue evaluado por verificación, en el ensayo de pruebas de emisiones bajo normativa NTE INEN 2204. Las pruebas se realizaron en 2 condiciones: utilizando el catalizador original del vehículo y utilizando el catalizador compuesto por piedra pómez y carbono activo.

Las pruebas en las cuales se utilizó el catalizador original generaron los resultados descritos en la Tabla 6.

Tabla 6

Resultado del análisis de gases con el catalizador original.

PARÁMETROS	PRUEBAS ESTÁTICAS NTE INEN 2204					
	Condición 1		Condición 2		Condición 3	
	Ralentí	rpm alta	Ralentí	rpm alta	Ralentí	rpm alta
CO (%v)	0.01	0.09	0.01	0.13	0.01	0.05
CO ₂ (%v)	14.63	15.26	14.58	14.77	14.51	15.03
CO corregido (%v)	0.01	0.09	0.01	0.13	0.01	0.05
HC (ppm)	19	20	21	58	21	28
O ₂ (%v)	0.8	0.17	0.82	0.97	0.83	0.19
Λ (Lambda)	1.037	1.005	1.038	1.042	1.038	1.007
RPM	820	2540	830	24540	820	2570

Fuente: (CCISEV, 2019).

Los valores obtenidos con el segundo catalizador, es decir, con el catalizador de prueba, muestran otros resultados descritos en la Tabla 7.

Tabla 7

Resultado del análisis de gases con el catalizador de carbón activo.

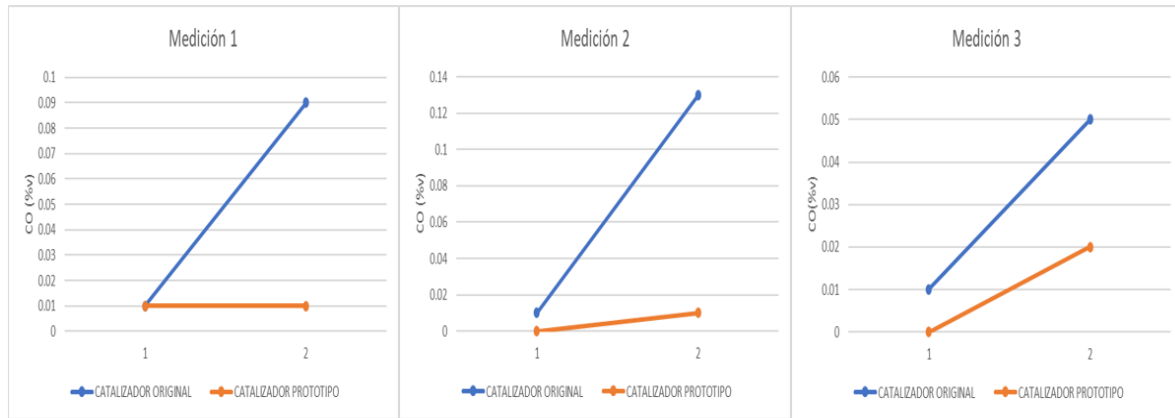
PARÁMETROS	PRUEBAS ESTÁTICAS NTE INEN 2204					
	Medición 1		Medición 2		Medición 3	
	Ralentí	rpm alta	Ralentí	rpm alta	Ralentí	rpm alta
CO [%v]	0.01	0.01	0	0.01	0	0.02
CO ₂ [%v]	14.86	15.16	14.88	15.21	14.83	15.11
CO corregido [%v]	0.01	0.01	0	0.01	0	0.02
HC [ppm]	13	16	22	16	20	17
O ₂ [%v]	0.56	0.13	0.49	0.15	0.52	0.14
Lambda [λ]	1.025	1.005	1.022	1.006	1.023	1.005
RPM	820	2520	840	2500	800	2570

Fuente: (CCISEV, 2019).

Los valores de CO en (%v) que se generaron en la primera, segunda y tercera medición, se muestran en la Figura 7.

Figura 7

Valores de CO en la medición 1, medición 2 y medición 3.



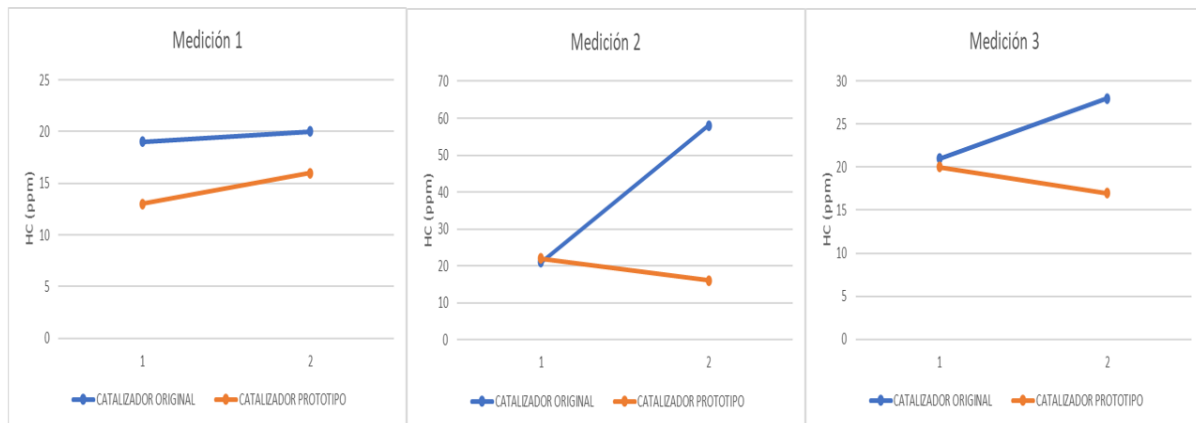
Fuente: autoría propia.

La reducción en la primera medición va de 0,09% con el catalizador original a 0,01% con el catalizador prototipo. En la segunda medición, se obtiene un valor de 0,12% con el catalizador original y 0,01% con el catalizador prototipo. Por último, en la tercera medición se muestra una reducción del 0,05% a 0,02% de volumen de CO.

Los valores que resultaron de la primera, segunda y tercera medición de HC se muestran a continuación en la figura 8.

Figura 8

Valores de HC en la medición 1, 2 y 3, con el catalizador original y el prototipo.



