



tecnología

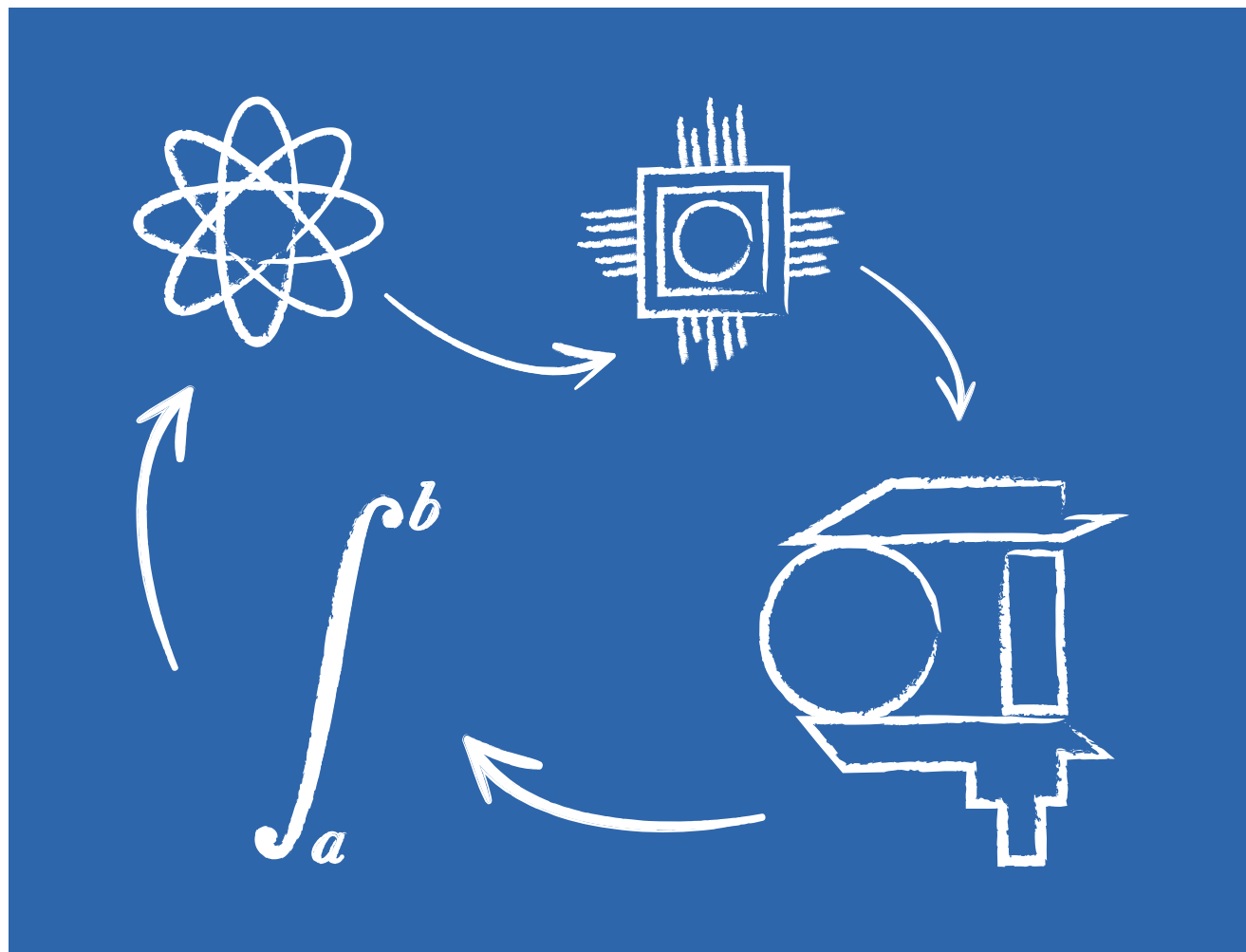
Glosas de innovación aplicadas a la pyme

Ed. 29_Vol. 8_nº1

Marzo_Junio_19

Publicación trimestral

ISSN: 2254-4143



3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme.

Periodicidad trimestral. *Quarterly periodicity.*

Edición 29. Volumen 8, Número 1 (Marzo - Junio '19). *Edition 29, Volume 8, Issue 1 (March - June '19).*

Tirada nacional e internacional. *National and internacional circulation.*

Artículos revisados por el método de evaluación de pares de doble ciego. *Articles reviewed by the double blind peer evaluation method.*

ISSN: 2254-4143

Nº de Depósito Legal: A 268 – 2012

DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n1e29>

Edita:

Área de Innovación y Desarrollo, S.L.

C/ Els Alzamora 17, Alcoy, Alicante (España)

Tel: 965030572

info@3ciencias.com _ www.3ciencias.com



Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos citando la fuente y el autor. *This publication may be reproduced by mentioning the source and the authors.*

Copyright © Área de Innovación y Desarrollo, S.L.



OBJETIVO EDITORIAL

La Editorial científica 3Ciencias pretende transmitir a la sociedad ideas y proyectos innovadores, plasmados, o bien en artículos originales sometidos a revisión por expertos, o bien en los libros publicados con la más alta calidad científica y técnica.

NUESTRO PÚBLICO

- Personal investigador.
- Doctorandos.
- Profesores de universidad.
- Oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI).
- Empresas que desarrollan labor investigadora y quieran publicar alguno de sus estudios.

COBERTURA TEMÁTICA

3C Tecnología es una revista de carácter científico–social en la que se difunden trabajos originales que abarcan la Arquitectura y los diferentes campos de la Ingeniería, como puede ser Ingeniería Mecánica, Industrial, Informática, Eléctrica, Agronómica, Naval, Física, Química, Civil, Electrónica, Forestal, Aeronáutica y de las Telecomunicaciones.

INFORMACIÓN PARA AUTORES

Toda la información sobre el envío de originales se puede encontrar en el siguiente enlace:
<http://www.3ciencias.com/normas-de-publicacion/instrucciones-para-el-envio-de-articulos/>

PUBLISHING GOAL

3C Ciencias wants to transmit to society innovative projects and ideas. This goal is reached through the publication of original articles which are subject to peer review or through the publication of scientific books.

OUR TARGET

- Research staff.
- PhD students.
- Professors.
- Research Results Transfer Office.
- Companies that develop research and want to publish some of their works.

THEMATIC COVERAGE

3C Tecnología is a scientific-social journal in which original works that cover Architecture and the different fields of Engineering are disseminated, such as Mechanical, Industrial, Computer, Electrical, Agronomic, Naval, Physics, Chemistry, Civil, Electronics, Forestry, Aeronautics and Telecommunications.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

All information about sending originals can be found at the following link:

<https://www.3ciencias.com/en/regulations/instructions/>

INDIZADO POR INDEXED BY

Plataforma de evaluación de revistas



Bases de datos internacionales selectivas



Directorios selectivos



Hemerotecas selectivas



Buscadores de literatura científica en acceso abierto



/SUMARIO/

Propuesta metodológica para la generación de indicadores clave de desempeño apoyada en tecnología de información

Methodological proposal for generation of key performance indicators supported on information technology

María Manzano-Ibarra, Ruth Zamora-Sánchez y Patricio Medina-Chicaiza

10

Kanban. Metodología para aumentar la eficiencia de los procesos

Kanban. Methodology to increase process efficiency

Laura Castellano Lendínez

30

Control del par en motores de corriente directa por control de modelo interno (IMC)

Torque control in direct current motors by internal model control (IMC)

Fernando Serrano, Benigno A. Rodríguez Gómez y Marco A. Flores Barahona

42

Implementación de análisis modal de fallos y efectos (AMFE)

Failure mode and effects analysis (FMEA) implementation

Sandra Rojas Lema

64

Apropiación de la tecnología desde la perspectiva de Gandhi: caso de la comunidad rural Gadhada, India

Gandhian perspective in the appropriation of technology. A study or experiments of Gadhada, India

Antonia Esparza Rodríguez, Mónica Márquez Pinedo y Juan Miguel Salazar Partida

76

/01/

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA GENERACIÓN DE INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO APOYADA EN TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN

METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR GENERATION OF KEY PERFORMANCE INDICATORS SUPPORTED ON INFORMATION TECHNOLOGY

María Manzano-Ibarra

Egresada de Ingeniería en Organización de Empresas.
Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador).

E-mail: mmanzano3139@uta.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9849-1148>

Ruth Zamora-Sánchez

Máster Universitario de Dirección Empresarial desde la Innovación y la Internacionalización.
Docente de la Facultad de Ciencias Administrativas.
Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador).

E-mail: ra.zamora@uta.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4982-8741>

Patricio Medina-Chicaiza

Magister en Tecnología de la Información.
Docente de la Facultad de Ciencias Administrativas en Universidad Técnica de Ambato.
Docente de la Escuela de Ingeniería en Sistemas en Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
Ambato (Ecuador).

E-mail: ricardopmedina@uta.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2736-8214>

Recepción: 23/02/2018. **Aceptación:** 02/10/2018. **Publicación:** 25/03/2019

Citación sugerida:

Manzano Ibarra, M., Zamora Sánchez, R. y Medina Chicaiza, P. (2019). Propuesta metodológica para la generación de indicadores clave de desempeño apoyada en tecnología de información. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 8(1), pp. 10-29. doi: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n1e29/10-29>

RESUMEN

El objetivo del trabajo es identificar indicadores clave de desempeño para ser aplicados como apoyo en la toma de decisiones de la alta gerencia en la cooperativa de transporte. Para el análisis de los datos se adaptó la técnica de minería de datos a través de la metodología *CRISP-DM*. Este estudio presenta resultados de la aplicabilidad de los indicadores clave de desempeño y de la actividad principal, durante un periodo de mayo-octubre 2018, a través de la herramienta *Big Data (Power BI)*.

ABSTRACT

The objective of this work is to identify key performance indicators to be applied as support in the decision making of senior management in the transport cooperative. For the analysis of the data, the data mining technique was adapted through the CRISP-DM methodology. This study presents results of the applicability of the key indicators of performance and of the main activity, during a period of May-October 2018, through the Big Data tool (Power BI).

PALABRAS CLAVE

Minería de datos, Indicadores clave de desempeño, Metodología Crisp-Dm, Tecnología de información, Transporte.

KEYWORDS

Data mining, Key performance indicators, Crisp-Dm Methodology, Information technology, Transport.

1. INTRODUCCIÓN

La globalización ha llevado a que las empresas tengan mayor presencia en mercados globales, cada vez más competitivos, lo que ha obligado a mejorar sus procesos en la toma de decisiones y, así, estar mejor preparados para los cambios que surgen en su entorno. Dado que, el crecimiento de las ciudades, en relación a la población, motorización y desarrollo económico ha generado un aumento constante en la demanda de transporte. Esto conlleva, a las compañías a tener la necesidad de contar con una metodología para obtener resultados reales para la alta gerencia. A pesar de existir limitadas investigaciones, la mayoría solo se centran en estudios operacionales, diseños de rutas, estudios de tiempos de viajes, entre otros, sin enfocarse en elementos de competitividad en el entorno demanda como la aplicación de un grupo de Indicadores clave de desempeño.

Así que, Braga y Fonseca (2010), mencionan que los indicadores clave de desempeño (KPI) son métricas representativas en los procesos internos de una organización, que permiten tomar decisiones basadas en la información proporcionada por las métricas planteados para una actividad en particular mediante la identificación de oportunidades de mejora y conformidad o no del cliente. Por lo tanto, dichos indicadores permite a las organizaciones evaluar la aplicación de las estrategias operativas, las mismas que contribuyen al cumplimiento de los objetivos estratégicos, a la vez, que cuantifica el logro de los resultados, y así, incrementar la satisfacción del cliente.

Independientemente del tipo de empresa, éstas requieren de tecnologías de información y comunicación (*TIC*) para dar respuesta a las necesidades, optimizar los procesos y mejorar su desempeño. A su vez, permiten compilar datos el cual es el recurso más valioso que posee la organización, No obstante, el plan estratégico del departamento de *TIC* necesita de indicadores de gestión para realizar de manera efectiva un análisis, control y seguimiento de los objetivos planteados y actividades propias, siendo los más utilizados los Indicadores Clave de Desempeño ya que sirve de apoyo en la toma de decisiones, alienación de objetivos y estrategias organizacionales.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La importancia de medir el desempeño de las empresas ha aumentado en los últimos años debido a la necesidad de proponer soluciones adecuadas al contexto actual, no sólo centrado en el aspecto

financiero sino también en los procesos administrativos. Hay que considerar que uno de los pilares importantes del desarrollo económico de un país es el transporte. Dentro del mismo contexto, factores como el aumento poblacional, el incremento de las actividades productivas y la necesidad de las personas de transportarse de un lugar a otro (Méndez, 2018). De igual manera, Arango, et al., (2017) mencionan que la globalización, la competencia o los cambios de demanda han hecho que las empresas usen indicadores, los mismos que permiten obtener información relevante sobre el estado actual para el apoyo de las distintas áreas/actividades, que afectan el rendimiento de la organización.

Es fundamental mencionar que, para un mejor aseguramiento de las actividades, el plan estratégico del departamento de *TIC*, requiere de indicadores de gestión que le ayuden a realizar un análisis, control y seguimiento de los objetivos y/o actividades definidos en la empresa. Los más empleados son los *KPI* que permiten para identificar si la eficiencia es óptima y si las estrategias determinadas funcionan (Zapata y Castro, 2016). Sin embargo, para el logro de esto, la visualización de la relación y desempeño de los trabajadores dentro de la organización supone una ventaja de aplicar los indicadores clave de desempeño, a la vez, que permite medir los objetivos establecidos (Stroe, 2017). En resumen, los *KPI* son una herramienta para medir el nivel de desempeño de los procesos mediante la aplicación de medidas para conocer el éxito del resultado, es decir, monitorear una acción del negocio para valorar la satisfacción del servicio, no obstante, se debe tomar en cuenta factores internos como externos que afecten a la organización de manera directa.

Por ende, hay que hacer notar que la utilidad de los indicadores clave de desempeño dentro de las empresas exigen que sean claros y viables, orientados a los objetivos y clasificados en función a las operaciones de la empresa, ya que, de esta manera, estarán completamente alineados a la planificación estratégica, lo que permite una dirección y control integral de la organización a fin de mejorar la eficiencia, cumplir los objetivos y lograr una satisfacción positiva hacia el cliente, además, si los procesos son adecuados o no; en este último caso, sería necesario revisar el proceso y mejorarlo.

Por lo que se refiere a las Tecnologías de la Información y Comunicación (*TIC*) se ha incorporado paulatinamente en las empresas como estrategias de negocio, esto es, implementar mecanismos que ayuden a alcanzar un buen desempeño, mejorar la eficiencia e incorporar la gestión de procesos innovadores que permita a las organizaciones adaptarse a los continuos cambios del mercado

(Khazanchi, et al., 2007; Spiezia, 2011; Aguilera, et al., 2015). En definitiva, el uso masivo de las TIC compone una invaluable herramienta en el desarrollo de actividades, las mismas que afectan de manera positiva a la formulación de estrategias organizacionales que permiten aumentar la creación de valor de la empresa hacia el cliente. En el ambiente empresarial, las TIC contribuyen al acceso de información relevante, a disminuir los costos de transacción y aumentar los medios de automatización en los procesos.

Actualmente, las empresas de transporte se caracterizan por proporcionar a sus clientes un buen servicio, esto es, que el vehículo preste las comodidades necesarias al cliente mientras le transporta de un lugar a otro. El desempeño de estas empresas está relacionado con la satisfacción de sus clientes, para lograr esto, no solo basta con evaluar con métodos financieros tradicionales, sino que se debe medir con indicadores clave de desempeño. En el Ecuador, el transporte público es considerado como uno de los medios con mayor influencia para interconectar núcleos urbanos, siendo la frecuencia de los servicios todavía un tema pendiente de regulación (Fernández, 2017). En síntesis, la gestión empresarial de empresas de transporte se basa en la calidad en los procesos de administración, dirección y servicios.

Al mismo tiempo, la movilidad de los pasajeros es considerada como un enfoque de avance acelerado, la mayoría de la competencia basa su estrategia en la pertinencia y cadena de valor que aplican los diferentes segmentos de mercado. Sin embargo, dicho incremento de la movilidad debe ser considerado por las entidades competentes, quienes tienen la tarea de implantar un sistema integral de transporte de pasajeros (López, et al., 2018). Por lo tanto, el aumento de la movilidad y utilización del transporte, el mismo que, según la calidad del servicio que ofrezca, pueden provocar atracción o desestimación al servicio.

Hoy en día, las organizaciones de transporte toman gran importancia del uso de los indicadores en la planificación del mismo; a pesar de ello, en Ecuador no se encuentra estructurado con claridad dicho tema, el cual existe pocos estudios sobre el sector transporte. Por ello, la presente investigación pretende identificar y analizar indicadores que evidencien la gestión empresarial de las empresas de transporte, considerando que la supervivencia de la empresa se basa en captar, ganar y satisfacer a los clientes.

3. METODOLOGÍA

Para el presente estudio se llevó a cabo un método empírico de búsqueda y revisión bibliográfica de fuentes secundarias como *Proquest, Scopus, Springer, Taylor & Francis, Science Direct*, entre otras, para ello, se buscó con palabras claves, tales como; Tecnología de Información, minería de datos, indicadores claves de desempeño, KPI, metodología para minería de datos, indicadores para transporte en español; *information technology, data mining, key performance indicators, KPI, methodology for data mining, indicators for transport* traducido al inglés; Con criterios; ordenados: por relevancia; tipo de fuente: revistas científicas; fecha: últimos 10 años; tipo de documento: Artículo; idioma: todos los idiomas; Disciplina: ciencias de la computación, ingeniería y negocios, administración y contabilidad; tipo de fuente: Revista. También, se utilizó la página Sci-Hub para tener acceso a aquellos documentos no disponibles, siempre que, disponga del DOI.