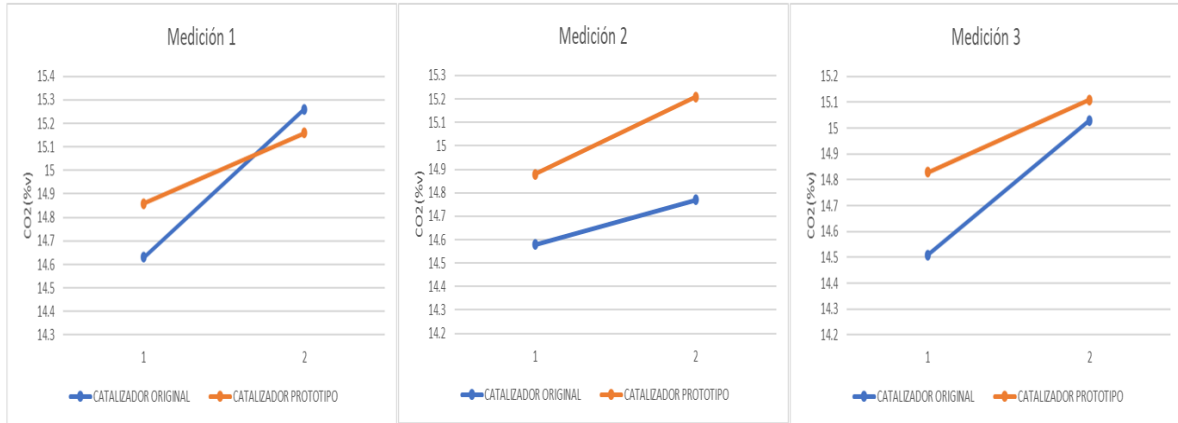
Fuente: autoría propia.

Los hidrocarburos se reducen de 20ppm a 16ppm en la primera medición; en la segunda medición se reducen de 60ppm a 15ppm y en la tercera medición se reducen de 27,5ppm a 16ppm.

Los valores que resultaron de la medición de CO₂ se grafican a continuación en la Figura 9.

Figura 9

Valores de CO₂ en la medición 1.



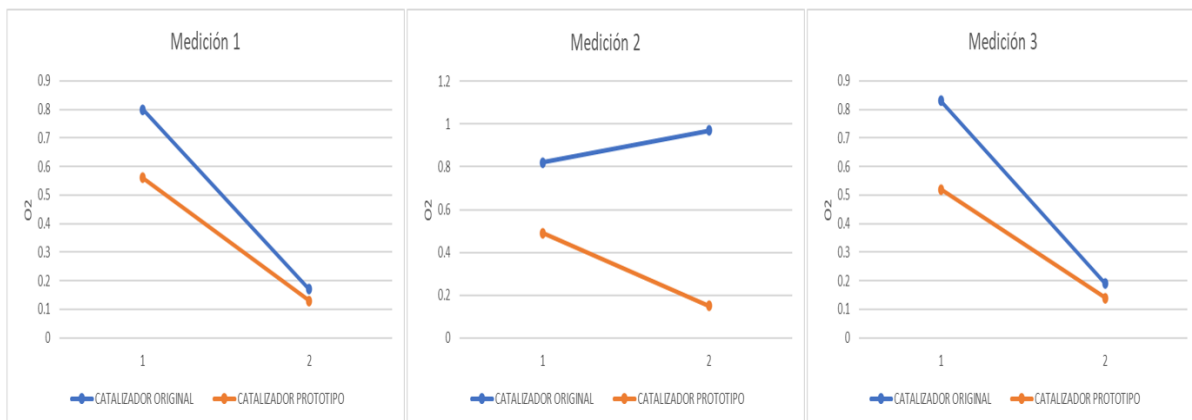
Fuente: autoría propia.

En los valores de CO₂, en cambio, los resultados no presentaron solo disminución, sino también incrementos. En la primera medición se obtuvo un valor de 15,26% con el catalizador original, mientras que con el catalizador prototipo fue de 15,16%; en la segunda medición, en cambio, se llegó al valor de 15,2% con el catalizador prototipo mientras que con el catalizador original se alcanza un valor de 14,80%; finalmente, en la tercera medición, se observa que el valor de CO₂ con el catalizador prototipo alcanza un 15,1% mientras que con el catalizador original alcanza un valor de 15,02%.

Los valores que se obtuvieron en la primera, segunda y tercera medición de O₂ se representan respectivamente en la Figura 10.

Figura 10

Valores de O₂ en la medición 1,2 y 3.



Fuente: autoría propia.

Los valores de oxígeno, en la primera medición, tiene un valor de 0,14% con el catalizador prototipo, mientras que con el catalizador original se obtiene un valor de 0,18%; en la segunda medición, en cambio, se obtiene un valor de 0,18% con el catalizador prototipo, mientras que con el catalizador original se tiene un 0,9% en el volumen; como último dato se obtiene un valor de 0,15% con el catalizador prototipo, mientras que con el catalizador original se obtiene un valor de 0,18%.

Los valores más importantes en las mediciones son los de CO y HC, lo que permite verificar el buen funcionamiento del vehículo de prueba, ya que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos establecidos por la revisión técnica vehicular.

5. DISCUSIÓN

Las emisiones de gases contaminantes resultantes de la combustión incompleta en los vehículos son cruciales, debido a su impacto significativo en el calentamiento global. Estos gases, que incluyen monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y dióxido de carbono (CO₂), contribuyen a la contaminación del aire y al efecto invernadero. La industria automotriz y la investigación científica han desarrollado diversos componentes para reducir estas emisiones, destacando entre ellos los catalizadores.

Los catalizadores actúan como filtros que transforman los gases tóxicos producidos durante la combustión en compuestos menos dañinos, antes de ser liberados al medio ambiente. Tradicionalmente, los catalizadores están compuestos por metales como el platino, el paladio y el rodio, lo que los hace costosos. Debido a esto, existe un interés creciente en desarrollar tecnologías alternativas que sean más económicas y eficientes.

Las mediciones de emisiones se realizaron en tres etapas: primero con el catalizador original del vehículo y luego con el prototipo desarrollado. Los resultados fueron prometedores, mostrando una reducción significativa en las emisiones de CO y HC. Específicamente, las emisiones de CO disminuyeron de 0,09% a 0,00% en volumen, y las de HC de 27,5 a 16 ppm. Además, se observó un aumento en las emisiones de CO₂, lo que indica una combustión más completa, y una ligera reducción en el índice de oxígeno de 0,06.

Así, el estudio demostró que el prototipo de catalizador alternativo es efectivo en la reducción de gases contaminantes, cumpliendo su función de mitigar el impacto ambiental de las emisiones vehiculares. Estos resultados son significativos, ya que sugieren una solución potencialmente más accesible y económica para el control de la contaminación vehicular, contribuyendo así a la lucha contra el calentamiento global y la mejora de la calidad del aire.