Para el análisis de los datos se adaptó la técnica de minería de datos con la metodología CRISP-DM (*Cross Industry Standasrd for Data Mining*). Para ello, se hizo un análisis de la ciudad de origen: Ambato hacia las diferentes rutas tales como: Ambato-Ibarra; Ambato-Esmeraldas; Ambato-Guayaquil; Ambato-San Lorenzo; Ambato-Quito y Ambato-Santo Domingo para recabar información acerca del trayecto, se desarrolló mediante la investigación de campo, por medio de la técnica de observación a través del instrumento de ficha de observación registro que será llevado en un formato adecuado por (Posada y González, 2010). Por otro lado, para el análisis *Big Data* se tomó los registros de mayo-octubre 2018 de la actividad principal datos que serán obtenidos del programa Novo Enterprise ERP, versión 3.2.5.10. A su vez, se consideraron la selección de un grupo de indicadores para el área decisional entre ellos: velocidad promedio del vehículo, índice de pasajeros por kilómetro, uso del transporte, edad del parque automotor y quejas presentadas, adaptados por (Arango, Ruíz, Ortiz y Zapata, 2017; Flores, García, Chica y Mora, 2017; Posada y González, 2010).

4. RESULTADOS

En el desarrollo de este trabajo se realiza una indagación de diversas metodologías *Big Data*. Para lo cual, los resultados encontrados fueron que se enfocan desde el área informática y otras desde el modelo del negocio. A continuación, una visión general basado en la literatura consultada:

Con respecto, a la metodología *KDD* (*Knowledge Discovery in Databases*) está compuesto por los siguientes pasos: selección de datos, el preprocesamiento de los datos data mining y evaluación del modelo (Gervilla, et al., 2009). De igual manera, la metodología *SEMMA* (*Sample, Explore, Modify, Model, Assess*), contiene de cinco fases: muestra, explora, modificar, modelo, y evaluar (Kyunf, et al., 2015). Sin embargo, dichas metodologías están más enfocada explícitamente al área informática. Por lo tanto, pueden ser confuso para un profesional no informático que se encuentre al frente de la empresa.

Adicionalmente, a la metodología *CRISP-DM* (*CROSS Industry Standasrd for Data Mining*), se compone por seis fases: comprensión del negocio, comprensión de datos, preparación de datos, modelado, evaluación e implementación (Castorena, et al., 2018). De la misma manera, la metodología de almacenamiento rápido (*Rapid Warehousing Methodology*) fue propuesta por SAS Institute, se desarrolla en cinco fases: definición de los objetivos, definición de los requerimientos de la información, diseño y modelización, implementación y revisión (Leonard y Castro, 2013). En pocas palabras, dichas metodologías se enfocan desde un contexto empresarial.

En la misma línea, la metodología *HEFESTO*, contiene de seis fases: Inicio, análisis de requerimientos, análisis de las fuentes de datos, modelado del *DWH*, integración de datos, y representación de información (Vanegas, 2013). De igual forma, metodología de Kimball, consiste de planificación, análisis de requerimientos, modelado dimensional, diseño físico, diseño e implementación del subsistema de *ETL* e implementación (Rivadera, 2010). Por ende, las metodologías contemplan el ciclo muy detallado, es decir, presenta demasiadas etapas, lo cual, la aplicación aumenta tiempo y costos para la organización.

Con los antecedentes expuestos y dadas las características del presente trabajo, se aplica un procedimiento metodológico adaptada de la metodología *CRISP-DM* con las siguientes fases: comprensión del negocio, comprensión de datos, diseño del preprocesamiento, preparación de datos, representación de información y evaluación.

4.1. FASE 1: COMPRENSIÓN DEL NEGOCIO

Se realizó el estudio en una cooperativa de transporte, ubicada en la provincia de Tungurahua - Ecuador, cantón Ambato. La cooperativa de transporte cuenta con 122 frecuencias (Horas de salida del transporte) con las siguientes rutas: Ambato-Esmeraldas y viceversa con 14 frecuencias cada una; Ambato-Quito y viceversa con 7 frecuencias cada una; Pelileo-Quito y viceversa con 2 frecuencias cada una; Ambato- San Lorenzo y viceversa con 5 frecuencias cada una; Ambato-Ibarra y viceversa con 14 frecuencias cada una; Ambato-Atacames y viceversa con 3 frecuencias cada una; Ambato-Guayaquil y viceversa con 14 frecuencias cada una y por ultimo Ambato-Santo Domingo y viceversa con 2 frecuencias cada una. Las principales actividades es el servicio de transporte a pasajeros y envío de encomiendas.

Una de las dificultades a las que se enfrenta esta cooperativa de transporte reside en tener poca información necesaria, ya que solo cuenta con estados financieros y no con indicadores claves de desempeño (KPI) para abalizar las decisiones en relación a la Ley orgánica de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial y en la complacencia del cliente. En cuanto a los recursos tecnológicos disponibles, cuenta con un sistema para el registro de información de transacciones y de diferentes actividades financieras tales como: ingresos por boletos, ingresos de encomiendas, contribuciones de los socios, entre otros., se trata del programa Novo Enterprise ERP, versión 3.2.5.10. No obstante, no cuenta con una herramienta tecnológica para el análisis *Big Data*.

4.2. FASE 2: COMPRENSIÓN DE LOS DATOS

Para la recopilación de los datos, la investigación se divide en tres etapas: la primera consiste en observar y analizar el funcionamiento de la sucursal Ambatermina, entre ellas: listado de los socios, venta de boletos a pasajeros, actividades de las diferentes rutas, frecuencias de salidas y llegadas. Por otro lado, para el análisis *Big Data* se tomó los registros de mayo-octubre 2018 de la actividad principal datos que serán obtenidos en el programa computarizado; la segunda en una investigación de campo para observar los lugares de ascensos/descensos de pasajeros que se realizó en un día típico de la semana desde la ciudad de origen: Ambato hacia las diferentes rutas registro que será llevado en un formato basado por (Posada y González, 2010) en la Tabla 1 Y, por último, la selección

y aplicación de un grupo de indicadores para el área decisional entre ellos: velocidad promedio del vehículo, índice de pasajeros por kilómetro, uso del transporte, edad del parque automotor y quejas presentadas, tomados de (Arango, et al., 2017; Flores, et al., 2017; Posada y González, 2010) en la Tabla 2.

Tabla 1. Formato de seguimiento de ascensos y descensos de pasajeros.

Seguimiento de ascensos y descensos de pasajeros			
Ruta:			
Fecha:			
Hora	Salida:	Llegada:	
Capacidad	Sentadas	De pie:	
Sitio	Suben	Bajan	Acumulada Total
TOTAL			
Causas de demora: 1. Ascensos y descensos de pasajeros, 2. Ascensos y descensos de pasajeros con carga, 3. vehículo estacionado o detenido, 4. Peatones cruzando, 5. Tiempo perdido por el conductor, 6. Fallas mecánicas, 7. Accidente del Omnibus, 8. Peaje			

Fuente: elaboración propia adaptado de Posada y González (2010).

Tabla 2. Indicadores clave de desempeño para área de transporte.

Nombre	Fórmula
Velocidad promedio del vehículo	$\frac{\text{Distancia total recorrida}}{\text{Tiempo total empleado para el desplazamiento}}$
Índice de pasajeros por kilómetro	$\frac{\text{Número de usuarios que se movilizan en la ruta}}{\text{Distancia total recorrida}}$
Uso del Transporte	$\frac{\text{Horas que el vehículo esta ocupado}}{\text{Numero de horas útiles disponibles del vehículo}} \cdot 100$
Edad del parque Automotor	$\frac{\text{Sumatoria de la edad de las unidades}}{\text{Total de unidades}}$
Quejas presentadas	$\frac{\text{Número de quejas presentadas}}{\text{Número de operaciones de la ruta}}$

Fuente: adaptado de Arango, Ruíz, Ortiz y Zapata, 2017; Flores, García, Chica y Mora, 2017; Posada y González, 2010.

4.3. FASE 3: DISEÑO DEL PRE-PROCESAMIENTO

Antes de comenzar a analizar los datos, se comenzará a realizar el diseño del preprocesamiento, con el objetivo de eliminar datos erróneos Figura 1.



Gráfico 1. Diseño del preprocesamiento de la cooperativa de transporte.
Fuente: elaboración propia.

El nuevo archivo consolidado en Excel consta de 76.974 filas y 8 columnas. Las columnas constan con la siguiente información: Fecha venta, hora viaje, sucursal venta, ciudad destino, ruta, número de pasajeros, totales, vendedor Gráfico 2.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Fecha venta	Hora viaje	Sucursal Venta	Ciudad destino	Ruta	N° Pasajeros	Totales	Vendedor
2	1/5/2018	0:15:00	AMBILIRMINA	GUAYAQUIL	AMB/GUAYAQUIL	24	\$181,00	CNARANJO
3	1/5/2018	0:15:00	GUAYAQUIL	RIOBAMBA	GYE/AMBATO	5	\$33,00	YQUINONEZ
4	1/5/2018	0:15:00	GUAYAQUIL	CAIARAMBA	GYF/AMBATO	1	\$5,00	YQUINONEZ
5	1/5/2018	0:15:00	GUAYAQUIL	AMBAIO	GYL/AMBAIO	4	\$30,00	YQUINONEZ
76971	31/10/2018	23:00:00	STODOMINGO	LATAJUNGA	LSM/AMBAIO	1	\$3,75	ACTICIANDEL
76972	31/10/2018	23:45:00	AMBTERMINA	BUCAY	AMB/GUAYAQUIL	4	\$24,25	CNARANJO
76973	31/10/2018	0:45:00	AMBTERMINA	BUCAY	AMB/GUAYAQUIL	4	\$22,00	CNARANJO
76974	31/10/2018	0:15:00	AMBTERMINA	BUCAY	AMB/GUAYAQUIL	2	\$9,50	CNARANJO
76975	31/10/2018	0:15:00	AMBTERMINA	EL TRIUNFO	AMB/GUAYAQUIL	2	\$14,00	CNARANJO
76976	31/10/2018	0:45:00	AMBTERMINA	PALLATANGA	AMB/GUAYAQUIL	3	\$12,50	CNARANJO

Gráfico 2. Base de datos consolidada.
Fuente: programa NOVO Enterprise.

Después de haber consolidado los datos, se añadió las siguientes columnas, tales como: Destino final, C1y frecuencia. Además, se eliminó columnas innecesarias como: Hora viaje, totales, vendedor Gráfico 2.

En la columna “Destino Final” se aplicó la siguiente formula =DERECHA(E2;LARGO(E2)-ENCONTRAR(“/”,E2)), en la columna “C1” se empleó la siguiente formula =F2&TEXT(B2;”hh”&”:”&”mm”). Y por último en “Frecuencia” se utilizó la siguiente formula

=BUSCARV(J2;'Rutas y frecuencias'!\$A\$2:\$B\$60;2;FALSO). La finalidad de este proceso es trabajar con datos dentro de las frecuencias establecidas y eliminar datos erróneos a causa del programa.

Después de haber añadidos y eliminado columnas. Se aplicó filtros, para analizar la sucursal de venta AMBTERMINA, en el cual se observó que hay datos que están fuera de frecuencia, para lo cual, se eliminó. El nuevo archivo Excel consta de 23.793 filas y 8 columnas. Las columnas constan con la siguiente información: Fecha venta, sucursal venta, ciudad destino, ruta, destino final, N° pasajeros y frecuencia Gráfico 3.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Fecha venta	Sucursal Venta	Ciudad destino	Ruta	Destino Final	N° Pasajeros	Frecuencia
2	1/5/2018	AMBTERMINA	GUAYAQUIL	AMB/GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	24	Guaya_13
3	1/5/2018	AMBTERMINA	GUAYAQUIL	AMB/GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	16	Guaya_14
4	1/5/2018	AMBTERMINA	PIFO	AMB/IBARRA	IBARRA	1	Iba_1
5	1/5/2018	AMBTERMINA	CUZUBAMBA	AMB/IBARRA	IBARRA	1	Iba_1
23789	31/10/2018	AMBTERMINA	BUCAY	AMB/GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	4	Guaya_12
23790	31/10/2018	AMBTERMINA	BUCAY	AMB/GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	4	Guaya_14
23791	31/10/2018	AMBTERMINA	BUCAY	AMB/GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	2	Guaya_13
23792	31/10/2018	AMBTERMINA	EL TRIUNFO	AMB/GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	2	Guaya_13
23793	31/10/2018	AMBTERMINA	PALLATANGA	AMB/GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	3	Guaya_14

Gráfico 3. Base de datos para el análisis.
Fuente: programa Novo Enterprise.

4.4. FASE 4: PREPARACIÓN DE DATOS

Análisis de las diferentes rutas desde la ciudad de origen Ambato-Tungurahua, los datos para la aplicación se muestran en el Gráfico 4.

Datos	Ibarra	Esmeraldas	Guayaquil	San Lorenzo	Quito	Santo Domingo	Atacames
Distancia total recorrida	269	379	282	433	130	203	408
Tiempo total empleado para el desplazamiento	5,45	7,47	6,17	11,35	2,50	4,06	8,06
Horas que el vehículo está ocupado	10,90	14,94	12,34	22,70	5,00	8,12	16,12
Número de horas útiles disponibles del vehículo	24	24	24	24	24	24	24
Sumatoria de la edad de las unidades	145	145	145	145	145	145	145
Total de Unidades	62	62	62	62	62	62	62
Número de quejas	4	5	6	5	3	4	5
Número de operaciones	2576	2576	2576	920	1288	368	552
Número de usuarios que se movilizan en la ruta	23284	9961	23727	11229	-----	9959	7815

Gráfico 4. Datos para cálculos de indicadores.
Fuente: A partir de la investigación.

Parámetro evaluado	Unidad	Ibarra	Esmeraldas	Guayaquil	San Lorenzo	Quito	Santo Domingo	Atacames
Velocidad promedio del transporte	km/hora	49,36	50,74	45,71	38,15	52,00	50,00	50,62
Índice de pasajeros por kilómetro	pasajeros/km	86,56	26,28	84,14	25,93	-----	49,06	19,15
Uso de transporte	%	45,42	62,25	51,42	94,58	20,83	33,83	67,17
Edad del parque automotor	años	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34
Quejas presentadas	%	0,16%	0,19%	0,23%	0,54%	0,23%	1,09%	0,91%

Gráfico 5. Resultados obtenidos de los indicadores.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en el Gráfico 5 se presenta los resultados obtenidos de los indicadores clave de desempeño aplicados a diferentes rutas de la ciudad de origen Ambato-Tungurahua durante el periodo de mayo-octubre 2018.

- La velocidad promedio del transporte, el valor alto es de 50,62., esto indica se encuentra acorde a la ley orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, según el art. 191 inciso 2 menciona que los límites máximos y rangos moderados en circulación urbana es igual o menor de 40-50 km/h; en la perimetral es igual o menor de 70-100km/h, en rectas 90-115km/h menor o igual, en curvas 50-65 km menor o igual y en zonas escolares será de 20 km/h.
- El índice de pasajeros por kilómetros, el valor menor es de 19,15 y el valor mayor es de 86.56., lo que indica que mientras más bajo sea su valor, no cuenta con la solvencia económica en relación a sus costos operacionales.
- El indicador de uso de transporte, según Arango, Ruíz, Ortiz, y Zapata (2017) mencionan que el tiempo del conductor sea de 10 horas al día, el valor mayor es de 94,58., indica que sobrepasa su uso, el cual deberá tomar medidas operacionales.
- La edad del parque automotor, según la resolución N°. 139-DIR-2010-CNTTTSV es de 20 años de vida útil total, mientras más bajo sea su valor, esto indica que los transportes están aptos para los usuarios, en cambio, si su valor aumenta, se considera que deberán tomar medidas de cambio o incremento del parque automotor.
- Quejas presentadas, se busca minimizar su valor a 0%, como se observa la ruta Ambato-Santo Domingo es de 1,09% presenta mayor número de quejas, esto indica que se debe tomar medidas calidad de servicio, tales como: buen desempeño al conducir, respeto, amabilidad, presentación del personal, seguridad, entre otros.

4.5. FASE 5: REPRESENTACIÓN DE INFORMACIÓN

Finalmente, con los datos almacenados y el procesamiento de los mismos, se ilustro mediante la herramienta tecnológica “Power BI” con la basa de datos de la sucursal AMBTERMINA hacia los diferentes destinos de mayo-octubre 2018. A continuación, el análisis de los resultados:

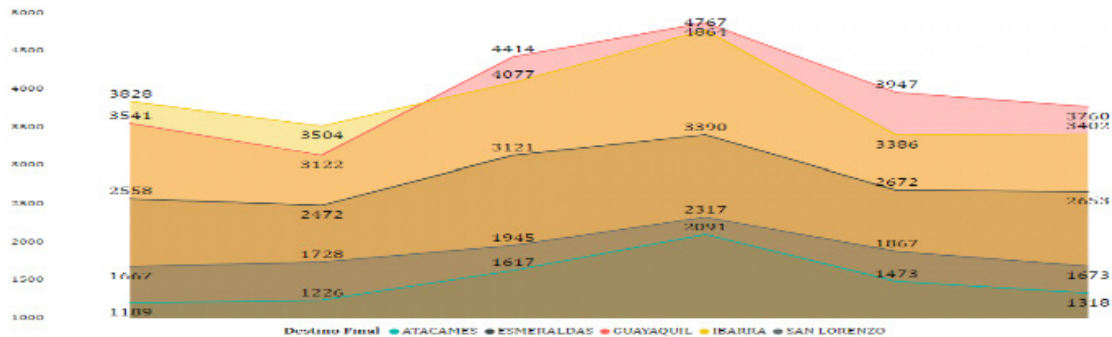


Gráfico 6. Destino final por meses.

Fuente: programa Power BI.

En términos del destino final de los pasajeros del periodo de mayo a octubre 2018, se encontró que la mayor parte de los pasajeros hay mayor influencia de movilización, seguida del mes de julio, agosto y por ultimo septiembre, mientras que los meses de mayo, junio y octubre tienen poca influencia de pasajeros. En síntesis, el aumento o disminución de pasajeros se debe a los múltiples factores, como: la comercialización, actividades propias del ser humano, la educación, las vacaciones, feriados, por trabajo, entre otros., se muestra en el Gráfico 6.

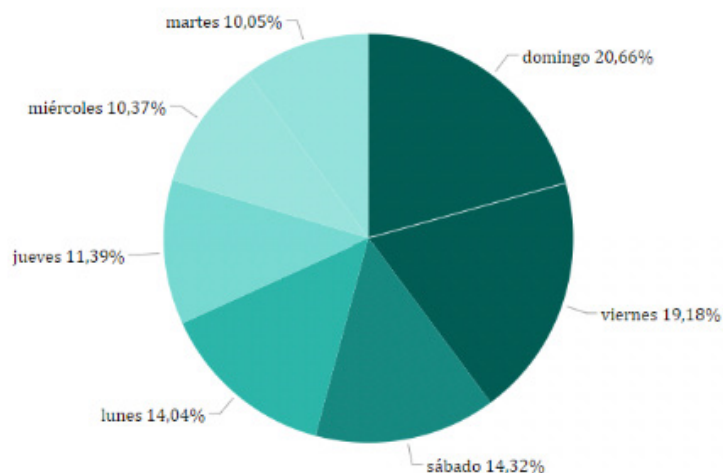


Gráfico 7. Día de la semana con relación a pasajeros.

Fuente: programa power BI.

En la Figura 10 muestra del total de los pasajeros, los días con mayor movilización de pasajeros son el domingo, viernes, sábado y lunes con el 20,66%, 19,18%, 14,32% y 14,04% respectivamente. Mientras que los días con menos influencia de pasajeros es el día jueves, miércoles y martes con el 11,39%, 10,37% y 10,05% respectivamente. En resumen, se puede decir que la segmentación de nuestro estudio, se supone que son pasajeros en su mayoría estudiantes.

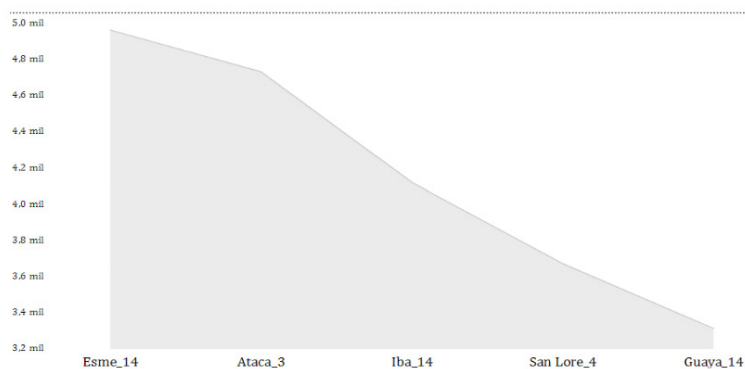


Gráfico 8. Frecuencia por número de pasajeros.

Fuente: programa Power BI.

En el análisis de los datos, se muestra en la Figura 11 que las frecuencias más utilizadas por los pasajeros es la Esme_14, seguida Ataca_ 3, luego Iba_14, la siguiente San Lore_4 y por último Guaya_14 en horas de 22:30 pm, 21:00 pm, 18:00, 14:15 pm y 00:45 am respectivamente. Por lo tanto, la mayoría de pasajeros viajan a partir del mediodía, después de haber terminado sus actividades propias, es decir, siendo el horario de la noche con mayor concurrencia

4.6. FASE 6: EVALUACIÓN

En esta fase se examinaron, cada uno de los procesos su correcto funcionamiento y eficacia, tanto la aplicabilidad de los indicadores clave de desempeño y en análisis de minería de datos de manera que los resultados obtenidos cumplan con el objetivo de investigación

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Uno de los medios principales para la movilización de la población es el servicio de transporte, sea este público o privado. A fin de mejorar la situación de las cooperativas de transporte interprovincial es necesario la identificación y aplicación de un grupo de indicadores claves de desempeño para el apoyo en el proceso de toma decisiones, en este sentido, al emplear los KPI involucra la continua medición y el levantamiento de información. No obstante, los responsables e involucrados de esta

área cuentan con información escasa, por ello, la técnica de la minería de datos se ha convertido en un factor esencial para todo tipo de organización ya que brinda apoyo en la toma de decisiones. Una vez aplicada la metodología, los resultados obtenidos del análisis de minería de datos del periodo de mayo-octubre 2018 muestran que los usuarios se movilizan a diferentes destinos, ordenados de mayor concurrencia como: Guayaquil, Ibarra, Esmeraldas, San Lorenzo y Atacames en los días lunes, viernes, sábado y domingo. En la mayoría, los pasajeros viajan a partir del mediodía, siendo el horario de la noche con mayor concurrencia. Se puede decir que se trasladan de un lugar a otro, evidentemente a causa de la comercialización, actividades propias del ser humanos, la educación, las vacaciones, días feriados, por trabajo, entre otros. Cabe mencionar que la ruta Santo Domingo es una ruta intermedia y la ruta Quito no tiene registro en su sistema por motivo que no venden boletos a ese destino.

Los resultados de los indicadores muestran que cumplen con la normativa de la ley orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, el cumplimiento de estos genera aspectos importantes para la sociedad como: disminución de accidentes, bienestar y seguridad para los usuarios. Además, tomar medidas precautelares y mejorar la calidad del servicio, como: desempeño al conducir, respeto, atención, imagen del personal, seguridad, entre otros. Con respecto a los Indicadores revelan que la velocidad promedio del transporte se ve intervenido por la ley orgánica de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial. Dicha regularización y control se da por entidades como la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) y Gobiernos Autónomos descentralizados (GAD). Por otro lado, el índice de pasajeros de kilómetro es un indicador de eficiencia de rentabilidad. Sin embargo, esto puede ser influenciado por las paradas y las sucursales dentro de ellas. Es importante considerar que el uso del transporte no debe sobrepasar a los límites de riesgo del conductor y del transporte, con respecto al transporte, se deberá tomar medidas de mantenimientos continuos. Además, la edad del parque automotor, se considera como elemento de seguridad y calidad del servicio hacia el cliente, es decir, indica las condiciones del transporte sean aptos para la utilización del usuario. Para lo cual, se debe tomar medidas de renovación en concordancia con el cuadro de aplicación de la vida útil total. Por último, la métrica de quejas presentadas sirve para mejorar la calidad del servicio, como: desempeño al conducir, respeto, atención, imagen del personal, seguridad, entre otros.

Además, según la investigación de campo realizada en un día típico de la semana, muestran que el aumento o disminución de pasajeros puede variar dependiendo por el número de frecuencias, el recorrido, y las sucursales dentro de ellas, en tal sentido que los ingresos son favorables acorde a los costos operacionales.

En definitiva, aquellas cooperativas que prestan servicio de transporte de pasajeros, deberán adoptar, en el análisis de la organización, la necesidad de contar con un grupo de Indicadores Clave de Desempeño para que facilite el proceso de toma de decisiones del nivel gerencial en concordancia con la Ley, con la finalidad de cumplir con los objetivos de la institución. Además, la técnica de minería de datos apoya a efectuar de manera más sencilla el análisis de resultados a través de herramientas tecnológicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, L., Cuevas-Vargas, H., & González, M.** (2015). The Impact of information and communication technologies on the competitiveness: evidence of manufacturing smes in Aguascalientes, Mexico. *International Review of Management and Business Research*, 4(3), pp. 758-770.
- Arango, M. D., Ruíz, S., Ortiz, L. F., & Zapata, J. A.** (2017). Indicadores de desempeño para empresa del sector logístico: Un enfoque desde el transporte de carga terrestre. *Revista chilena de ingeniería*, 25(4), pp. 707-720.
- Botello, H., & Pedraza, A.** (2014). Las tecnologías de la información y la comunicación y el desempeño de las firmas: evidencia de las firmas industriales del Ecuador. *Revista Ciencias Estratégicas*, 22(31), pp. 19-32.
- Braga, G. K., & Fonseca, M. J.** (2010). From record keeping to Key performance Indicators: Managing quality in compounding pharmacies. *International Journal of Pharmaceutical Compounding*, 14(2), pp. 136-139.
- Castorena, J. A., Silva, A. E., Domínguez, A. J., & Rodríguez, D. L.** (2018). El uso de herramientas tecnologías de minería de datos en el análisis de datos climatológicos. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Computacionales e Informática*, 7(13), pp. 1-18. doi: <http://dx.doi.org/10.23913/reci.v7i13.75>

- Fernández de Córdoba, M. B.** (2017). El transporte público terrestre y la accesibilidad, instrumentos para el análisis funcional del sistema de asentamientos: el caso de Ecuador. *Estoa. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 6(11), pp. 83-97. doi: <http://dx.doi.org/10.18537/est.v006.n011.a06>
- Flores, E., García, J., Chica, J., & Mora, E.** (2017). Identificación y análisis de indicadores de sostenibilidad para la movilidad. *Estoa*, 6(11), pp. 99-109. doi: <http://dx.doi.org/10.18537/est.v006.n011.a07>
- Gervilla, E., Jiménez, R., Montaña, J. J., Sese, A., Cajal, B., & Palmer, A.** (2009). La metodología del Data Mining. Una aplicación al consumo de alcohol en adolescentes. *Ediciones*, 21(1), pp. 65-80. doi: <http://dx.doi.org/10.20882/adicciones.253>
- Khazanchi, S., Lewis, M., & Boyer, K.** (2007). Innovation-supportive culture: the impact of organizational values on process innovation. *Journal of Operations Management*, 25(4), pp. 871-884. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2006.08.003>
- Kyunf, J. C., Kim, Y. S., Park, B., & Choong, K. L.** (2015). Knowledge Management Technologies for Collaborative Intelligence: A Study of Case Company in Korea. *Revista internacional de redes de sensores distribuidos*, pp. 1-10. doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/368273>
- Leonard, E. I., & Castro, Y.** (2013). Metodologías para desarrollar almacén de datos. *Revista de arquitectura e Ingeniería*, 7(3), pp. 1-12.
- López, D., Torres, F., Núñez, S., & Cevallos, G.** (2018). System of public transportation of passengers, its chaining and displacement towards the commerce. *Revista Ingeniería*, 25(1), pp. 10-18.
- Méndez, J.** (2018). Desarrollo, movilidad y economía social en Baja California: cooperativas de transporte (1930-1960). *América Latina en la historia económica*, 25(2), pp. 210-238. doi: <http://dx.doi.org/10.18232/alhe.v25i1.853>
- Méndez, M. T.** (2008). El impacto de las tic en la información contable Empresarial. *Economía Industrial* (370), pp. 69-74.

- Ongori, H., & Migiro, S.** (2010). Information and communication technologies adoption in SMEs: literature review. *Journal of Chinese Entrepreneurship*, 2(1), pp. 93-104. doi: <http://dx.doi.org/10.1108/17561391011019041>
- Posada, J. J., & González, C. A.** (2010). Metodología para estudio de demanda de transporte publico de pasajeros en zonas rurales. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioqui* (53), pp. 106-118.
- Rivadera, G.** (2010). La metodología de Kimball para el diseño de almacenes de datos (Data warehouses). *Cuadernos de la facultad* (5), pp. 56-71.
- Spiezia, V.** (2011). Are ICT Users More Innovative?: an Analysis of ICT-Enabled Innovation in OECD Firms. *OECD Journal: Economic Studies*, 1, pp. 99-119. doi: http://dx.doi.org/10.1787/eco_studies-2011-5kg2d2hkn6vg
- Stroe, A. M.** (2017). The importance of performance indicators in analyzing business. *Challenges of the Knowledge Society*, pp. 737-741.
- Vanegas, E.** (2013). Sistema de inteligencia de negocios para acueducto y alcantarillado. *3 c TIC: cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*, 2(5), pp. 1-14.
- Zapata, C. M., & Castro, L. F.** (2016). A method based on patterns for deriving key performance indicators from organizational objectives. *Polibits* (53), pp. 55-64. doi: <http://dx.doi.org/10.17562/PB-53-6>

/02/

KANBAN. METODOLOGÍA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS

KANBAN. METHODOLOGY TO INCREASE PROCESS EFFICIENCY

Laura Castellano Lendínez

Graduada en Ingeniería Mecánica. Universidad de Jaén.
Jaén, España.

Máster en Ingeniería de Organización y Logística. Universidad Politécnica de Valencia.
Valencia, España.

E-mail: laucasle@epsa.upv.es ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7763-3082>

Recepción: 23/02/2018. **Aceptación:** 02/10/2018. **Publicación:** 25/03/2019

Citación sugerida:

Castellano Lendínez, L. (2019). Kanban. Metodología para aumentar la eficiencia de los procesos. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 8(1), pp. 30-41. doi: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n1e29/30-41>

RESUMEN

En el presente artículo se analiza la metodología Kanban y sus principales características. Esta metodología busca conseguir un proceso productivo, organizado y eficiente. Se creó en Toyota (Japón) y se utiliza para controlar el avance del trabajo en una cadena de producción. Forma parte de la metodología Lean Manufacturing basada en la utilización de técnicas just-in-time (JIT).

El principal objetivo del sistema Kanban es asegurar una tasa de producción sostenible para evitar exceso de producto terminado, cuellos de botella y retrasos en la entrega de pedidos. Los trabajos en curso deben organizarse en función de la capacidad del centro de trabajo y equipos. Requiere una comunicación en tiempo real sobre la capacidad y una transparencia del trabajo total.

ABSTRACT

The present paper depicts the Kanban methodology and its main characteristics. This methodology seeks to achieve a productive, organized and efficient process. This technique was created in Toyota to control the progress of the work carried throughout a supply chain. Kanban is part of the Lean Manufacturing methodology which is based on the use of just-in time (JIT) techniques.

The main objective of Kanban is to ensure a sustainable production to prevent excess of final product, bottleneck and delay in the delivery. The work in progress must be organised in accordance with the capacity of the work centres and work equipment. The system requires real-time communication on the capacity. Additionally, a is required transparency of total work.

PALABRAS CLAVE

Sistema Kanban, Procesos productivos, Gestión de inventarios, Stock cero, Sistema Pull.

KEYWORDS

Kanban Systems, Production process, Inventory management, Zero stock, Pull system.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los factores clave para las empresas cuyo objetivo es alcanzar la máxima eficacia y eficiencia en sus procesos es la implementación de sistemas de producción.

Existen numerosos métodos orientados al mejoramiento de los procesos, de los cuales, resaltan métodos japoneses caracterizadas por los resultados que estos ofrecen. La mayoría de las técnicas japonesas relacionadas con el desarrollo de nuevos modelos de organización industrial surgen a partir de la reconstrucción de la economía japonesa. Estas técnicas conllevan a una revisión íntegra y el perfeccionamiento de los modelos organizaciones, reorganizando los recursos mediante la integración de nuevos factores con la idea de conseguir mayor flexibilidad, nuevos conceptos de calidad y cambios importantes en las relaciones laborales.

Por otro lado, la reducción de la vida de los productos ha sido otro de los grandes objetivos que conllevan la ejecución de las metodologías japonesas. Es decir, reducir las existencias e incluso eliminarlas siempre que sea posible. Consecuentemente las empresas japonesas han obtenido altos niveles de rotación de existencias que las han llevado a aumentar la productividad.

De entre todos los métodos y sistemas desarrollados se encuentra el Sistema Kanban.

Kanban es un método visual para controlar la producción, formado por un sistema de señales a lo largo de toda la cadena de producción que controla el proceso de reabastecimiento y empieza con el conocimiento de lo que el cliente demanda, hasta que se obtiene el producto final. El sistema Kanban se encarga de controlar que las piezas o componentes que se encargan en la cadena de producción se realicen en cantidades suficientes para reemplazar las que ya se han utilizado, consiguiendo así una producción sin existencias.

En el presente trabajo se describe el funcionamiento de este sistema Kanban basado en los principios de Lean. Kanban es popular entre las empresas u organizaciones que buscan aumentar la flexibilidad de su negocio y de este modo mejorar la gestión de los servicios que proporcionan a sus clientes, sin tener que realizar cambios relativamente grandes en la estructura organizativa o cargos de trabajo.

2. TÍTULOS

Para la introducción del sistema Kanban que se desarrolla en este artículo se ha complementado con los siguientes artículos como fuente de información. Esta fuente de información ha sido utilizada como referencia para la realización del artículo.

Antecedente n°1

“LOS SISTEMAS JUST-IN-TIME/KANBAN, UN PARADIGMA PRODUCTIVO”, por Huberto Juárez Núñez.

El autor de este artículo describe la historia y orígenes del sistema Kanban. En este documento se recoge una amplia información sobre los efectos y el impacto que provocó la implantación de este sistema en las estructuras productivas occidentales. El autor concluye en que el modelo Kanban ha modificado fuertemente la cultura productiva e impulsado procesos de innovación con miras al perfeccionamiento y la profundización de las propuestas originales.