5. CONCLUSIONES / CONSIDERACIONES FINALES

Luego de realizar la investigación, se determinó que el carbón activado tiene propiedades para atrapar gases de escape, como el monóxido de carbono de una manera más eficiente que un catalizador habitual, pasando de 0,09% de volumen de monóxidos de carbono con el catalizador orinal a 0,00% de volumen de monóxido de carbono con el prototipo.

También, se nota una reducción de HC (hidrocarburos), siendo la relación 27,5 ppm a 16 ppm de hidrocarburos la más interesante y la que se obtuvo en la tercera medición, siendo también un factor considerable para la utilización de el catalizador prototipo.

En las emisiones de CO₂, se ve en cambio un ligero aumento de valores lo que no es preocupante, ya que el CO₂ se espera luego de cualquier proceso de combustión eficiente, por lo que esta elevación sería más bien la esperada luego de la implementación del prototipo.

Los valores de oxígeno generados demuestran una disminución en 2 de tres mediciones. Se destaca que con el catalizador prototipo, este valor disminuye hasta 0,12 valor adimensional, mientras que con el catalizador original este disminuye hasta los 0,18. En consecuencia, también se toma como un resultado positivo, ya que el valor promedio debe ser de 0 a 1. Si el valor llegara a sobrepasar el valor de 1 denotaría una falla, ya que al detectarse presencia de alto contenido de oxígeno en el gas de escape luego de la combustión de la gasolina, quiere decir que existe una mala combustión dentro de la cámara de combustión.

La piedra pómez proveniente de material volcánico contiene propiedades como a la alta resistencia al frío, lo que lo hace ideal para el recubrimiento térmico del carbón activado.

Las pruebas de los catalizadores con diferentes regímenes de funcionamiento del motor con base en la normativa INEN 2204, muestran una reducción considerable en varios gases nocivos con el catalizador de materiales orgánicos. El platino, paladio y rodio, pueden ser remplazados por el carbón activado y la piedra pómez que brindan mayores beneficios para atrapar gases y toxinas. El diseño de un catalizador alternativo con materiales orgánicos, lo hace un dispositivo económico y accesible para los propietarios de los vehículos, para que puedan aprobar la revisión técnica vehicular en la prueba de gases.

6. REFERENCIAS

Chacón, M., & Castro, J. (Tutor). (2022). Diseño y Construcción de un Sistema de Escape con Header para la Reducción de Gases Contaminantes de un Vehículo Toyota Corona markii año 1971 <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/5619>

Cortés, W. & Fajardo, G. (2017). Oxidación catalítica selectiva para la conversión de metano a metanol: una revisión. 28. <https://doi.org/10.18359/rcin.2623>

Guamán Narváez, E., Jorque Rea, A. y Beltrán Chamba, E. (2024). Diseño, construcción e implementación de un catalizador de carbón activado y piedra pómez. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 118-134. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/121>
Enero - junio (2024)
ISSN 2806-5573

- Filippín, A, Luna, N., Pozzi, M., & Pérez, J. (2017). Obtención y caracterización de carbón activado a partir de residuos olivícolas y oleícolas por activación física. *Avances en ciencias e ingeniería*.
- García, A., García, I., López, E., Becerra, N., Ojeda, I., Goldwasser, M., & López, M. (2010). Reformado auto-térmico de metano con CO_2 , vapor y O_2 a gas de síntesis, sobre catalizadores estructurados basados en perovskitas. *Avances en química*.
- Musci, J. & Casella, M. (2019). Hidrogenación de glucosa sobre un catalizador de rutenio soportado en carbón activado: estudio de condiciones de reacción. en xxxii congreso argentino de química. Asociación química argentina. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/159738>
- NTE INEN 2204, 2017. (s. f.). Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2204:2017. AEADE. recuperado 21 de marzo de 2024, de <https://ia902909.us.archive.org/12/items/ec.nte.2204.2002/ec.nte.2204.2002.pdf>
- Oré, S., Merino, C., & Ramírez, D. (2015). Evaluación de arcillas pilareadas impregnadas con Fe/Mo para la obtención de acetaldehído a partir de etanol en un reactor de lecho fijo. *Prospectiva universitaria*, <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2015.12.456>
- Pazmiño, I. (2016). Evaluación del nivel de eficiencia de un tratamiento primario con un filtro artesanal elaborado con bagazo de caña de azúcar, arena, ladrillo triturado y piedra pómez, para el tratamiento del efluente producido por una lavadora de autos. Facultad de ingeniería civil y mecánica. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/24175>
- Riaño, N. (2020). diseño y preparación de catalizadores soportados en materiales carbonosos estructurados.
- Rocha, J., Zambrano, D., Portilla, Á., Erazo, G., Torres, G., & Llanes, E. (2018). Análisis de gases del motor de un vehículo a través de pruebas estáticas y dinámica. *Revista Ciencia UNEMI*, 11(28), 97-108.
- Takahashi Y., Itami T., Maeda M., Suzuki, N., Kasornchandra J., Supamattaya K., Khongpradit R., Boonyaratpalin S., Kondo M., Kawai K., Kusude R., Hirono, I. and Aoki T. 1996. Polymerase chain reaction (PCR) amplification of bacilliform virus (RVPJ) DNA in *Penaeus japonicus* Bate and systemic ectodermal and mesodermal baculovirus (SEMBV) DNA in *Penaeus monodon* Fabricius. *J. Fish Dis.* 19: 399-403.
- Torres, A., Torres, J., & Lugo, R. (s. f.). Catalizadores de potasio soportados en Al_2O_3 para la producción de biodiésel. *Renewable energy*, 3.
- Torres, J., Ruiz, R., Rodríguez, J., Cordero, T., & Rosas, J. (2022). Estudio cinético de la desactivación de un catalizador de zirconio y fósforo sobre carbón activado
- Guamán Narváez, E., Jorque Rea, A. y Beltrán Chamba, E. (2024). Diseño, construcción e implementación de un catalizador de carbón activado y piedra pómez. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 118-134. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/121>
Enero - junio (2024)
ISSN 2806-5573

en la reacción de metanol a dimetileter.
<https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/24044>

Utreras, E., & Valencia, J. (2021). Regeneración de catalizadores automotrices de motores a gasolina a partir de sustancias polares. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11218>

Valderrama, G., De navarro, C., & Goldwasser, M. (2018, enero 1). Diseño de catalizadores de níquel de alto desempeño para la reacción de metano con CO₂. *Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación*. <https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd:135117754?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:gcd:135117754>

ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO MEDIANTE ARIETE HIDRÁULICO EN LUMBISÍ, ECUADOR

Ernesto Quishpe Sacancela
equishpe@istct.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5773-8485>
Instituto Superior Universitario Central Técnico - Ecuador