Antecedente n°2

“MEJORAMIENTO DE PROCESOS DE MANUFACTURA UTILIZANDO KANBAN”, por Martin Darío Arango Serna, Luis Felipe Campuzano Zapata y Julián Andrés Zapata Cortes.

Según los autores Martin Darío Arango Serna, doctor en Ingeniería Industrial, Luis Felipe Campuzano Zapata, magister en Ingeniería Administrativa y Julián Andrés Zapata Cortes, magíster en Ingeniería Administrativa presentan en su publicación la aplicación de la metodología Kanban y el análisis del efecto que puede generar en una empresa de fabricación de transformadores de distribución. El artículo describe la metodología Kanban basada en seis reglas naturales y hace hincapié en que el requisito primordial para la implantación del sistema Kanban es la formación del personal y la organización de los procesos.

Antecedente n°3

“SISTEMAS DE PRODUCCIÓN TIPO KANBAN: DESCRIPCIÓN, COMPONENTES, DISEÑO DEL SISTEMA, Y BIBLIOGRAFÍA RELACIONADA”, por Oscar Javier Parra Ortega.

En este artículo se encuentra una descripción del mecanismo de operación de un sistema Kanban, los elementos que los componen, además de la propuesta de un modelo heurístico para determinar el número de Kanban con el objetivo de minimizar el coste promedio del inventario en proceso.

3. METODOLOGÍA

La filosofía de gestión de operaciones JIT (just in time), la cual se traduce en un sistema que tiende a producir lo que se requiere, en el momento que se necesite, con la calidad especificada y sin desperdiciar recursos del sistema, formada por una serie de componentes necesarios para reducir el nivel de inventarios, así como de satisfacer la demanda en el tiempo requerido. Dentro de los componentes que forma esta filosofía se encuentra Kanban. El significado literal de Kanban es “tarjeta” o “señal”.

La misión del sistema Kanban es el control de los materiales para conseguir que el inventario de producto semiterminado recorra toda la cadena de suministro desde el cliente hasta los proveedores. Cada proceso que ocurre a lo largo de la cadena de suministro de una empresa debe producir al ritmo que se necesitan los productos y hacer reposición de las unidades consumidas.

Para la implementación del sistema Kanban es necesario que la empresa tenga aplicado un sistema de control de producción tipo Pull. Este sistema de control de producción planifica la producción de sólo lo que la empresa enviará al cliente, es decir, producir en función de la demanda, por lo que todo lo que se produzca fuera de la planificación se considerará sobreproducción, la cual será una fuente de desperdicio importante para la empresa.



Figura 1. Sistema de control de producción tipo Pull.

Fuente: elaboración propia.

El sistema tradicional de producción se denomina Push. El sistema Push se asocia con los sistemas de MRP (Material Requirement Planning), los procesos de producción se programan y los materiales necesarios para la obtención del producto final se ordenan y se fabrican con el fin de crear un stock basado en la previsión de la demanda. En este caso los procesos van empujando a los procesos siguientes a producir, por lo que el flujo va desde las materias primas hasta el cliente final. La principal desventaja de este sistema es la producción en grandes cantidades o grandes lotes, lo que conlleva a coste elevado en stock en curso.

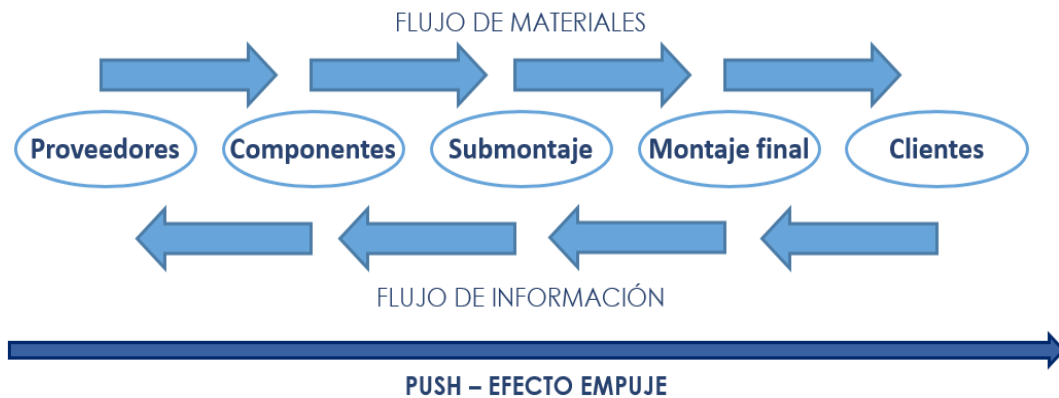


Figura 2. Sistema tradicional de producción tipo Push.

Fuente: elaboración propia.

El sistema Kanban está basado en una serie de principios, los cuales son:

- Visualización: Kanban permite tener una visualización total del desarrollo de las tareas de la cadena de producción, lo que facilita la organización y la realización de modificaciones si fuera necesario en el equipo.
- Calidad: Es importante que todo lo que se haga se debe hacer bien desde el principio.
- Disminución de los desperdicios: Hacer lo justo y necesario.
- Priorización – flexibilidad: Realizar una gestión adecuada del tiempo con un orden coherente para facilitar el trabajo de todo el equipo. Las tareas se pueden priorizar.
- En proceso: Kanban promueve la continua modificación de las actividades a realizar.

- Mejora continua: La mejora es infinita por lo que se debe mejorar continuamente los procesos en función de los objetivos definidos.

4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA KANBAN

Kanban consiste en un sistema de señales visuales de control de producción que mantiene activo el proceso de reabastecimiento. Para mandar la señal de reabastecimiento existen una amplia variedad de métodos, desde tarjetas o tableros, señales visuales o electrónicas. La elección de un método de aviso u otro dependerá de las condiciones de la empresa, así como de las características del producto.

Una cadena de suministro o producción está formada por una serie de centros de trabajo, los cuales están conectados entre sí y por los que el flujo de información y materiales circula desde el inicio hasta el fin. Cada uno de los centros de trabajo está conformado por equipos que pueden ser máquinas y operarios que trabajan en paralelo y realizan las actividades pertenecientes a su centro de trabajo.

Con el objetivo de regular el flujo de producción entre los diferentes centros de trabajo, el sistema Kanban a través de señales que indican cuando se necesita más material controla el reaprovisionamiento. Es decir, el centro de trabajo que esté aguas arriba mediante la señal Kanban siempre pedirá el material que necesita al centro de trabajo anterior. Una vez que un centro de trabajo realice todas las tareas, deberá pedir al proceso anterior lo que necesita para continuar produciendo y tenerlo listo justo a tiempo.

El primer centro de trabajo de la cadena proporcionará la materia prima y el último centro entregará el pedido al cliente en el momento que lo demande. Los centros de trabajo intermedios el producto semiacabado irá recorriendo toda la cadena y el material necesario para su fabricación irá pasando el proceso justo cuando lo demande el proceso aguas arriba.

Un diseño adecuado del sistema Kanban es esencial para la gestión y control de la producción. Kanban genera las cantidades de producción necesarias en el momento requerido, reduce inventario y elimina actividades que no generan valor en la cadena de producción, reduciendo así elevados costes de producción.

5. OBJETIVOS DEL SISTEMA KANBAN

Los objetivos principales que se pretenden conseguir con el sistema Kanban son:

- Establecer una programación en la que se pueda visualizar la producción.
- Controlar el flujo de material.
- Impulsar el mantenimiento de los procesos estandarizados.
- Evitar la sobreproducción.
- Controlar los inventarios.
- Incrementar y mejorar la comunicación entre procesos y centros de trabajo.
- Minimizar el producto en proceso.

6. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA KANBAN

Para la implementación correcta del sistema Kanban será necesario seguir una serie de pasos:

1. Formar a todo el equipo de trabajo en la metodología Kanban y tomar conciencia de los beneficios y ventajas que presenta este sistema.
2. No es necesario implementar Kanban de primeras en todos los procesos de la cadena, sería conveniente analizar los centros con más problemas para detectar posibles problemas que se desconocían.
3. Implementar Kanban en el resto de los centros de trabajo. El operario correspondiente con el centro de trabajo será la fuente de información más importante, el cual aportará opiniones e ideas para mejorar el sistema.
4. Mantenimiento y revisión continúa del sistema Kanban.

7. CONCLUSIONES

El sistema Kanban representa una parte de realmente importante en el desarrollo de los sistemas Just InTime. Este sistema permite reducir de manera drástica los niveles de inventario de productos en proceso en la cadena de suministro, como resultado de producir únicamente lo que se necesita.

La fase de implementación de este sistema será complicado y largo. La empresa deberá estar cerca de una serie de condiciones como una demanda regular del cliente, baja variación de producto y cambios rápidos. Al comienzo de la implantación la línea de producción contará con grandes cantidades de Kanban y se irán reduciendo poco a poco la cantidad de stock de manera planificada para detectar posibles problemas y así poder eliminarlos. El hecho de reducir los niveles de inventario dejará a la luz números problemas que existen en el proceso de producción y que se desconocían.

Kanban es particularmente útil en los centros de trabajo en los que los productos y equipos dependen de las personas. Los problemas más destacados son producidos por retrasos en las entregas, carga de trabajo no equilibrada, cuellos de botellas en los centros, reparto de multitareas. Actualmente la mayoría de las empresas han implantado o están en proceso de adoptar este sistema que les permita mejorar su capacidad de respuesta a la demanda del cliente o mayor rapidez de respuesta ante cambios imprevistos, aprovechar la capacidad de los recursos y equipos, disminuir los desperdicios hasta llegar a eliminarnos, reducir las esperas y por lo tanto lograr aumentar la rentabilidad y alcanzar todos los objetivos definidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arango Serna, M., Campuzano Zapata, L., & Zapata Cortes, J.** (2015). Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban. *Revista Ingenierías Universidad De Medellín*, 14(27), pp. 221-233. doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.22395/rium.v14n27a13>
- Herramientas Lean Manufacturing más importantes y cómo implantarlas.** Recuperado de: <https://leanmanufacturing10.com/herramientas-lean-manufacturing-mas-importantes-implantarlas>
- Juárez Núñez, H.** (2002). Los sistemas just-in-time/Kanban, un paradigma productivo. *Política y Cultura*, (18), pp. 40-60. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/revista.oa?id=267>
- Parra Ortega, O. J.** (2008). Sistemas de producción tipo kanban: Descripción, componentes, diseño del sistema, y bibliografía relacionada. *Panorama*, 2(6). doi: <http://dx.doi.org/10.15765/pnrm.v2i6.219>

Poler Escoto, R. (2018) *Sistemas de Producción Ajustada. Elementos de los Sistemas de Producción Ajustada.* Universidad Politécnica de Valencia. Material no publicado.

/03/

CONTROL DEL PAR EN MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA POR CONTROL DE MODELO INTERNO (IMC)

TORQUE CONTROL IN DIRECT CURRENT MOTORS BY INTERNAL MODEL CONTROL (IMC)

Fernando Serrano

Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC).
Tegucigalpa, Honduras.

E-Mail: serranofer@eclipse.eu ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8800-7578>

Benigno A. Rodríguez-Gómez

Departamento de Ingeniería Industrial.
Universidad de A Coruña.
A Coruña, España.

E-Mail: benigno.rodriguez@udc.es ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0424-5764>

Marco A. Flores Barahona

Instituto de Energía, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Honduras.
E-Mail: marco.flores@unah.edu.hn ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0203-5592>

Recepción: 23/02/2018. **Aceptación:** 02/10/2018. **Publicación:** 25/03/2019

Citación sugerida:

Serrano, F., Rodríguez Gómez, B. A. y Flores Barahona, M. A. (2019). Control del Par en Motores de Corriente Directa por Control de Modelo Interno (IMC). *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 8(1), pp. 42-63. doi: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n1e29/42-63>

RESUMEN

El control del par para motores de corriente continua, motores de imán permanente y actuadores lineales tiene aplicación en áreas como robótica, mecatrónica y otros mecanismos. Se muestra el desarrollo teórico y simulación numérica de controladores de torque para estos motores por medio de controladores de modelo interno. Se considera la saturación del motor, con esta restricción el controlador propuesto toma en cuenta el efecto de "windup" que produce mal rendimiento o incluso la inestabilidad del sistema en lazo cerrado.

ABSTRACT

The torque control of DC motors, permanent magnet motors and linear actuators has application in areas such as robotics, mechatronics and other mechanisms. It shows the theoretical development and numerical simulation of torque controllers for these motors by means of internal model controllers. The saturation of the motor is considered; with this restriction the proposed controller considers the effect of "windup" that produces bad performance or even the instability of the system in closed loop.

PALABRAS CLAVE

Control del par motor, Motor corriente continua, Control de modelo interno, Anti-windup.

KEYWORDS

Torque control, DC motor, Internal model control, Anti-windup.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente se experimenta una gran demanda de actuadores, debido a los avances en los campos de la robótica, la mecatrónica, los vehículos aéreos no tripulados, y otras áreas Nana, et al., (2017). Cada actuador dependiendo de sus grados de libertad, necesita ser provisto de sus perfiles de torque, esto conlleva la necesidad de implementar controladores para sistemas no lineales o complejos que puedan funcionar en conjunción con otro controlador central. A pesar de que el control de motores de corriente directa se ha estudiado desde hace décadas, existe actualmente una carencia de alternativas para el control de par de los mismos, ya que, por lo general, las técnicas de control están orientadas a motores de imán permanente o de inducción. Así en Matsuyama, et al., (2017), se utiliza un método de compensación de error por medio de discretización para un motor de alta velocidad implementando control de par directo. Tabbache, et al., (2017) implementan el control directo de par de un motor de inducción para una aplicación en vehículos eléctricos. En Wada, et al., (2017) se encuentra un caso interesante para el control de par de un motor de imán permanente, usando una estrategia adecuada para las aplicaciones de los motores de imán permanente en robótica.

Los controladores PID han sido ampliamente utilizados en la industria desde hace décadas, y mantienen su vigencia a pesar de su relativa simplicidad. Ejemplos de controladores PID para estabilizar sistemas de una entrada y una salida, y de múltiples entradas y múltiples salidas en sus versiones lineales y no lineales se encuentran en Belkadi, et al., (2017) donde se propone un controlador robusto para un exoesqueleto. Li et al. (2017) desarrollan un método de diseño de controlador PID de orden fraccionario para un regulador automático de voltaje mediante optimización por enjambre de partículas. En Chu, et al., (2017) se propone un PID en modo deslizante basado en un estimador neuronal para garantizar la estabilidad y robustez frente a la incertidumbre, en el giroscopio de sistemas micro electromecánicos MEMS. Los controladores PID también han servido para estudiar el problema de la sincronización exponencial de sistemas caóticos tal como se muestra en Zhang, et al., (2017). En Lamba, et al., (2017) se muestra un controlador PID de orden fraccionario para el control de potencia en un reactor presurizado de agua pesada proporcionando una adecuada estrategia de control para resolver esta clase de problemas.

Aunque el control PID es una estrategia efectiva y vigente, en nuestro estudio nos centraremos en evitar los efectos de la saturación para el control de par en motores de corriente continua por lo

que se desarrollará una estrategia orientada al control “anti-windup” puesto que el efecto “windup” produce un rendimiento pobre o incluso la inestabilidad del sistema. Con este fin se han utilizado en las últimas décadas, controladores basados en modelo interno debido a que proveen estabilidad y rendimiento robusto. En esta línea se encuentran los trabajos de Barros and Barros (2017), y de Azar and Serrano (2015) en los que se establecen varias estrategias basadas en modelo interno, logrando soluciones satisfactorias. Particularmente en estos últimos autores proponen un controlador “anti-windup” que considera las entradas saturadas tanto para el caso de sistemas de una entrada y una salida como para sistemas de múltiples entradas y múltiples salidas. La relevancia de eliminar el fenómeno de windup mediante un diseño adecuado del controlador es abordada en los trabajos de Ahmed and Iqbal (2017) que diseñan un controlador anti-windup para un actuador con entradas saturadas, obteniendo excelentes resultados en lo que se refiere a rendimiento. Otros casos de controladores “anti-windup” se implementan en aeronáutica como por ejemplo Ping, et al., (2017); Zheng, et al., (2017); Liu, et al., (2017b) mientras que en el control de sistemas eléctricos y de potencia se encuentran Oliveira, et al., (2017); Makrygiorgou and Alexandridis (2017). Más casos relacionados al control “anti-windup” se pueden ver en Akram, et al. (2017); Liu, et al. (2017a); Adegbege and Heath (2017); Singh, et al., (2017).

En este trabajo se propone un procedimiento de diseño del control de torque para motores de corriente continua mediante un controlador de modelo interno IMC, tanto para el caso continuo como para el discreto, en ambos casos se buscará un modelo de la saturación. El par del motor es la salida de la función de transferencia del motor de corriente continua, y el IMC procurará el seguimiento del perfil del par deseado. Se diseñó un IMC discreto de par para su posible realización sobre una plataforma hardware que funcione con un tiempo de muestreo grande. Este trabajo se estructura como sigue: primero se explica la formulación del problema, luego se desarrolla el diseño del IMC de par para tiempo continuo y para tiempo discreto; y por último se presentan las secciones con la simulación numérica, el resultado experimental y sus respectivas conclusiones.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El modelo matemático para un motor de corriente continua controlado por armadura, manteniendo constante la corriente de campo, se compone de una parte eléctrica y otra mecánica que se enlazan entre sí. La parte eléctrica supone un circuito de una única malla alimentado por una tensión $v(t)$ en el que se encuentran en serie una resistencia de armadura R_a , una bobina de armadura L_a , y en el que se hace presente una fuerza contraelectromotriz $e_a(t)$, la malla es recorrida por una corriente $i_a(t)$ de tal manera que su comportamiento se rige por la ecuación (1):

$$v(t) = R_a i_a(t) + L_a \frac{di_a(t)}{dt} + e_a(t) \quad (1)$$

Bajo las condiciones expuestas, se genera un par $T(t)$ proporcional a la corriente de armadura $i_a(t)$, por lo que la ecuación anterior se puede describir como (2):

$$v(t) = \frac{R_a}{K} T(t) + \frac{L_a}{K} \frac{dT(t)}{dt} + e_a(t) \quad (2)$$

La parte mecánica del modelo supone que el par $T(t)$ se emplea en vencer la inercia y la fricción de los elementos en rotación, tal como indica la ecuación (3):

$$T(t) = B \omega(t) + J \frac{d\omega(t)}{dt} \quad (3)$$

Siendo $\omega(t)$ la velocidad angular de rotación del motor, y B el coeficiente de fricción viscosa. La fuerza contraelectromotriz $e_a(t)$ es una tensión inducida proporcional al producto del flujo que es constante por la velocidad angular $\omega(t)$. Lo que permite escribir (2) como (4):

$$v(t) = \frac{R_a}{K} T(t) + \frac{L_a}{K} \frac{dT(t)}{dt} + K_a \omega(t) \quad (4)$$

Tomando transformadas de Laplace en las ecuaciones (3) y (4), sea despejando $\Omega(s)$ $\Omega(s) = L[\omega(t)]$ en la transformada de (3), y sustituyendo su valor en la transformada de (4) llegamos a establecer

una relación en el dominio de Laplace entre la tensión aplicada a la armadura del motor $v(t)$ y el par producido $T(t)$, tal como aparece en la ecuación (5):

$$V(s) = \left(\frac{R_a}{K} + \frac{L_a s}{K} + \frac{K_a}{(Js+B)} \right) T(s) \quad (5)$$

Que puede ser rescrita como la función de transferencia de la ecuación (6):

$$\frac{T(s)}{V(s)} = \left(\frac{K(Js+B)}{(Js+B)(L_a s + R_a) + KK_a} \right) \quad (6)$$

Generalmente la bobina de la armadura L_a , presenta valores pequeños, y la expresión anterior puede ser aproximada por otra que representa a un sistema de primer orden tal como recoge la ecuación (6):

$$\frac{T(s)}{V(s)} = \left(\frac{K(Js+B)}{JR_a s + (R_a B + KK_a)} \right) \quad (7)$$

Por tanto, el par $T(t)$ puede ser observado a través de la medida de la corriente de armadura $i_a(t)$, y controlado mediante la tensión $v(t)$ aplicada a la armadura.

3. CONTROL DE PAR POR MODELO INTERNO PARA EL MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA

En esta sección se desarrolla el proceso de diseño de los controladores de par IMC para motores de corriente directa, tanto en tiempo continuo como en tiempo discreto. En este último caso se tendrá en cuenta que el tiempo de muestreo es fundamental para que el controlador estabilice el sistema en lazo cerrado, y que la implementación de este dispositivo tiene como restricción la velocidad del hardware.

Se pretende que ambos controladores IMC tanto en tiempo continuo como discreto sigan perfiles de par que pueden provenir de un control centralizado, tal sería el caso de un controlador en modo deslizante, por ejemplo, que le provea el par de referencia para los motores de corriente directa que

se empleen en la junta de un robot, ya sea del tipo serie o paralelo, o algún otro tipo de mecanismo o vehículo no tripulado.

El control de modelo interno que se explica en esta sección consiste en establecer un controlador robusto para obtener la estabilidad interna del sistema, ante la presencia de incertidumbres, como la dinámica no modelada o las perturbaciones externas; y se garantiza el rendimiento del sistema por medio de la minimización de un índice de rendimiento dado por la norma $H2$ o $H1$ tal como se expone en Azar and Serrano (2015).

3.1 CONTROLADOR CONTINUO DE PAR DE MODELO INTERNO PARA MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA

Para el diseño del controlador de par de modelo interno se considera que tanto en el caso continuo como en el discreto la estructura de control es la mostrada en la Figura 1, estando definidas las funciones en el espacio s para el caso continuo, y en el espacio z para el caso discreto.

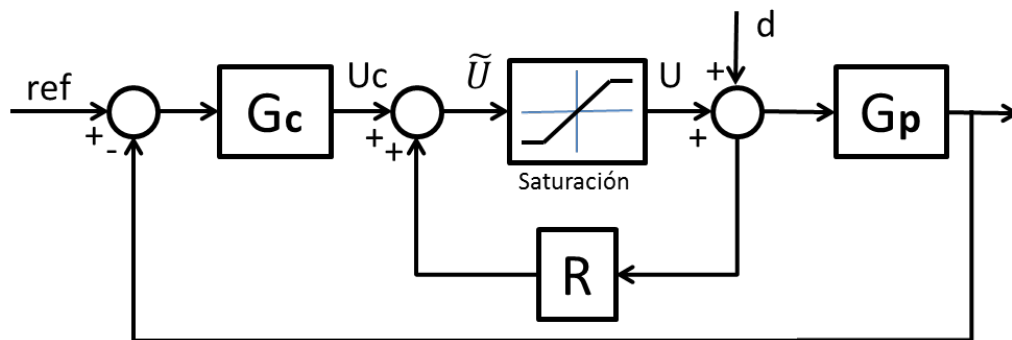


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema de control.

Fuente: elaboración propia.

Siendo G_c la función de transferencia del controlador, R es el compensador anti-windup y G_p es la función de transferencia entre el par T y la tensión de armadura V , que en el caso continuo corresponde a la ecuación (6), y en el caso discreto sería la aproximación correspondiente en el plano z . La referencia será el perfil de par que deba seguir el motor de corriente directa.

En el caso continuo la función de transferencias del compensador se corresponde con un filtro pasa baja de primer orden tal como se expresa en la ecuación (8), donde los coeficientes a_1 y a_0 se eligen para situar el polo del filtro en un lugar conveniente del plano s :

$$R(s) = \frac{1}{a_1 s + a_0} \quad (8)$$

En la Figura 2 se puede observar el diagrama de bloques que muestra la estructura para el diseño del controlador de par de modelo interno, cuya explicación se encuentra con más detalle en Azar and Serrano (2015).

Para obtener el controlador IMC se siguen los pasos indicados en Azar and Serrano (2015), que se resumen a continuación:

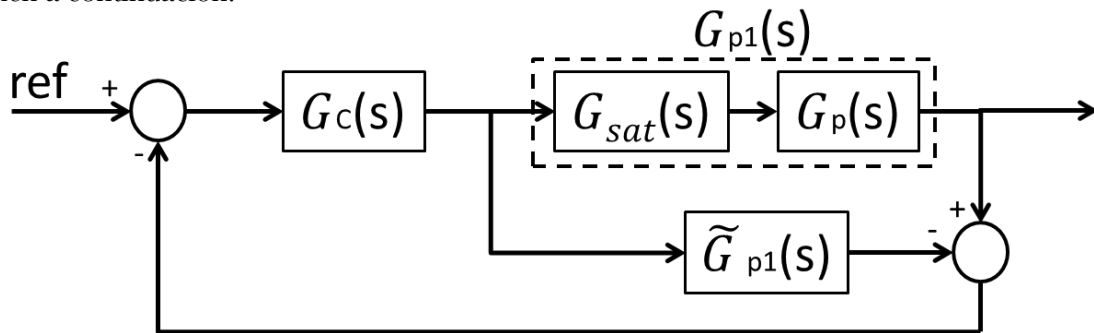


Figura 2. Estructura de control por modelo interno.

Fuente: elaboración propia.

La función de transferencia de saturación tomará la forma dada en (9):

$$G_{sat}(s) = \frac{\alpha + \beta \Delta \dot{\Phi}}{1 - R(s)(\alpha + \beta \Delta \dot{\Phi})} \quad (9)$$

Los elementos de esta función han de cumplir las relaciones indicadas en (10):

$$\begin{aligned} U &= (\alpha + \beta \Delta \varphi) \\ \llbracket \Delta \varphi \rrbracket &< 1 \\ \alpha + \beta &= 1 \\ \alpha - \beta &= a \end{aligned} \quad (10)$$

Por su parte la función de transferencia del motor obtenida en (7) va a ser aproximada por el modelo (11):

$$G_p(s) \cong \frac{k s^{-\theta s}}{\tau s + 1} \quad (11)$$

La función de transferencia $G_{p1}(s)$ que agrupa en serie al motor $G_p(s)$ y el modelo de saturación $G_{sat}(s)$ se dividirá en dos partes:

$$G_{p1}(s) = p_{1m} \cdot p_{1A} \quad (12)$$

Donde p_{1A} contiene todos los ceros que tienen parte real positiva, con sus retardos, y p_{1m} engloba el resto de los polos y ceros de $G_{p1}(s)$, tal como se expresa en (13):

$$\begin{aligned} p_{1A}(s) &= e^{-\theta s} \\ p_{1m}(s) &= \frac{k(\alpha + \beta \Delta \varphi)(a_1 s + a_0)}{a_1 s + a_0 - (\alpha + \beta \Delta \varphi)(\tau s + 1)} \end{aligned} \quad (13)$$

Y el controlador de par de modelo interno vendrá dado por (14):

$$G_c(s) = \frac{1}{p_{1m}(s) \left(\frac{1}{f} - p_{1A}(s) \right)} \quad (14)$$

Siendo f un filtro de orden r con la forma de (15):

$$f = \frac{1}{(\lambda s + 1)^r} \quad (15)$$

Sustituyendo en (14) las expresiones (13) y (15), e igualando a la función de transferencia del PID, se determinan los valores para los parámetros de ganancia proporcional K_p , tiempo integral t_i y tiempo derivativo t_d .

3.2. CONTROLADOR DISCRETO DE PAR DE MODELO INTERNO PARA MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA

El diseño del IMC discreto de par para motores de corriente directa se aborda mediante un procedimiento similar al caso continuo Azar and Serrano (2015). El diagrama de bloques de la Figura 4 mantiene la misma estructura de la Figura 3, pero ahora representa al sistema en tiempo discreto con saturación, donde la función de transferencia de la planta $G_p(z)$ se corresponde con el modelo discretizado del motor de corriente directa, $G_c(z)$ es el controlador y $R(z)$ el compensador. La Figura 4 se corresponde con el diagrama de bloques para el IMC de par para motores de corriente directa en tiempo discreto.

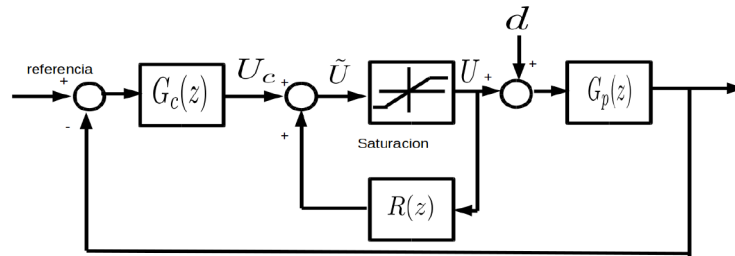


Figura 3. Control de modelo Interno en Tiempo Discreto.

Fuente: elaboración propia.

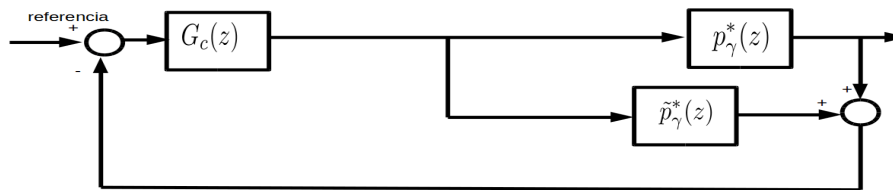


Figura 4. Control de Modelo Interno en Tiempo Discreto para el IMC.

Fuente: elaboración propia.

Para el diseño del controlador de par de modelo interno en tiempo discreto a partir de la Figura 4 considere a Azar and Serrano (2015):

$$p_\gamma^*(z) = p_{\gamma A}^*(z)p_{\gamma M}^*(z) \quad (16)$$

donde:

$$p_{yA}^*(z) = z^{-N} \frac{\prod_{j=1}^h (1 - (\xi_j^H)^{-1})(z - \xi_j)}{(1 - \xi_j)(z - (\xi_j^H)^{-1})} \quad (17)$$

ahora considere al controlador de modelo interno:

$$G_c(z) = \frac{q(z)}{1 - p_y^*(z)q(z)} \quad (18)$$

donde:

$$q(z) = p_{yM}^{*-1}(z)f(z) \quad (19)$$

y el filtro $f(z)$ está dado por:

$$f(z) = \frac{(1-\alpha)z}{z-\alpha} \quad (20)$$

Donde α es una constante que determina el polo del filtro. Mientras el filtro del compensador está dado por:

$$R(z) = \frac{1}{a_1 z + a_0} \quad (21)$$

Tomando en cuenta la siguiente función signo para la saturación:

$$\text{sign}(z) = \begin{bmatrix} 1 & \text{si} & \Re(z) > 0 \\ -1 & \text{si} & \Re(z) < 0 \end{bmatrix} \quad (22)$$

Por lo que la saturación de z es:

$$\text{saturacion}(z) = U_{max} \text{sign}(z) \quad (23)$$

por lo que:

$$\text{sign}(z) = z \quad (24)$$

Considerando el modelo de primer orden con retardo en el tiempo discreto:

$$G_p(z) = \frac{k}{\tau z + 1} z^{-N} \approx \frac{I_a(z)}{V(z)} \quad (25)$$

Y que el controlador PID de modelo interno tiene la forma:

$$G_c(z) = K_c \left(1 + \frac{1}{\tau_i(z-1)} + \tau_d(z-1) \right) \quad (26)$$

Donde las ganancias y constantes de tiempo se encuentran con las siguientes formulas Azar and Serrano (2015):

$$K_c = m'(1)$$

$$\tau_i = \frac{m'(1)}{m(1)} \quad (27)$$

$$\tau_d = \frac{m''(1)}{2m'(1)}$$

Donde $m(1)$, $m'(1)$ y $m''(1)$ se muestran a continuación Azar and Serrano (2015):

$$m(1) = \frac{1}{(p_{YM}^*(1)/(1-\alpha))D(1)}$$

$$m'(1) = \frac{-(p_{YM}^*(1)/(1-\alpha))D'(1) + (p_{YM}^*(1)/(1-\alpha))D'(1)}{\left((p_{YM}^*(1)/(1-\alpha))D(1)\right)^2} \quad (28)$$

$$m''(1) = m'(1) \left(\frac{(p_{YM}^*(1)/(1-\alpha))D''(1) + 2(p_{YM}^*(1)/(1-\alpha))D'(1) + (p_{YM}^*(1)/(1-\alpha))D''(1)}{(p_{YM}^*(1)/(1-\alpha))D(1) + (p_{YM}^*(1)/(1-\alpha))D'(1)} \right)$$

$$\frac{+2m'(1)}{f(1)}$$

Siendo:

$$D(1) = N'(1)$$

$$D'(1) = N''(1)/2 \quad (30)$$

$$D''(1) = N^{(3)}(1)/3$$

y $\mathcal{N}(z)$ está definida como Azar and Serrano (2015):

$$N(z) = (z - \alpha) - p_{yA}^*(1 - \alpha)z \quad (29)$$

Con esta demostración teórica en la siguiente sección se corroborarán los resultados obtenidos por medio de ejemplos numéricos y un montaje experimental.

4. SIMULACIÓN Y MONTAJE EXPERIMENTAL

Los resultados de la simulación numérica y el montaje experimental corroboran los resultados teóricos obtenidos en este estudio. Los valores de los parámetros del motor se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1. Valor de los parámetros del motor de corriente directa.

Parámetro	Valor
R_a	7.7 Ohmios
L_a	0.000003 Henrios
J	0.000167 Kg.m ²
B_l	0.1 N.m.s
K_b	0.008 N.m/A

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente subsección se muestran los resultados de la simulación numérica y posteriormente los resultados del montaje experimental, mientras los voltajes de saturación implementados en este experimento son +24 v y -24 v.

4.1. SIMULACIÓN NUMÉRICA: CASO CONTINUO Y DISCRETO

Para el experimento numérico tanto en el caso continuo como en el discreto se utilizaron perfiles de par que tiene forma de onda cuadrada.

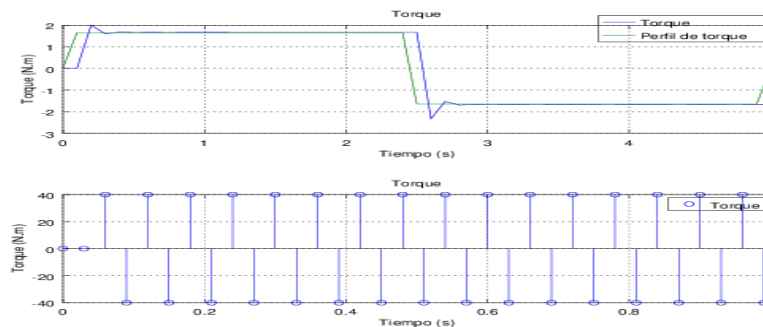


Figura 5. Par electromecánico del motor de corriente directa en tiempo continuo.

Fuente: elaboración propia.

Tal como se puede apreciar en la Figura 5 se puede notar que el controlador de par de modelo interno para los dos casos conduce el par electromecánico generado por el motor hacia el par de referencia con un pequeño sobre-impulso.