Juan Esteban Cusi Sacancela
jcusi@istct.edu.ec

Instituto Superior Universitario Central Técnico - Ecuador

Recibido: 25/11/23

Aceptado: 25/12/23

Publicado: 01/01/24

RESUMEN

Ecuador es un país esencialmente dedicado a la explotación de los recursos naturales renovables. El sector agrícola es el más amplio en el uso de agua de riego. Los recursos hídricos aun existentes en la Comuna Lumbisí son muy importantes para el riego de los cultivos. Por ello, se han creado líneas estratégicas y se han generado procesos de sensibilización y preservación del "ojo de agua" de este sector. La metodología es cuantitativa, experimental, transversal y descriptiva. Se analiza la viabilidad de un sistema de bombeo mecánico con ariete hidráulico, mediante la recopilación de la información en campo, el análisis técnico, económico y ambiental. Se obtiene como resultado un potencial hídrico inicial de 4 a 5 L/s, se dispone de 17 metros columna de agua (m.c.a.) de altura y alcanza los 170 m.c.a. Además, cuenta con una longitud aproximada de 500m, siendo útil para llegar al sector de El Tablón de la comunidad, donde existen 107.61 hectáreas de área cultivable en una altura de 2300 m.s.n.m. El caudal mínimo diario de impulsión es de 0,37 L/min y un máximo de 13,6 L/min. Por la irregularidad del terreno y en el caso de tener una sobrepresión, se recomienda una tubería de hierro galvanizado por las propiedades mecánicas que posee para el montaje a la intemperie. Esta debe contar con un diámetro interior de 57.65mm, diámetro exterior de 60.30mm, espesor de 2.65mm y con una presión de absorción de trabajo de 21 Kg/mm². Esta tubería garantiza un factor de seguridad, capaz de soportar las sobrepresiones debidas al golpe de ariete, para evitar una posible cavitación.

PALABRAS CLAVE: recursos hídricos, agricultura sostenible, sistema de bombeo.

STUDY FOR THE IMPLEMENTATION OF A PUMPING SYSTEM USING A HYDRAULIC RAM IN LUMBISÍ, ECUADOR

ABSTRACT

Ecuador is a country essentially dedicated to the exploitation of renewable natural resources. The agricultural sector is the most widespread in the use of irrigation water. The water resources still existing in the Lumbisí Municipality are very important for the irrigation of crops. For this reason, strategic lines have been created and processes of awareness and preservation of the "eye of water" of this sector have been generated. The methodology is quantitative, experimental, transversal and descriptive. The feasibility of a hydraulic pumping system is analysed by collecting field information, technical, economic and environmental analysis. The result is an initial water potential of 4 to 5 L/s, 17 meters of water gauge (mH₂O) of height is available and reaches 170 mH₂O. In addition, it has an approximate length of 500m, being useful to reach the El Tablón sector of the community, where there are 107.61 hectares of cultivable area at an altitude of 2300 m.a.s.l. The minimum daily impulse flow rate is 0.37 L/min and a maximum of 13.6 l/min. Due to the irregularity of the terrain and in case of overpressure, it is recommended to use a galvanized iron pipe due to the mechanical properties it possesses for mounting against the weather. It must have an internal diameter of 57.65mm, an external diameter 60.30mm, a thickness of 2.65mm and a working absorption pressure of 21 Kg/mm². This pipe guarantees a safety factor, able to withstand the overpressures due to the blast, to avoid a possible cavitation.

KEY WORDS: water resources, sustainable agriculture, pumping system.

1. INTRODUCCIÓN

La Comuna de Lumbisí se constituye en 1824, cuenta con 612 hectáreas, heredadas a los indígenas *yanaconas* por el Rey de España, cuya acta legal se encuentra reposando en la Casa de la Cultura Ecuatoriana (Rebolledo, 1979). En el año de 1835, el general Jorge Enríquez Gallo, como presidente del Ecuador, dicta la ley de comunas. Lumbisí se inscribe legalmente dentro del registro de comunidades a nivel nacional. Cada 24 de agosto, esta comuna conmemora su aniversario, desempeñando a cabalidad su misión y visión, proyectándose hacia el futuro.

Ecuador es un país esencialmente dedicado a la explotación de los recursos naturales renovables. La agricultura es uno de ellos y requiere el agua de riego de manera constante. Debido a esto, existe una deficiencia de infraestructura para el regadío en los terrenos agrícolas del sector El Tablón de la comunidad de Lumbisí. Para solucionar este problema, la comunidad da inicio a la exploración de los “ojos de agua” (pozos naturales) existentes, siguiendo un ordenamiento significativo de la tierra dentro de la comunidad. Esto no sólo representa una solución al problema de la producción y la alimentación, sino que permite la coexistencia y el aprovechamiento de los recursos naturales que aseguran el bienestar y protección del suelo, haciendo énfasis en los parámetros de conservación del desarrollo agrícola y enfrentado al cambio climático.

La investigación intenta obtener agua de riego proveniente desde un ojo de agua natural, mediante la instalación de un sistema de bombeo que no requiere energía eléctrica ni combustibles, sino por medio de un ariete hidráulico que funciona por ciclos, utilizando la energía cinética para bombear agua a un sector de la comunidad de Lumbisí. A partir del ojo de agua, se debe mantener la cota paralela al río San Pedro para descargar su caudal a un reservorio. Este sistema ecológico utiliza principalmente la fuerza de la caída de presión para subir la cantidad de agua requerida a una mayor altura haciendo uso de la gravedad.

En este contexto, el estudio tiene una viabilidad técnica, económica, social y ambiental, tiene un bajo costo de inversión, operación y mantenimiento. Además, su impacto ambiental es mínimo, alcanzando así la aceptación de los moradores de la comuna.

2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS / MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue de campo, de acuerdo a las características topográficas, ecológicas, biodiversidad y de recursos hidrográficos apropiados para la Comuna Lumbisí. Los métodos empleados en el estudio de factibilidad fueron empíricos (experimental, con base en prueba y error); analíticos (reglas básicas de hidráulica, mecánica de fluidos, ecuación de continuidad, conservación de movimiento, pérdidas de carga y análisis dimensional) y racional (análisis teórico con el software *ANSYS Fluent*). En este último, se ingresaron algunos parámetros encontrados experimentalmente, para el estudio y funcionamiento del sistema de bombeo con ariete hidráulico.

Quishpe Sacancela, E. y Cusi Sacancela, J. (2024). Estudio para la implementación de un sistema de bombeo mediante ariete hidráulico en Lumbisí, Ecuador. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 118-130. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/120>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

Posteriormente, se seleccionó un modelo matemático adecuado que permitió conocer los valores mínimos y máximos de las principales variables. Para elegir un sistema de bombeo hidráulico, se debe prestar atención a la ley orgánica de manantiales de agua en Ecuador. También, es necesario realizar un análisis bacteriológico y ambiental.

Adicionalmente, se analizó la factibilidad técnica, económica, social, ecológica, caudal, potencia, facilidad de instalación, durabilidad, tipo de materiales, equipo y precio. Finalmente, las encuestas y entrevistas se las realizó a todos los comuneros de Lumbisí, para su respectivo análisis de factibilidad.

3. RESULTADOS

Para el estudio de factibilidad del uso adecuado del manantial de agua, en primer lugar, se investigó el caudal que es de 4 a 5 L/s. Los resultados del análisis bacteriológico realizado en los laboratorios de la Facultad de Química de la Universidad Central del Ecuador, consideran que el agua es apta para el consumo humano, regadío y su estudio ambiental.

En segundo lugar, se realizó un levantamiento planimétrico de la zona. En tercer lugar, se realizó el estudio de factibilidad del sistema de bombeo mecánico, mediante ariete hidráulico. Este sistema tiene ventajas y desventajas. En la Tabla 1 se detallan los aspectos más importantes de un ariete hidráulico, en relación a otras bombas.

Tabla 1

Comparación del sistema de bombeo de ariete hidráulico con otras bombas.

No.	Descripción	Bomba-motor	Bomba-eléctrica	Ariete hidráulico
1	Energía externa	Sí	Sí	No
2	Lubricantes	Sí	Sí	No
3	Inversión inicial	Alto	Bajo	Media
4	Mantenimiento	Sí	Sí	No
5	Confiability	Alta	Media	Alta
6	Ruido	Alto	Medio	Media-Alto
7	Eficiencia	Alto	Alto	Media

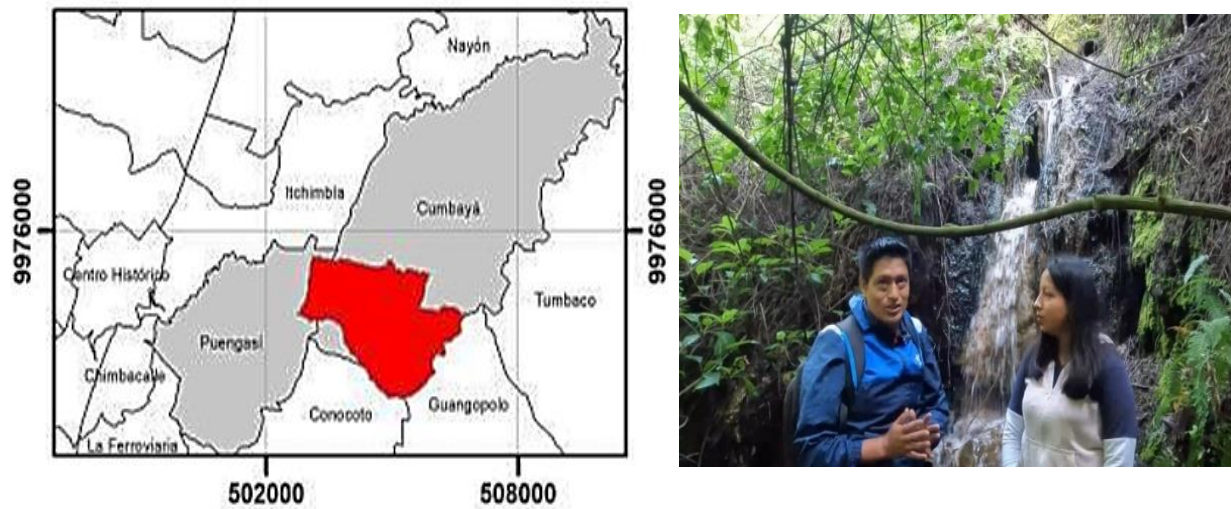
Fuente: autoría propia a partir de catálogos de bombeo hidráulico.

En la actualidad, la comunidad cuenta con un área netamente agrícola de 107.61 hectáreas y con un área de 76.45 hectáreas de quebradas naturales donde existen varios manantiales de agua. Estos cuentan con un potencial hídrico de 4 a 5 L/s captadas a la salida del ojo de agua. Las condiciones y la ubicación de la captación de agua son muy favorables debido a su pendiente. La altura disponible es medida desde el inicio del ojo de agua hasta el sitio de descarga donde se instalará el sistema de bombeo con ariete hidráulico. Para obtener las medidas exactas se realiza el cálculo de las diferencias de alturas, se utiliza un altímetro y GPS. La ubicación de la toma de agua es importante en este sistema de bombeo, ubicando el reservorio en un lugar estratégico, cumpliendo las características apropiadas para su eficaz funcionamiento, tanto en dimensionamiento del

reservorio, volumen de agua constante y permanente para evitar la entrada de aire a la tubería de impulso.

Figura 1

Ubicación geográfica de la Comuna de Lumbisí y "ojo de agua".

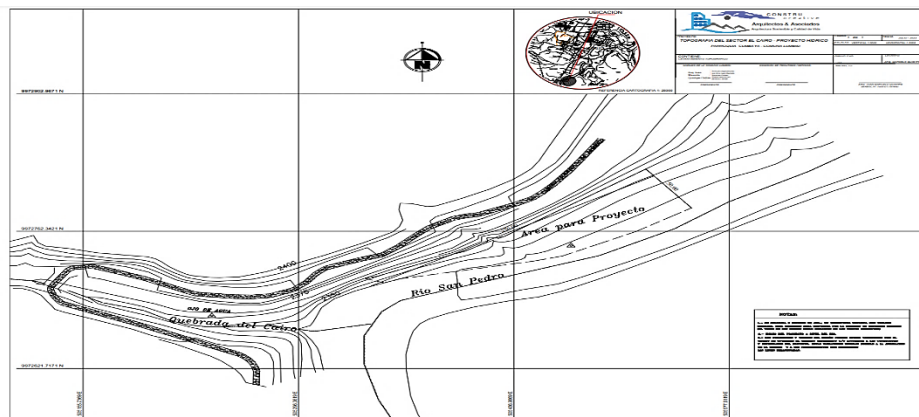


Fuente: Gobierno Autónomo parroquial de Cumbayá y autoría propia.