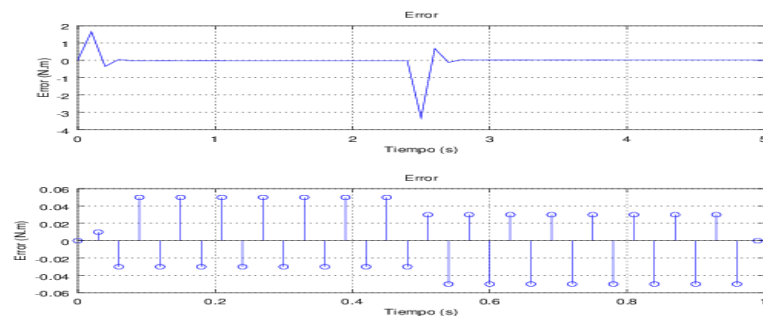


Figura 6. Error de torque del motor de corriente directa en tiempo continuo.

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 6 se muestra que la diferencia entre el perfil de par de referencia y el par generado es cero solo con un pequeño sobre-impulso en cada flanco de salida. Mientras en la Tabla 2 se puede ver el error integral cuadrado ISE para los casos continuo y discreto.

Tabla 2. Resultados del error integral cuadrado ISE.

ISE	Valor
Caso continuo	12.746
Caso Discreto	5.7698

Fuente: elaboración propia.

Los ISE cuales se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 ISE &= \int_0^t e(t)^2 dt \\
 ISE &= \sum_{k=0}^n e(k)^2
 \end{aligned}
 \tag{31}$$

donde $e(t)$ es el error entre la variable de referencia y la variable medida de la salida $e(t) = T_{ref}(t) - T(t)$. Los resultados del ISE muestran que se obtiene un error bajo al aplicar un perfil de par en forma de onda cuadrada para el caso continuo y discreto.

4.2. MONTAJE EXPERIMENTAL

En la Figura 7 se puede ver el montaje experimental en el cual se utiliza una computadora personal con procesador INTEL Pentium III usando sistema operativo Linux Lubuntu.

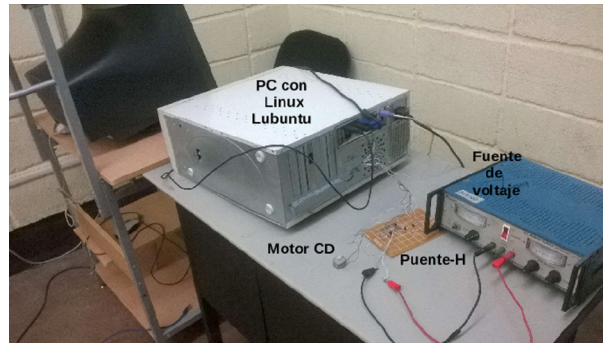


Figura 7. Montaje experimental.

Fuente: elaboración propia.

El lenguaje de programación en el que se implementó el controlador de modelo interno es el g++ de Linux (compilador C++) utilizando el puerto paralelo como entrada y salida tal como se muestra en la Figura 8.

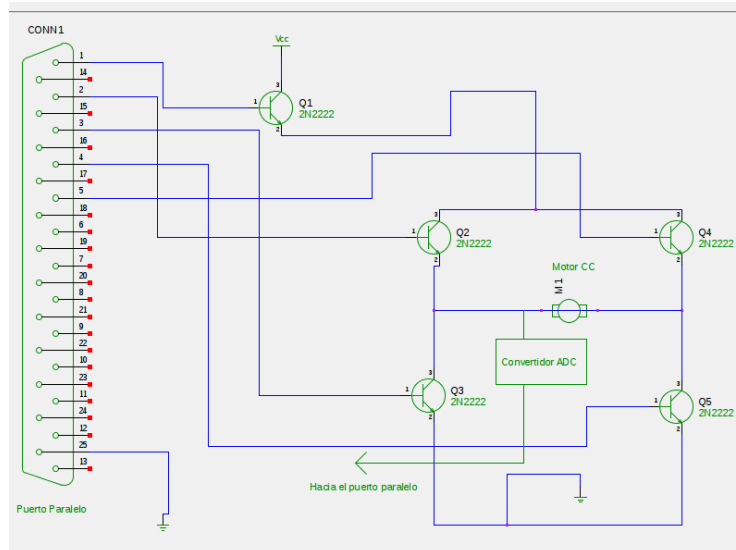


Figura 8. Conexiones del puerto paralelo.

Fuente: elaboración propia.

4.2.1. EXPERIMENTO 1: PERFIL DE PAR POSITIVO

Al aplicar un perfil de par positivo de 0.06 N.m se obtienen los siguientes resultados.

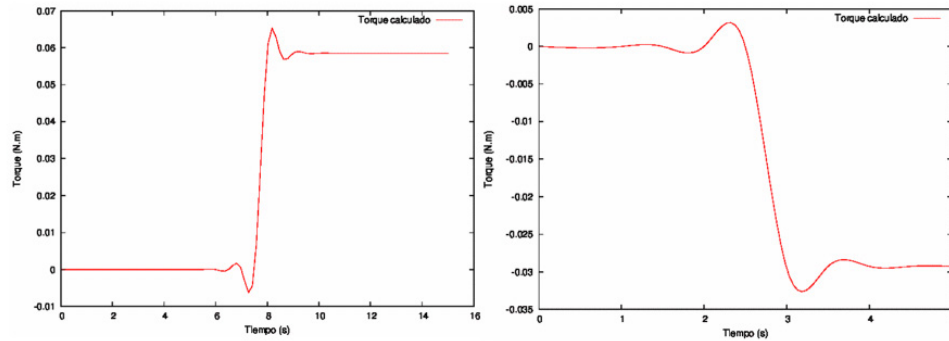


Figura 9. Torque electromecánico obtenido.

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 9 se puede notar que el par deseado obtenido al aplicar un perfil de par a los 7 s sigue la trayectoria de par deseada con bajo subimpulso y sobreimpulso.

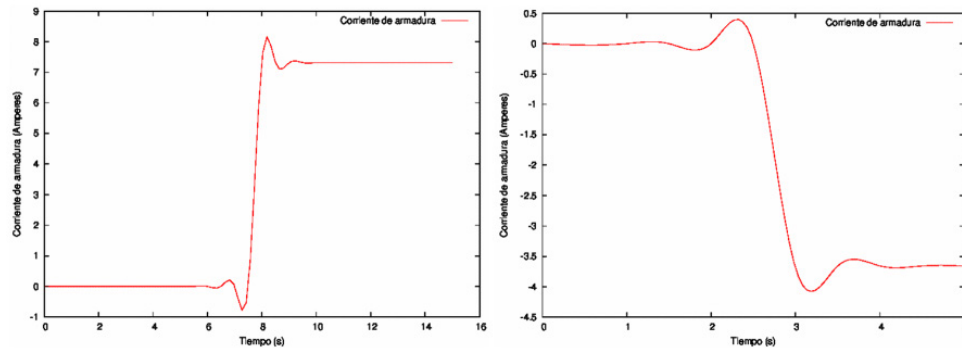


Figura 10. Corriente de armadura.

Fuente: elaboración propia.

Mientras en la Figura 10 y la Figura 11 se pueden observar respectivamente, la corriente y voltaje de armadura necesarias para conducir el par electromecánico del motor de corriente directa hacia el perfil de par deseado.

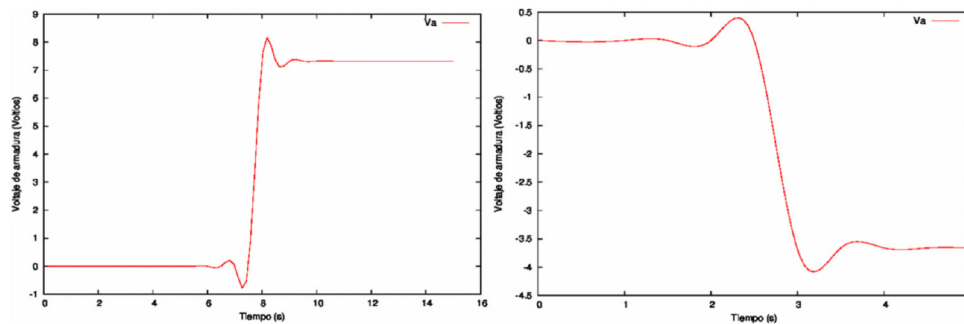


Figura 11. Voltaje de armadura.

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. EXPERIMENTO 2: PERFIL DE PAR NEGATIVO

Para este segundo experimento, se muestra los resultados obtenidos cuando un par de referencia en forma de señal de paso de -0.03 N.m es aplicado a los 2 s.

En la Figura 9 se puede ver que el par electromecánico obtenido por el motor de corriente directa sigue con mucha precisión el perfil de par que se usa como referencia en este ejemplo.

Por último, en la Figura 10 y la Figura 11 se puede observar la corriente y voltaje de armadura respectivamente los cuales conducen eficientemente el par electromecánico del motor hacia el perfil de par implementado como referencia.

5. CONCLUSIONES

Se ha mostrado un proceso de diseño para un controlador de par de modelo interno para motores de corriente directa, su relevancia se sustenta en la creciente necesidad de aportar soluciones para el control de este y otros tipos de actuadores que proliferan en la actualidad debido al incremento de aplicaciones en la robótica, mecanismos, vehículos no tripulados etc.

Este tipo de controlador se puede combinar con arquitecturas de control centralizado, o puede ser usado de forma independiente. Se ha tenido en cuenta la saturación del actuador, ya que al diseñar el controlador de par por modelo interno se eliminan los efectos de windup evitando un rendimiento pobre del sistema o incluso la inestabilidad.

El diseño se ha realizado tanto para el caso continuo y como para el discreto teniendo presente que esta no-linealidad dificulta la obtención y síntesis de controladores. Por tanto, como resultado de este trabajo se obtienen los controladores para ambos casos, en particular el controlador en tiempo discreto se ha implementado en hardware, no encontrándose en la literatura hasta el momento descrito un caso similar. Los resultados teóricos de este estudio se corroboraron y validaron por medio de simulaciones numéricas y montajes experimentales.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias al apoyo del departamento de ingeniería industrial de la Universidad de A Coruña y la sección de energía del departamento de física de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras UNAH.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adegbege, A., Heath, W.** (2017). A framework for multivariable algebraic loops in linear anti-windup implementations. *Automatica*, 83, pp. 81–90. doi: <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2017.05.009>
- Ahmed, A., Iqbal, N.** (2017). Adaptive anti-windup controller for actuator constrained linear control systems. *Control and Intelligent Systems*, 45 (1), pp. 31–36.
- Akram, A., Hussain, M., Us Saqib, N., y Rehan, M.** (2017). Dynamic anti-windup compensation of nonlinear time-delay systems using LPV approach. *Nonlinear Dynamics*, pp. 1–21. doi: <https://doi.org/10.1007/s11071-017-3678-8>
- Azar, A., Serrano, F.** (2015). Design and Modeling of Anti Wind Up PID Controllers. *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, 319, pp. 1–44. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-12883-2_1
- Barros, L., Barros, C.** (2017). An internal model control for enhanced grid connection of direct-driven PMSG-based wind generators. *Electric Power Systems Research*, 151, pp. 440–450. doi: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2017.06.014>

- Belkadi, A., Oulhadj, H., Touati, Y., Khan, S., y Daachi, B.** (2017). On the robust PID adaptive controller for exoskeletons: A particle swarm optimization-based approach. *Applied Soft Computing Journal*, 60, pp. 87–100. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.06.012>
- Chu, Y., Fang, Y., y Fei, J.** (2017). Adaptive neural dynamic global PID sliding mode control for MEMS gyroscope. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 8 (5), pp. 1707–1718. doi: <https://doi.org/10.1007/s13042-016-0543-x>
- Lamba, R., Singla, S., y Sondhi, S.** (2017). Fractional order PID controller for power control in perturbed pressurized heavy water reactor. *Nuclear Engineering and Design*, 323, pp. 84–94. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2017.08.013>
- Li, X., Wang, Y., Li, N., Han, M., Tang, Y., y Liu, F.** (2017). Optimal fractional order PID controller design for automatic voltage regulator system based on reference model using particle swarm optimization. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 8 (5), pp. 1595–1605.
- Liu, C., Dong, C., Wang, Q., y Ran, M.** (2017a). Dynamic anti-windup smooth switching controller design. *Systems Engineering and Electronics*, 39 (7), pp. 1555–1563.
- Liu, F., Chen, L., y Duan, D.** (2017b). Anti-windup controller design for a multi propeller aerostat. *Shanghai Jiaotong Daxue Xuebao/Journal of Shanghai Jiaotong University*, 51 (2), pp. 157–165.
- Makrygiorgou, J., y Alexandridis, A.** (2017). Applying fully stable cascaded sliding mode and PI anti-windup controllers on electric vehicles. 25th Mediterranean Conference on Control and Automation, pp. 186–191. doi: <https://doi.org/10.1109/MED.2017.7984116>
- Matsuyama, T., Tomigashi, Y., Yoshimoto, J., Inoue, Y., y Morimoto, S.** (2017). Discretization error compensation method in high-speed motor drive system by using direct torque control. *Electrical Engineering in Japan (English translation of Denki Gakkai Ronbunsho)*, 201 (4), pp. 45–54. doi: <https://doi.org/10.1002/ej.23002>
- Nana, B., Yamgoué S.B., Tchitnga, R., y Wofo, P.** (2017). Dynamics of a pendulum driven by a DC motor and magnetically controlled. *Chaos, Solitons and Fractals*, 104, pp. 18–27. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2017.07.027>

- Oliveira, C., Aguiar, M., Pereira, W., Castro, A., Almeida, T., y Monteiro, J.** (2017). Integral sliding mode controller with anti-windup method analysis in the vector control of induction motor. 12th IEEE International Conference on Industry Applications. doi: <https://doi.org/10.1109/INDUSCON.2016.7874532>
- Ping, S., Yanli, D., Peng, Z., y Kai, X.** (2017). The nonlinear anti-windup control of hypersonic glide vehicles with input saturation and uncertainties. Proceedings of the 29th Chinese Control and Decision Conference, pp. 4631–4637.
- Singh, B., Pandey, S., Junghare, A., y Aware, M.** (2017). Design of an anti-windup fractional order PI controller based on integral state predictor within stability bound. 1st IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy System. doi: <https://doi.org/10.1109/ICPEICES.2016.7853493>
- Tabbache, B., Douida, S., Benbouzid, M., Diallo, D., y Kheloui, A.** (2017). Direct torque control of five-leg inverter-dual induction motor powertrain for electric vehicles. *Electrical Engineering*, 99 (3), pp. 1073–1085.
- Wada, N., Li, Y., Miyake, D., y Khonjun, S.** (2017). Permanent magnet synchronous motor torque control by gain-scheduled feedback with state resets. *IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 12 (5), pp. 744–752. doi: <https://doi.org/10.1002/tee.22461>
- Zhang, R., Zeng, D., Zhong, S., y Shi, K.** (2017). Memory feedback PID control for exponential synchronisation of chaotic Lur'e systems. *International Journal of Systems Science*, 48 (12), pp. 2473–2484. doi: <https://doi.org/10.1080/00207721.2017.1322642>
- Zheng, Z., Yan, K., Yu, S., Zhu, B., y Zhu, M.** (2017). Path following control for a stratospheric airship with actuator saturation. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 39 (7), pp. 987–999. doi: <https://doi.org/10.1177/0142331215625770>

/04/

IMPLEMENTACIÓN DE ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE) FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA) IMPLEMENTATION

Sandra Rojas Lema

Ingeniera Química.

Alumna del Máster Universitario en Ingeniería de Organización y Logística (MUIOL).

Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Alcoy, España.

E-mail: sandrysrojas@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2400-0174>

Recepción: 23/02/2018. **Aceptación:** 02/10/2018. **Publicación:** 25/03/2019

Citación sugerida:

Rojas Lema, S. (2019). Implementación de análisis modal de fallos y efectos (AMFE). *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 8(1), pp. 64-75. doi: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n1e29/64-75>

RESUMEN

El análisis modal de fallos y efectos (AMFE) es una herramienta que se utiliza para identificar los problemas que se puedan suscitar en un proceso, producto o servicio, con el fin de eliminarlo, o mitigar su efecto que perjudique eventualmente al cliente final. Para ello se debe realizar su implementación partiendo de la identificación de todos los posibles fallos existentes y categorizándolos según su prioridad, de esta manera se puede focalizar su acción sobre aquellos que perjudiquen en mayor grado a la unidad en estudio.

ABSTRACT

Failure mode and effects analysis (FMEA) is a tool that is used to identify problems that may arise in a process, product or service to eliminate them or mitigate their effects that can eventually harm the end customer. For this, its implementation must be carried out starting from the identification of all the possible existing faults and categorizing them according to their priority, in this way their action can be focused on those that damage the unit under study in greater degree.

PALABRAS CLAVE

Modo de fallo, Gravedad, Frecuencia, Detectabilidad, AMFE, Implementación.

KEYWORDS

Failure mode, Severity, Frequency, Detectability, FMEA, Implementation.

1. INTRODUCCIÓN

La metodología AMFE fue desarrollada a finales de los años 40 con el objetivo de ser utilizada por las Fuerzas Armadas de Estados Unidos, posteriormente se usó además en el sector aeroespacial en la década de los 60, por lo que a lo largo de los años fue ganando aceptación. Años después Ford la utilizó en la industria del automóvil donde logró gran aceptación. Llegando hoy en día a utilizarse en cada vez más sectores de la industria alimentaria, salud, entre otras (Giménez, et al., 2010).