La ubicación para el bombeo mecánico depende de la distancia y la diferencia de alturas. El levantamiento topográfico ayudó para un efectivo tendido de la tubería de alimentación desde el "ojo de agua" hasta la bomba. De tal manera, que el conducto quede perfectamente rectilíneo y rígido hasta llegar al tanque de descarga. Así, se dispone de 17 m.c.a. de altura, alcanzando los 170 m.c.a y con una longitud aproximada de 500m, siendo suficiente para llegar al sector de El Tablón de la comunidad, donde se encuentran las áreas cultivables, a una altura de 2300 m.s.n.m.

Figura 2

Levantamiento topográfico de la zona.



Fuente: Construcreative (2023).

Los parámetros del ariete hidráulico se analizan mediante modelos matemáticos existentes, para conocer los valores máximos de las principales variables que alcanzan en cada período. En cada elemento del ariete, se toma en cuenta: funcionamiento, comportamiento de la onda elástica, desplazamiento a una determinada velocidad y variación de presiones a lo largo de la tubería. Posteriormente, se realiza el diseño y construcción mecánica procedente.

El fenómeno mecánico del golpe de ariete aparece en forma de onda oscilatoria que circula a lo largo de la tubería. En el momento que exista un cierre brusco de la válvula de impulso, en ese mismo instante, la cantidad de movimiento/energía cinética, se reduce drásticamente a cero originando una gran presión a la tubería y los diferentes tipos de válvulas.

La celeridad de la onda en el sistema de bombeo con golpe de ariete se produce mediante una propagación de ondas de presión y depresión generadas por el fluido. Es decir, dependen tres factores fundamentales: las características mecánicas de la conducción, sus características geométricas y la compresibilidad del agua. La celeridad varía directamente, en función del tipo de material que se emplee en el diseño y construcción. Se recomienda el montaje con acero debido a que la velocidad puede ser superior a la del sonido, pero es más costoso, mientras que para materiales plásticos la velocidad del fluido es más lenta pero mucho más económica. El análisis se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2

Valores de celeridad del acero y PVC.

Material	Coficiente elástico del material (G)	Celeridad (a) m/s
Acero	0.50	1110.00
PVC	20/30	200.00

Fuente: Guamán (2011).

Para diversos diámetros de tubería, el caudal de aspiración y el caudal de impulsión esperable tiene ratio entre las presiones de 1:5. Lo más recomendable es que los diferentes diámetros de tubería tengan una ratio de caudales muy similares, tanto en la utilización del caudal mínimo o caudal máximo. Es decir, el porcentaje de caudal impulsado frente al total de aspiración tiene una variación de un 13.33% y un 12% para el caudal mínimo.

Para el caso de tener un caudal máximo, estos porcentajes sufren una pequeña variación, de entre un 12.5% y un 12%. Esto refuerza el montaje de confiabilidad dentro de un proyecto, ya que sus resultados pueden ser extrapolables de manera práctica y directa a un posible modelo de tubería con una dimensión mayor, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3

Caudales para ratio de 1:5 (H y h).

Aspiración D (in)	Impulsión D (in)	Aspiración Min Q (L/min)	Impulsión Min. Q (L/min)	Aspiración Máx. Q (L/min)	Impulsión Máx. Q (L/min)
¾	½	2.83	0.37	7.57	0.94
1	½	5.67	0.75	22.71	2.83
1 – ¼	¾	7.57	0.94	37.85	4.54
1 – ½	¾	9.46	1.13	56.77	6.62
2	1	11.35	1.43	124.9	15.14
2 – ½	1 – ¼	45.42	567	170.3	20.43
3	1 – ½	75.70	9.46	283.8	34.0
4	2	113.5	13.6	567.7	68.13

Fuente: autoría propia a partir de Smith (2015).

En este mismo sentido, se toma en consideración la comparación entre un caudal mínimo versus el caudal máximo de impulsión, como se puede observar en la Tabla 4.

Tabla 4

Caudales y curva característica con 2in de aspiración.

Caudal mínimo diario de impulsión (0.37 L/min)	Caudal máximo diario de impulsión (13.6 L/min)
=0.37×60 mín×24horas =532.8l	=13×60 mín×24horas =18.720l
Caudal de Agua suficiente para abastecer una pequeña vivienda	Caudal de Agua suficiente para abastecer a una población de 100 habitantes
En el estudio de factibilidad se toma en cuenta una bomba de 2 in de diámetro en la tubería de aspiración: 1 ft = 0.3048m; 1cfs = 28.32 l/s	

Fuente: autoría propia.

Con estas condiciones, se procede a realizar el diseño de la bomba de ariete hidráulico, tomando en cuenta características fundamentales como el entorno productivo (fabricación, montaje, calidad y transporte), el entorno de utilización (funciones, prestaciones, fiabilidad y mantenimiento), el entorno social (ergonomía, seguridad, impacto ambiental y vida útil).

Dentro de este estudio de factibilidad el ariete se adaptará a las siguientes condiciones: disponibilidad de los materiales existentes en el medio, disponibilidad de las herramientas, máquinas, equipos, mano de obra especializada y mingas, facilidad de instalación y montaje en el lugar de bombeo, facilidad de operación y mantenimiento. Estas consideraciones van en función del factor económico de la comunidad de Lumbisí y de acuerdo a las instituciones públicas y privadas que apadrinan los proyectos comunitarios, tomando en cuenta

que se trata de un sistema de bombeo relativamente sencillo, de mediano costo y de fácil adquisición en el mercado.

En los parámetros de diseño del sistema de bombeo mecánico, se toma en consideración: la cantidad de agua impulsada, $Q_f=4\text{L/s}$ funcionando las 24 horas; la altura disponible que es $H=17\text{m}$, medida mediante GPS; se considera para el análisis la altura mínima es de 1.5 a 2m de altura. Para la realizar los trabajos de obra civil, se ubican las bocatomas del "ojo de agua" y dimensiona el tanque de presión. Se toma en cuenta el volumen y la altura mínima sobre la tubería de presión para dimensionar la tubería de impulsión. El cálculo del diámetro de impulsión es uno de los parámetros de mayor importancia para el funcionamiento óptimo del sistema. El diámetro de la tubería de presión se determina con la ecuación (1) de Bondschú ($Q_f=0.001706\text{m}^3/\text{s}=2\text{L/s}$).