El análisis modal de fallos y efectos (AMFE) es un método de investigación de las debilidades potenciales de producto, procesos o servicios. Por lo que, con su aplicación lo que se busca es identificar los puntos críticos con el fin de eliminarlos y si no es posible encontrar las medidas correctoras necesarias para minimizar su efecto mediante sistemas preventivos y con ello tratar de evitar su posterior aparición. Entre las ventajas que presenta esta metodología es que al aplicarla se puede tener una idea de la situación actual del lugar o unidad de estudio, además permite cuantificar los posibles fallos que se puedan presentar en el producto, proceso o servicio de estudio. Por lo que se puede decir que permite obtener información de partida para continuar con el proceso de mejora continua (Mañes, Marzal, Romero, Herranz, Sánchez, Benedi y Sanjurjo, 2018)

Lo que se puede rescatar a su vez de esta metodología es el trabajo en equipo que resulta ser indispensable para su adecuada aplicación. Este método es similar a otros que también se utilizan para la prevención de riesgos laborales. Por otro lado, se debe mencionar que este método considera la detección del fallo que puede producir el usuario del equipo o proceso (Bestraten y Orriols, 2006).

2. APLICACIONES DEL ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

Si bien este método ha sido utilizado sobre todo para análisis tanto de producto o proceso en la fase de diseño, también se lo utiliza en otras áreas como montaje, fabricación, comercialización, etc. Se debe mencionar además que es necesario identificar cuáles son las causas que generan las desviaciones en los puntos críticos de control. Para este paso también se deben definir el tipo de análisis a realizar ya sea mediante análisis de causa raíz, diagrama Ishikawa, entre otros.

En el ámbito alimenticio por ejemplo en la actualidad tanto productores como consumidores buscan que los productos sean lo más inocuos posibles (Cartín, Villarreal y Morera, 2014). Es por ello por

lo que encuentran en AMFE una herramienta que les permite garantizar la calidad y por ello en algunos casos además se apoyan en otras herramientas como el sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) que permite la prevención y control que garantizan a su vez la higiene en los alimentos. Por su lado AMFE permite determinar los análisis de riesgos mediante la evaluación de la probabilidad y severidad de un peligro en este caso en lo referente a alimentos que pueden conllevar peligros y consecuencias en la salud humana del consumidor final (Cartín, et al., 2014)

Según se manifiesta en (Cartín, et al., 2014), se buscó elaborar la categorización cuantitativa de los riesgos presentes en cada etapa que al final constituyen el diagrama de flujo del proceso. Posteriormente se colocó un valor numérico a la Severidad/Gravedad, Ocurrencia/Frecuencia y Detectabilidad de cada etapa del proceso, para ello se usó una escala de clasificación de 1 a 5. En este caso, además se realizó un segundo cálculo del Índice de Criticidad, esto con el fin de garantizar que el producto cumpliera con los requerimientos establecidos (microbiológicos y de calidad) según normativa.

Otro ámbito en el que se encuentra hoy en día aplicada esta metodología es en la sanidad en el que se plantea el uso de AMFE como una estrategia preventiva en la fase preanalítica, pues en ese estudio se consideraba que era una etapa que representaba mucho riesgo en la seguridad del paciente (Giménez, et al., 2010).

Algo que se encuentra en común con el sector alimenticio es que también combina las herramientas HACCP y análisis de causa raíz para la definición de los problemas en las diferentes etapas (Giménez, et al., 2010).

Dentro de este mismo ámbito se ha utilizado en los últimos años esta metodología para mejorar la entrega de medicamentos en hospitales, pues se ha determinado que existen falencias que pueden poner en peligro la salud de los pacientes si es que no se les administra de manera certera las medicinas correspondientes (Delgado, Álvarez, Pérez, Serna, Rodríguez y Bermejo, 2012).

En el artículo sobre la aplicación en un laboratorio clínico se consideró aplicar este análisis a una fase crítica dentro de su flujo que es la fase preanalítica, por lo que en principio se puede comentar que la metodología es flexible en cuanto a que se puede aplicar según los requerimientos que se tengan ya que no es necesario aplicar a todo el flujo de proceso sino a las partes más vulnerables.

Lo fundamental luego de la aplicación es realizar un seguimiento en el que sea posible medir los resultados y saber cómo han evolucionado y si han permitido o no que se tenga una mejora en el proceso.

Lo normal es que se utilice AMFE en la etapa o subproceso que mayor dificultad presente, en lugar de aplicar a todo el conjunto, de esta manera al enfocarse en una etapa se puede analizar de mejor manera los problemas que presenta.

El equipo que se forma para realizar el análisis debe estar compuesto por profesionales y que se encuentren directamente relacionados con el área de estudio, que puedan aportar sobre las falencias que se pueden considerar dentro del mismo.

3. METODOLOGÍA

El método que se debe seguir para aplicar AMFE según lo detalla la NTP si bien es de ayuda a la hora de ponerlo en marcha, es importante considerar que su información es únicamente orientativa y que se puede adaptar según los requerimientos de cada empresa u organización (Bestraten y Orriols, 2006).

En principio se debe determinar si la metodología se va a aplicar en un proyecto, producto, proceso o servicio, siendo esto de gran importancia a la hora de iniciar el análisis, por lo que se debe identificar todas las partes que lo conforman con el fin de definir de manera adecuada sobre que secciones se realizará el respectivo análisis. Puede existir la posibilidad que luego de realizar el análisis del modo de fallo, este produzca muchos efectos siendo estos los que el cliente llega a percibir, en ese caso se debe escoger los que sean más graves y ellos serán evaluados (Bestraten y Orriols, 2006).

Es importante señalar que un modo de fallo puede ser consecuencia de dos o más causas encadenadas unas con otras que al final desembocan en el mal funcionamiento (Bestraten y Orriols, 2006).

Según la etapa analizada se debe identificar los siguientes aspectos:

- Modo de fallo, que es la forma en que el fallo se presenta.
- Efecto, siendo la consecuencia una vez que se ha producido el modo de fallo.
- Causa, puede ser situación o incluso persona que ha ocasionado que el fallo se produzca.

Por lo que, al momento de la aplicación del proceso y el análisis de la situación actual se puede partir de los puntos que se indican a continuación:

1. Presentación del proceso que se va a analizar.
2. Descripción gráfica del proceso y desarrollo de un flujograma con el fin de visualizar los subprocesos que puedan existir.
3. Se establece una tormenta de ideas para encontrar los fallos en los subprocesos o áreas implicadas.
4. Los fallos detectados se colocan en una tabla y para cada uno se evalúa el efecto que podrían suponer en el ámbito de estudio.

Una vez que ya se disponga de toda la información de los posibles fallos se debe identificar el grado de gravedad en cada caso. Entendiéndose que mediante este análisis se puede conocer el nivel de consecuencias que se pueden producir. Teniendo en cuenta que, en cuanto a la valoración numérica, el valor incrementa conforme incrementa ya sea la insatisfacción del cliente, o existen ya repercusiones en los costes, entre otros. Entendiéndose a su vez que la manera de mejorar los valores de los índices, es decir reducirlos se lograría mediante la acción correctora en el producto, proceso o servicio, estas medidas ya serían realizadas según el tipo de empresa ya que deben crear sus propias formas de aplicar (Bestraten y Orriols, 2006).

El rango de los índices de gravedad que se usan normalmente es del 1 al 10, aunque como se ha mencionado anteriormente ya depende de las consideraciones que decida realizar la empresa y en algunos casos utilizan del 1 a 5. En la tabla que se muestra a continuación se presenta los criterios a ser considerados según la valoración propuesta en este trabajo. En la Tabla 1 se presenta la valoración planteada para el análisis.

Tabla 1. Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente.

Gravedad	Criterio	Valor
Muy baja Repercusiones imperceptibles	No se espera que este fallo de baja importancia produzca algún efecto real sobre el objeto de estudio.	1
Baja Repercusiones irrelevantes que son apenas imperceptibles	Si existe fallo ocasionaría un ligero inconveniente para el cliente. Es posible que se note un pequeño deterioro de su rendimiento sin ser de mayor importancia. Se puede remediar.	2 - 3
Moderada Defectos de relativa importancia	Existe un deterioro observable en el rendimiento del sistema, por lo que puede causar insatisfacción en el cliente.	4 - 6
Alta	El fallo puede llegar a ser crítico e inutilizar el sistema. Con ello el cliente tendrá un mayor grado de insatisfacción.	7 - 8
Muy alta	Fallo potencial muy crítico que produzca afectación en la seguridad del producto o proceso. Si el caso es muy grave se le puntuará con un valor de 10	9 - 10

Fuente: Bestraten y Orriols, 2006.

Se considera de importancia realizar una adecuada puntuación de la gravedad pues de esta manera se puede categorizar el tipo de fallo y tomar las medidas necesarias (Bestraten y Orriols, 2006).

Adicionalmente, se debe determinar la frecuencia, misma que se define como la probabilidad de que una causa de fallo que se considera potencial se lleve a cabo y produzca en efecto un modo de fallo, su determinación resulta ser subjetiva en muchos de los casos, razón por la cual se debe contar con información previa para su evaluación. Las posibilidades que se tiene de cambiar la frecuencia de fallo son mediante un cambio en el diseño del producto o proceso o mediante mejoras en los sistemas de prevención o control que son los encargados de que identificar e impedir que se produzcan dichos fallos (Bestraten y Orriols, 2006). En la Tabla 2 siguiente se presenta la valoración planteada para establecer la frecuencia de fallo.

Tabla 2. Frecuencia de ocurrencia del modo de fallo.

Frecuencia	Criterio	Valor
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idéntico. Tampoco se ha dado antes en el pasado, pero se considera que puede ocurrir	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Se puede esperar en la vida del sistema, aunque es poco probable que ocurra.	2 - 3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previstos al actual. Existe la posibilidad de que aparezcan durante la vida del sistema.	4 - 5
Alta	El fallo se ha presentado con alguna frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado	6 - 8
Muy alta	El fallo es casi inevitable. Existe gran posibilidad de que fallo se produzca de manera más frecuente	9 - 10

Fuente: Bestraten y Orriols, 2006.

A continuación, se presenta la Tabla 3 en la que se detalla los criterios de consideración al momento de detectar el modo de fallo.

Tabla 3. Clasificación de detección del modo de fallo.

Detectabilidad	Criterio	Valor
Muy alta	El defecto es evidente.	1
Alta	El defecto es evidente y aunque se puede detectar fácilmente, podría no ser distinguido en primera instancia.	2 – 3
Mediana	Defecto detectable, aunque posiblemente no llegue al cliente.	4 - 6
Pequeña	Es difícil detectar el defecto con procedimientos normales.	7 - 8
Improbable	Defecto no puede detectarse, pero el cliente posiblemente lo percibirá.	9 - 10

Fuente: Bestraten y Orriols, 2006.

Es importante señalar que este factor a diferencia de los anteriores presenta su escala de valoración de manera inversa, es decir, que mientras más difícil sea su detección mayor será su índice de detectabilidad. Por lo que, si lo que se busca es la disminución de estos valores se puede realizar dos acciones, incrementar el número de controles, aunque esto implica a su vez aumento de costes, o la otra opción es modificar el diseño con el fin de mejorar la detección de cualquier fallo (Bestraten y Orriols, 2006).

La detectabilidad es importante en AMFE ya que se busca saber que tan probable es que no se detecte el fallo a lo largo del proceso, por lo que mientras más difícil sea detectar un fallo existente

y más se tarde en detectarlo sus consecuencias podrían ser mayores (Bestraten y Orriols, 2006). Este valor será más bajo dependiendo cuanto más segura sea la detección del detector y por el contrario más alto cuanto menos segura sea.

Una vez se han determinado los valores antes mencionados se realiza el cálculo de Índice de Prioridad de Riesgos (IPR), que es un factor que permite dar la prioridad a las causas que habría que evitar para que no se lleguen a evidenciar los fallos. Es el resultado del producto de la frecuencia, gravedad y detectabilidad como se indica en la siguiente ecuación:

$$IPR = Frecuencia (F) \times Gravedad (G) \times Detectabilidad (D)$$

Siendo por tanto este valor adimensional, lo que eventualmente es conveniente porque lo que se busca es únicamente tener el valor numérico para posteriormente ubicarlo según su orden de prioridad. Se debe calcular para cada una de las causas de fallo. El valor que se obtenga resulta de ayuda para la toma de decisiones (Bestraten y Orriols, 2006).

Posteriormente se pone en marcha la acción correctora una vez se haya determinado los problemas con su prioridad de riesgo y se los haya organizado de mayor a menor para ello existen diferentes posibilidades que se pueden aplicar, entre los principales se tiene los siguientes: realizar cambio desde el inicio, es decir enfocarse en el diseño del producto, servicio o proceso al que se dedique la empresa, si se tratara de un producto por ejemplo se podría plantear su cambio de proceso de fabricación o de aplicación dependiendo el ámbito de estudio, a su vez realizar mayores controles a lo largo de toda la cadena de valor para evitar que se produzca cualquier fallo. En esta etapa se define también quien será la persona responsable de llevar a cabo todas estas acciones, con el fin de tener identificados los procesos y se pueda realizar una supervisión posterior. Además, que se debe determinar indicadores sobre los que se puedan a su vez realizar comparaciones y poder analizar si se lograron o no los resultados esperados (Bestraten y Orriols, 2006).

4. ANÁLISIS

Si bien AMFE se puede utilizar en diferentes ámbitos como el sanitario, alimenticio, de automóviles según lo antes explicado, es importante mencionar que esta herramienta supone ciertas limitaciones al ser aplicado en sanidad, ya que AMFE en la industria por ejemplo uno de los casos es buscar

que se detecten los fallos que pueda tener un producto y prevenirlo antes que este se comercialice. Mientras que en un laboratorio es un proceso que ya existe y se encuentran en marcha, por lo que en algunos casos se puede considerar como cuestionable la aplicación de este método según lo indica Giménez, et al., 2010 (p. 162). Por otro lado, lo ventajoso de este método es que permite la identificación de en qué parte se está cometiendo errores para analizar las causas que los originan y con ello buscar alternativas para su posterior aplicación de mejoras (Giménez, et al., 2010).

Lo que se intenta al final con la implementación de este método es conseguir una mejora de la calidad en el producto y en el diseño del proceso, mediante la predicción de las desviaciones que puedan existir con relación a los valores establecidos que a su vez puedan producir algún tipo de peligro. Esto además proporciona confiabilidad y competitividad pues se genera una actitud proactiva y preventiva para poder hacer frente a los problemas que se pueden desarrollar en cualquier proceso, producto o servicio independientemente del ámbito en el que realice el análisis. Cuando se tienen valores altos implica que un fallo en la etapa de estudio puede ocurrir de manera más común por lo que puede suponer perjuicio para el consumidor final, por lo que se requiere que haya una acción de corrección inmediata (Cartín, *et al.*, 2014).

5. CONCLUSIONES

Se puede considerar que AMFE es una metodología cualitativa pues permite determinar los posibles fallos con sus respectivos efectos, con lo que se pueden tomar las acciones respectivas para realizar las modificaciones del caso.

Mediante la aplicación de esta herramienta se logra mejorar la calidad, fiabilidad y seguridad ya sea de productos o procesos, con ello por lo tanto la satisfacción del cliente mejora.

Es importante tomar en consideración que en algunos casos resulta mejor además de económico reducir la probabilidad de ocurrencia de fallo que tener que dedicar luego más recursos a la detección de estos.

Lo interesante de la aplicación de esta metodología es saber que se puede combinar con otras herramientas, lo que indica la flexibilidad de esta para acoplarse o adaptarse según los requerimientos del ámbito en el que se requiera su uso.

Además de la utilización adecuada de la herramienta es necesario tener en cuenta que para su aplicación se debe lograr un trabajo cooperativo con el personal implicado y asesores externos porque al final ellos son los que pondrán en marcha los cambios y mejoras.

Es de mucha importancia tomar en consideración los pasos señalados para su aplicación, pero tomando en consideración también que depende en gran medida del tipo de sector en el que se esté realizando el estudio y poder adaptarse según los requerimientos del caso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bestraten, R., y Orriols, M.** (2006). NTP 679: *Análisis modal de fallos y efectos*. AMFE Introducción. English, pp. 1–10.
- Cartín-Rojas, A., Villarreal-Tello, A., y Morera, A.** (2014). Implementación del análisis de riesgo en la industria alimentaria mediante la metodología AMEF: enfoque práctico y conceptual. *Revista de Medicina Veterinaria*, pp. 133–148. doi: <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.19052/mv.3030>
- Delgado Silveira, E., Álvarez Díaz, A., Pérez Menéndez-Conde, C., Serna Pérez, J., Rodríguez Sagrado, M. A., y Bermejo Vicedo, T.** (2012). Análisis modal de fallos y efectos del proceso de prescripción, validación y dispensación de medicamentos. *Farmacia Hospitalaria*, 36(1), pp. 24–32. doi: <https://doi.org/10.1016/j.farma.2010.12.002>
- Giménez Marín, Á., Molina Mendoza, P., Ruiz Arredondo, J. J., Acosta González, F., López Pérez, M., Jiménez Cueva, M., Pérez Hidalgo, M. del M., et al.** (2010). Aplicación del análisis modal de fallos y sus efectos a la fase preanalítica de un laboratorio clínico. *Revista Del Laboratorio Clínico*, 3(4), pp. 161–170. doi: <https://doi.org/10.1016/j.labcli.2010.06.005>
- Mañes-Sevilla, M., Marzal-Alfaro, M. B., Romero Jiménez, R., Herranz-Alonso, A., Sánchez Fresneda, M. N., Benedi González, J., y Sanjurjo-Sáez, M.** (2018). Análisis modal de fallos y efectos para mejorar la calidad en los ensayos clínicos. *Revista de Calidad Asistencial*, 33(1), pp. 33–47. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cali.2017.12.001>

/05/

APROPIACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DESDE LA PERSPECTIVA DE GANDHI: CASO DE LA COMUNIDAD RURAL GADHADA, INDIA

GANDHIAN PERSPECTIVE IN THE APPROPRIATION OF TECHNOLOGY. A STUDY OR EXPERIMENTS OF GADHADA, INDIA

Mtra. Antonia Esparza-Rodríguez

Profesora e Investigadora de Tiempo Completo Asociado B del Departamento de Cultura, Justicia y Democracia, en el Centro Universitario del Norte de la Universidad de Guadalajara, México.