$$D = 1.27 * \frac{Q_f^{0.4268}}{(H + H_s)^{0.1423}} = 2 \text{ in} \quad (1)$$

Por la irregularidad de la zona, en el caso de tener una sobrepresión, se recomienda una tubería de hierro galvanizado, por las propiedades mecánicas que posee para el montaje a la intemperie. Esta debe contar con un diámetro interior de 57.65mm, diámetro exterior de 60.30mm, espesor de 2.65mm y una presión de absorción de trabajo de 21 Kg/mm². Esta tubería garantiza un factor de seguridad, capaz de soportar las sobrepresiones debidas al golpe de ariete, a fin de evitar una posible cavitación. La sección de la tubería de impulsión se observa en la ecuación (2):

$$A = \frac{\pi * D_i^2}{4} = 0.00261\text{m}^2 \quad (2)$$

La longitud de la tubería, de impulso debe estar entre el rango: $L/D_{ext} \geq 150$ y $L/D_{ext} \leq 1000$ y la fuente de suministro de agua a la bomba es $\theta=28$ grados y 0.846m lineal de las válvulas y neplo, como se indica en la ecuación (3) y (4).

$$L = \frac{H}{\sin \theta} = 36\text{m} + 0.84\text{m} = 36.84\text{m} \quad (3)$$

$$150 \leq \frac{36.84}{0.0603} \leq 1000 \quad (4)$$

La velocidad del agua en la tubería de impulsión se mira en la ecuación (5).

$$V_0 = \frac{Q_f}{A} = 0.62 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (5)$$

El volumen del tanque de presión $i=1\%$ de la pendiente del terreno y $g=9.8\text{m/s}^2$ gravedad se indica en la ecuación (6).

$$V = \frac{0.693 * A * V_0^2}{i * g} = 0.67m^3 \quad (6)$$

La altura de descarga o elevación se mide en la ecuación (7).

$$h = (10 \text{ a } 12) * H = (10) * 17 + 170m \quad (7)$$

Para el cálculo de las pérdidas en la tubería Hr, se tiene que ubicar el número de Reynolds y la rugosidad relativa para verificar si el fluido es laminar ($Re < 2000$), transición ($2000 < Re < 4000$) o turbulento ($Re \geq 4000$). En el diagrama de Moody se obtiene $\lambda = 0.0258$. El valor de pérdida por accesorios calculado es de $\Sigma K = 8.45$ como se visualiza en la ecuación (8).

$$Hr = 1 + \lambda \frac{L}{D_i} \Sigma K = 26m \quad (8)$$

El espesor mínimo de la tubería de impulso es $P = 0.246 \text{ Kg/mm}^2$. Como presión total de la carga se tiene $D_{ext} = 60.3\text{mm}$; $S_p = 1.5 \text{ Kg/mm}^2$ es el coeficiente de seguridad y $C = 1.27\text{mm}$ la disminución de la tubería por roscado. Todo ello, se verifica en la ecuación (9).

$$\delta m = \frac{P * D_{ext} *}{2 * S_p - 0.8 * P} + C = 0.0018m \quad (9)$$

En consecuencia, la tubería de impulso seleccionada cumple con las especificaciones requeridas de diseño para un trabajo óptimo, según se puede observar en la Tabla 5.

Tabla 5

Tubería de impulso con hierro galvanizado.

Límite de fluencia	$S_f = 21 \text{ Kg/m}^2$
Esfuerzo máximo de trabajo	$S_p = 14 \text{ Kg/m}^2$
Diámetro Nominal	$D_n = 0.0508 \text{ m}$
Diámetro exterior	$D_e = 0.0603 \text{ m}$
Diámetro interior	$D_i = 0.05765 \text{ m}$
Espesor	$\delta = 0.00265 \text{ m}$

Fuente: autoría propia.

Es así que el espesor seleccionado es de 0.00265m y el espesor calculado es de 0.0018m ; por lo tanto, la tubería soporta, de manera eficiente, la presión total de la carga.

Con respecto al dimensionamiento del tanque reservorio, se toma en cuenta la ubicación (el sector de El Tablón está ubicado 300 metros lineales desde el ariete con una altura de descarga de 100 metros); la forma (el tanque reservorio se recomienda trapezoidal para que se compacte de mejor manera la geomembrana); Quishpe Sacancela, E. y Cusi Sacancela, J. (2024). Estudio para la implementación de un sistema de bombeo mediante ariete hidráulico en Lumbisí, Ecuador. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 118-130. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/120>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

el ingreso del agua (por medio del tendido de manguera negra de presión de 1 pulgada de 150 Psi); el tanque (debe tener un revestimiento de geomembrana HDPE de 2mm de espesor).

Para obtener las dimensiones adecuadas del tanque, se parte del caudal disponible, mediante varias pruebas de bombeo, como prueba y error en el campo. El volumen del tanque, el número de horas bombeadas diariamente (24 h/día), la carrera (20mm) de la válvula de impulso, el número de golpes por minuto (70 golpes), el caudal de descarga (4 L/min) y el tiempo de almacenamiento del agua (máx. 7 días), son factores que tomaron en cuenta para la escritura de la ecuación (10).

$$VT = Q * t = 40320 \frac{L}{día} = 40.32m^3 \quad (10)$$

Figura 3

Mapa de la zona, dimensiones de reservorio y volumen.



Fuente: autoría propia.

Tabla 6

Dimensiones del reservorio.

<i>I2</i>	<i>L2</i>	<i>h</i>	<i>I1</i>	<i>L2=L1</i>	
3.0m	5m	1.5m	4m	5m	Volumen=42.6mm³

Fuente: autoría propia.

El dimensionamiento es adecuado para almacenar dos días de caudal de reserva para que descargue la bomba 40.32m³ de agua sin ningún inconveniente. Según los datos obtenidos, se procede a realizar el análisis del caudal de descarga en función de la altura. Se tomó en consideración: el caudal de descarga q(L/min) en función de la altura de descarga h(m); carrera (S=20mm) Vs (S=10mm); altura disponible en el sitio (H=17m); pesos W (Kg) y la constante del resorte del muelle de ariete (K=22 Kgf/mm).

Tabla 6

Caudal de descarga en función de la altura de descarga en una carrera de $S=20\text{mm}$.

S=20mm; H=17mm; K=22Kgf/mm		x 0.045mm 0.068mm	
Peso (V*1)	W₁ (Kg)	W₂ (Kg)	W₃ (Kg)
Altura de descarga	1.45	2.44	2.946
h(m)	q ₁ (L/min)	q ₂ (L/min)	q ₃ (L/min)
70.000	36.550	38.550	39.550
80.000	29.510	31.510	33.310
90.000	24.130	26.130	27.630
100.00	20.000	21.780	22.920
110.00	18.440	20.220	21.360
120.00	17.020	18.800	19.220
130.00	16.450	17.450	18.400
150.00	14.670	15.870	17.320
170.00	13.980	15.030	15.680

Fuente: autoría propia.

Tabla 7

Caudal de descarga en función de la altura de descarga en una carrera de $S=10\text{mm}$.

S=10mm; H=17mm; K=22Kgf/mm		x 0.045mm 0.068mm	
Peso (V*1)	W₁ (Kg)	W₂ (Kg)	W₃ (Kg)
Altura de descarga	1.45	2.44	2.946
h(m)	q ₁ (L/min)	q ₂ (L/min)	q ₃ (L/min)
70.000	12.38	14.95	16.38
80.000	11.38	13.56	15.36
90.000	10.60	12.32	13.82
100.00	9.890	11.65	12.94
110.00	8.750	10.53	11.78
120.00	7.790	9.290	10.56
130.00	7.130	8.330	9.560
150.00	5.800	6.780	8.350
170.00	4.890	5.710	7.780

Fuente: autoría propia.

En la comparación de las carreras $S=10\text{mm}$ y $S=20\text{mm}$, se puede observar claramente que el caudal de descarga decrece con el incremento de la altura de descarga, haciendo que el agua en la tubería de impulso se mantenga en reposo cada vez que se cierre la válvula de impulso. Esto quiere decir que, a mayor altura Quishpe Sacancela, E. y Cusi Sacancela, J. (2024). Estudio para la implementación de un sistema de bombeo mediante ariete hidráulico en Lumbisí, Ecuador. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 118-130. <http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/120>
enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

de descarga, la velocidad del agua en la tubería de descarga relativamente decrece. Por lo tanto, se puede apreciar que, al variar las carreras y manteniendo el peso de las válvulas de impulso, aumenta el caudal de descarga. Consecuentemente, a mayor carrera, la velocidad del agua en la tubería de impulso se incrementa.

4. DISCUSIÓN

Al finalizar el estudio del sistema de bombeo con ariete hidráulico en la zona agrícola de la comunidad de Lumbisí, se puede afirmar que es factible. Se alcanza los objetivos de caudal de agua requeridos y la altura de entrega, cumpliendo con los parámetros de diseño hidráulicos establecidos. Los márgenes de error son mínimos que no afectan el desempeño de la bomba.

La duración del ciclo es adecuada para el funcionamiento del golpe de ariete, permitiendo elevar el máximo caudal de agua. La altura que puede desarrollar el ariete en función de la carrera es de $S=10\text{mm}$. De esta manera, tiene una adecuada sincronización generando los impulsos necesarios para llegar al tanque reservorio de caudal de agua.

En este contexto, la disminución de la eficiencia el diseño teórico es esperable si esta es mayor, especialmente, en los valores obtenidos de la presión de impulsión más elevados. Sin embargo, el caudal impulsado, si se mantienen en la tendencia de los ensayos empíricos de prueba y error con menos presión de impulsión, se observa que no es necesario que supere una ratio de razón 1:5 en las presiones. Esto hace que la eficiencia disminuya considerablemente a partir de ese punto.

5. CONCLUSIONES / CONSIDERACIONES FINALES

En la investigación se cumplió con el estudio de factibilidad técnica para obtener agua de riego para una zona de la comunidad de Lumbisí, desde un "ojo de agua", mediante un sistema de bombeo con ariete hidráulico. Para ello, se tomaron en cuenta parámetros ambientales y de funcionamiento adecuados para utilizar el golpe de ariete como una alternativa viable de utilización dentro de la zona rural, donde el agua es esencial para el cultivo.

La posibilidad de elevar un caudal de agua, sin la necesidad de energía eléctrica o combustibles fósiles, es una gran alternativa para combatir el cambio climático. Adicionalmente, la utilización de un ojo de agua, con su análisis bacteriológico respectivo, permite que el líquido vital sea apto para el regadío agrícola, piscicultura y consumo humano. Es decir que, el impacto sobre el medio ambiental y biodiversidad de la comunidad, es prácticamente nula.

El diseño del sistema de bombeo cuenta con un caudal constante del "ojo de agua" de 2L/s. El ariete hidráulico esta seteado a generar 70 golpes/min, carrera de 20mm y cuenta con una altura de 170 m.c.a., dando un caudal de descarga óptimo con una eficiencia de trabajo considerable. La bomba trabajó satisfactoriamente en la relación de longitud de la tubería establecida con su

Quishpe Sacancela, E. y Cusi Sacancela, J. (2024). Estudio para la implementación de un sistema de bombeo mediante ariete hidráulico en Lumbisí, Ecuador. *Revista Cotopaxi Tech*, 4(1), 118-130.

<http://ojs.istx.edu.ec/index.php/cotopaxitech/article/view/120>

enero - julio (2024) ISSN 2806-5573

respectivo diámetro calculado. Si la longitud y diámetro de la tubería están fuera del rango de operación de diseño, el golpe de ariete puede verse seriamente afectado, generando una sobrepresión, afectando a todo el sistema de bombeo.

Finalmente, el sistema de bombeo con ariete se encuentra sometido a grandes esfuerzos. Por esto, se recomienda tener la debida precaución en su operación y capacitando periódicamente al personal operativo elegido por la comunidad.

6. REFERENCIAS

Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución del Ecuador*.

Cabildo de la Comuna de Lumbisí. (2019). *Proyecto de Plan de Vida Lumbisí 2015*.

Castillo, L. G. (2018). *Apuntes de la asignatura Obras Hidráulicas*. Departamento de Ingeniería Minera y Civil. [Tesis de Ingeniería hidráulica, Pontificia Politécnica de Cartagena, España]. Repositorio Institucional.

Fikri, R. (2019). The performance and efficiency rating evaluation of a hydraulic ram pump prototype with height variations. *Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung*, vol. 7, N 1, pp. 11 - 18.

Guamán, D. (2011). *Diseño y construcción de una bomba de ariete hidráulico*. [Tesis de ingeniería, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Institucional.

Rebolledo, L. (1979). *Comunidad y resistencia el caso de Lumbisí durante la colonia*. Abya - Yala.

Slack, D.C. Eshenaur, W.C. y Berkas, T.H. (1984). Predicting the performance of a water-pumping hydraulic ram. *International Journal for Development Technology*. International Center for Technical Research.

Sanches de Alemdia, L. (1998). Working Mothers and their Multivoiced Self. *Revista Colombiana*.

Tuquinga, R. y Paredes, M. (2013). *Diseño de instalaciones de un sistema de bombeo mediante ariete hidráulico en la comunidad de Airón Cebadas*. [Tesis de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador]. Repositorio Institucional.

Wanchai Asvapoositkul, D. (2019). Determination of Hydraulic Ram Pump Performance: Experimental Results. *Hindawi: Advances in Civil Engineering*, vol. 11, pp. 11 - 23.



INSTITUTO SUPERIOR
UNIVERSITARIO
COTOPAXI

¡Transformando la Educación Superior!

w w w . w e b . i s t x . e d u . e c