E-mail: antonia@cunorte.udg.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5908-8762>

Mtra. Mónica Márquez Pinedo

Profesora e Investigadora de Tiempo Completo Asociado B del Departamento de Productividad y Desarrollo Tecnológico, en el Centro Universitario del Norte de la Universidad de Guadalajara, México

E-mail: monicamp@cunorte.udg.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1785-0015>

Mtro. Juan Miguel Salazar Partida

Profesor de Asignatura B, del Sistema de Educación Media Superior de la Universidad de Guadalajara, México.

E-mail: salazar.partida@sems.udg.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5743-1202>

Recepción: 23/02/2018. **Aceptación:** 02/10/2018. **Publicación:** 25/03/2019

Citación sugerida:

Esparza Rodríguez, A., Márquez Pinedo, M. y Salazar Partida, J. M. (2019). Apropiación de la tecnología desde la perspectiva de Gandhi: caso de la comunidad rural Gadhada, India. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 8(1), pp. 76-93. doi: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n1e29/76-93>

RESUMEN

Gandhi no estaba en contra de la tecnología, pero sí en contra del uso que hacemos de ella. El uso inteligente de la tecnología debe ser humano, respetuoso del medio ambiente y hacer un uso racional de los recursos.

Los beneficios de usar la tecnología son muchos, a pesar de que los resultados algunas veces no aparecen inmediatamente, lo que nos demuestra que es importante pensar a largo plazo. Será difícil tratar de convencer a los demás sobre la importancia de hacer uso racional de la tecnología y que la mejor forma para lograrlo es el ejemplo.

En esta investigación parte de un enfoque cualitativo por la versatilidad que brinda, y se tomaron aportaciones de diversas perspectivas como la interpretativa, la cual nos permitió hacer lectura de la realidad y facilitó comprender los hechos, fenómenos y comportamientos; la fenomenología, nos dio herramientas para acercarnos a las percepciones y valoraciones que manifiestan los actores; y la lógica inductiva porque se elaboraron interpretaciones y explicaciones partiendo de los datos e información recogida. Asimismo, se apoyó en entrevistas semi-estructuradas, diarios de campo y la observación participante, esta técnica permitió una mejor descripción y explicación de los hechos ocurridos, ya que fueron captados los personajes en su propio entorno.

De esta investigación se puede concluir que, para ver la posibilidad de un nuevo estilo de vida, con nuevos métodos de producción y los nuevos patrones de consumo, tenemos que aprender a vivir en paz, no sólo con nuestros semejantes, sino también con la naturaleza.

ABSTRACT

Gandhi was not against technology, but against our use of it. The intelligent use of technology must be human, respectful of the environment and make rational use of resources.

The benefits of using technology are many, although the results sometimes do not appear immediately, which shows that it is important to think long term. It will be difficult to try to convince others about the importance of making rational use of technology and that the best way to achieve this is by example.

In this research part of a qualitative approach for the versatility that provides, and contributions from different perspectives

were taken as the interpretative, which allowed us to read reality and facilitated understanding the facts, phenomena and behaviors; the phenomenology, gave us tools to approach the perceptions and valuations that the actors show; and the inductive logic because interpretations and explanations were elaborated based on the data and information collected. Likewise, it was supported by semi-structured interviews, field diaries and participant observation, this technique allowed a better description and explanation of the events that occurred, since the characters were captured in their own environment.

From this research, it can be concluded that, to see the possibility of a new lifestyle, with new methods of production and new consumption patterns, we must learn to live in peace, not only with our peers, but also with nature.

PALABRAS CLAVE

Apropiación, Tecnología, Eco-friendly.

KEYWORDS

Appropriation, Technology, Eco-friendly.

1. INTRODUCCIÓN

La apropiación tecnológica es un proceso que se da en una sociedad, cuando una tecnología (televisión, radio, computadoras, teléfonos móviles, Internet, etc.) es inducida en ella, y empiezan a adoptarla pasando por varias etapas: formación básica instrumental, utilización, representación social, uso, apropiación e integración y domesticación.

Teniendo en cuenta estas etapas, las sociedades se apropian en diferente medida de las tecnologías que son introducidas en ellas, de las que se puede decir que ya se ha llegado hasta la última etapa, es decir, el punto en que determinada tecnología ya está incorporado a la vida, tal como lo es la luz eléctrica, por ejemplo.

Es importante diferenciar entre los conceptos de apropiar y adoptar. Según el diccionario de la Real Academia de la lengua española la palabra adoptar, que proviene del latín *adoptare* se define como recibir, haciéndolos propios, pareceres, métodos, doctrinas, ideologías, modas, etc., que han sido creados por otras personas o comunidades. En tanto que apropiar, del latín *appropriare*, se define como hacer algo propio de alguien, tomar para si alguna cosa haciéndose dueño de ello.

En ambas definiciones notamos cierta similitud, pero para diferenciarlo cuando se habla sobre adopción y/o apropiación de la tecnología se considera el comportamiento que tiene un individuo o grupo de individuos hacia la tecnología en uso; dicho de otro modo, el grado de afinidad y conciencia de la pertenencia del usuario sobre la tecnología.

Es así que, todo lo que el hombre realiza se llama actividad humana o simplemente actividad, la realización de dicha actividad parte de una necesidad y trae como consecuencia un conocimiento; ese nuevo conocimiento genera nuevas necesidades de desarrollo y mejoramiento de lo existente al igual que nuevas motivaciones de comportamiento. La conciencia de uso de ese conocimiento se le denomina aprendizaje.

La diferencia entre adopción y apropiación radica en la actitud del individuo hacia la tecnología que utiliza: ¿La siente suya? ¿La utiliza como suya? ¿La ajusta a sus necesidades?

2. DESARROLLO

2.1. TIPO DE ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN

Para abordar el objeto de estudio de la investigación, se realizó trabajo de campo en comunidades rurales, en específico en la comunidad de Gadhada, Bhavnagar en el estado de Gujarat, India; y se centró en observar la apropiación de la tecnología desde la perspectiva de Gandhi

Cabe mencionar que el trabajo de campo se realizó desde la perspectiva etnográfica, lo cual no pretende ser estadísticamente representativo, sino que propone maximizar la cantidad de información y de los hechos registrados; lo relevante aquí es el análisis cuidadoso de hechos relevantes considerando a las personas, el tiempo y su contexto.

Para ello, se llevó a cabo una observación cualitativa participante, esta técnica permitió una mejor descripción y explicación de los hechos ocurridos, ya que fueron captados los personajes en su propio entorno. Fue importante el llevar registros y grabaciones de todo lo observado para comprender los procesos, interrelaciones entre las personas y sus situaciones o circunstancias.

La investigación busca un análisis para dar evidencia de la interiorización que tienen las personas sobre el uso y aplicación de la tecnología desde la perspectiva Gandhiana, así como el impacto o no que esta tiene en las comunidades rurales.

Requirió de un profundo entendimiento del comportamiento humano y las razones que lo rigen; buscando explicar las causas de los diferentes aspectos de tal comportamiento, basándose en la toma de muestras pequeñas, esto es, la observación de grupos de población reducidos.

Una de las ventajas en el uso de esta metodología fue que no hubo intermediación entre el entrevistador y el hecho social y la información llegó directamente de la fuente misma.

Se buscó extraer el significado de las distintas experiencias de las personas observadas estudiándolo desde cada una de sus perspectivas. El enfoque empírico dio énfasis a la participación como una oportunidad para el estudio sistemático y profundo de las personas.

2.2. LA TECNOLOGÍA Y LA ACTIVIDAD HUMANA

La tecnología es la aplicación de un conjunto de conocimientos y habilidades que buscan la solución que permita al ser humano resolver algún problema o bien la satisfacción de una necesidad. Está presente en todos los ámbitos de la vida cotidiana. La noción de la tecnología tiene que ver con el conjunto de conocimientos que permiten fabricar objetos y modificar el medio ambiente, lo que se realiza con la intención de satisfacer alguna necesidad. Es la aplicación práctica del conocimiento generado por la ciencia.

Responde a la aspiración y voluntad que tenemos las personas de transformar nuestro entorno, transformar el mundo que nos rodea buscando nuevas y mejores formas de satisfacer nuestros deseos. La motivación es la satisfacción de necesidades o deseos, la actividad es el desarrollo, el diseño y la ejecución y el producto resultante son los bienes y servicios, o los métodos y procesos.

Esta actividad humana y su producto resultante, es lo que llamamos tecnología. Gracias a ella disponemos de múltiples sistemas que nos permiten comunicarnos, desplazarnos, vestirnos, alimentarnos o fabricar nuevos objetos.

Por otra parte, si bien es cierto que la tecnología utiliza conocimientos científicos, también se basa en la experiencia, utiliza muchas veces conocimientos empíricos y tiene en cuenta muchos otros factores, como por ejemplo los aspectos prácticos de la construcción o de la producción industrial, los modos y medios de producción, la factibilidad económica, la adaptación del producto a las costumbres del usuario, la aceptación que el producto pueda o no tener en el público, etc. Además, la tecnología está, sobre todo, vinculada a cosas, físicas o virtuales, que el ser humano hace.

La investigación sobre las ciencias de la naturaleza llevó a muchos inventos, descubrimientos e innovaciones. El proceso dio lugar a la evolución de la tecnología. La mayoría de las tecnologías ayudaron a la producción de bienes y servicios que contribuyen a la prosperidad material de la sociedad. Dado que la economía llegó a ser considerada cada vez más como la ciencia, siempre había una presión para que sea cuantificable y medible. Hubo entonces la exigencia de cuantificar y medir el bienestar de los seres humanos.

La tecnología es una característica propia del ser humano consistente en la capacidad de éste para construir, a partir de materias primas, una gran variedad de objetos, máquinas y herramientas, así como el desarrollo y perfección en el modo de fabricarlos y emplearlos con vistas a modificar

favorablemente el entorno o conseguir una vida más segura.

La actividad tecnológica influye en el progreso social pero también en el deterioro de nuestro entorno. Actualmente la tecnología está comprometida en conseguir procesos tecnológicos acordes con el medio ambiente, para evitar que las crecientes necesidades provoquen un agotamiento o degradación de los recursos materiales y energéticos de nuestro planeta. Evitar estos males es tarea común de todos sin duda, nuestra mejor contribución comienza por una buena enseñanza-aprendizaje de la tecnología.

Históricamente las tecnologías han sido usadas para satisfacer necesidades esenciales tales como alimentación, vestimenta, vivienda, protección personal, relación social, comprensión del mundo natural y social; para obtener placeres corporales y estéticos: deportes, música, placeres, etc., y como medios para satisfacer deseos.

Como el propio Marx señalara refiriéndose específicamente a las maquinarias industriales, las tecnologías no son ni buenas ni malas. Los juicios éticos no son aplicables a las tecnologías, sino al uso que hacemos de ellas: un arma puede usarse para matar a una persona y apropiarse de sus bienes o para salvar la vida matando un animal salvaje que quiere convertirnos en su alimento.

2.3. QUÉ ES LA APROPIACIÓN DE LA TECNOLOGÍA. (CÓMO SE USA EN EL MUNDO)

La apropiación tecnológica es un proceso que va más allá del simple aprendizaje del manejo de un aparato (tecnología). Se da en una sociedad cuando la tecnología (teléfonos, computadoras, etc.) es introducida en ella y así las personas comienzan a adoptar dicha tecnología pasando por varias etapas.

La apropiación social de la tecnología es entendida generalmente como una forma de crear significado social desde las actividades cotidianas de la vida diaria. Esta definición encierra una densidad considerable, ya que se refiere a lo complejo que puede llegar a ser las relaciones existentes entre las necesidades, deseos, posibilidades y recursos, de manera que se construye el conocimiento cuando se construye el contexto en donde se produce.

Resulta importante reconocer que la innovación no depende sólo ni principalmente de factores de influencia cuyo origen está en el medio social, sino que son el resultado de la relación dinámica que se establece entre la diversidad de las partes que componen el entorno.

Parece entonces necesario analizar los nuevos entornos tecnológicos con los enfoques socioculturales, hacer observaciones y estudios sobre las maneras en que se crean en diferentes tipos de entornos, en organizaciones formales, como las empresas, por ejemplo.

Toda tecnología es parte de la cultura, dado que consiste en una construcción no natural; los artefactos técnicos son herramientas, productos de la realización humana. Pero también, y fundamentalmente, la tecnología es cultura; la tecnología es antecedida por la técnica. Esta dimensión, es una forma simbólica de aprehender el mundo, en virtud de dos razones: primero, la técnica no genera sólo respuestas a necesidades naturales, sino a las iniciativas y los dilemas sociales; segundo, la técnica se inscribe siempre en una tradición que organiza los significados de los grupos humanos. En este sentido, la técnica es un elemento que se inscribe entre individuos y grupos de un mundo que los rodea, separa y mezcla al mismo tiempo a los sujetos y su entorno, social y natural. Esto es la apropiación, que permite identificar de manera concreta el potencial que poseen los artefactos técnicos para participar como constitutivos de los regímenes de significación social, en la organización de las actividades humanas y el logro de propósitos

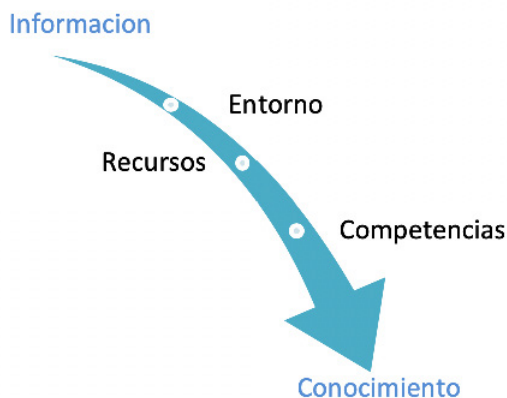


Ilustración 1. Idea de Gandhi sobre la ciencia y tecnología.

Fuente: Elaboración propia.

Gandhi era un científico de la experimentación con la vida, incorporaba en sus escritos los hallazgos encontrados en los experimentos que llevo a cabo. Él escribió muy diferente al lenguaje del pensamiento científico de aquella época, hablo a la gente común en su lenguaje cotidiano. En su insistencia de vivir conforme a la verdad tenía la creencia de que hay una ley moral que está presente en nuestras relaciones con otras personas, con todos los seres vivos, con la naturaleza en su conjunto y por su puesto con Dios.

El pensamiento económico de Gandhi se compone de sus ideas sobre el trabajo de las fuerzas económicas en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios en una sociedad. Sus pensamientos económicos nacen de sus preocupaciones filosóficas para el bienestar de los seres humanos y de la sociedad.

Gandhi solía hablar de “soñar sistemas tan perfectos que nadie necesitará ser bueno”. ¿Pero no es precisamente este sueño que ahora podemos poner en práctica en la realidad con nuestros maravillosos poderes de la ciencia y la tecnología? ¿Por qué pedir virtudes, que el hombre nunca podrá adquirir, cuando todo lo que se necesita es la racionalidad científica y la competencia técnica?

El modo capitalista de producción y la falta de respeto por la naturaleza, parece haber comenzado con el cambio en los valores. Desde tiempos antiguos la búsqueda de la ciencia estaba allí, pero la meta era la sabiduría. Es necesario observar como tales valores fueron desplazados a un segundo plano en el pensamiento económico moderno y entonces seremos capaces de apreciar las preocupaciones de Gandhi en este sentido.

El rechazo del sistema de educación colonial, que la administración británica había establecido a comienzos del siglo XIX en la India, fue una importante característica del fermento intelectual creado por la lucha de liberación. Muchas personalidades indias, entre las que se contaban dirigentes políticos, reformadores sociales, entre otros, expresaron su rechazo.

Pero nadie rechazó la educación colonial de modo tan radical y absoluto como Gandhi, ni nadie propuso una alternativa tan extrema como la suya. La crítica de la educación colonial por parte de Gandhi se centra en su crítica global de la civilización occidental. La colonización, incluido su programa educativo, era para Gandhi la negación de la verdad y de la no violencia, los dos valores para él supremos. El hecho de que los hombres de Occidente hubieran malgastado toda su energía, su industria y su ingenio en saquear y destruir a otras razas era prueba suficiente para Gandhi de

que la civilización occidental era un lamentable desconcierto. Por lo tanto, para él no era posible que esa civilización fuera un símbolo del progreso, ni nada digno de imitación en la India.

Gandhi quería que la educación, ayudara a la India a apartarse del concepto occidental de progreso, hacia una forma distinta de desarrollo, desde su punto de vista más adecuada a sus necesidades y más viable para todo el mundo que el modelo occidental de desarrollo. Planteaba el sistema educativo con una reflexión distinta, la del hombre contra la máquina, en donde el hombre representaba a toda la humanidad y la maquina representaba el Occidente industrializado.

Durante toda su existencia Gandhi consideró su vida personal y las causas por las que combatía en un contexto global. Esta percepción no fue menos aguda en la última década de su vida que en sus comienzos, cuando presentó su propuesta de una “educación básica”. (Gandhiji’s experiments in education, Delhi, Ministry of Education, 1960).

El eje central de la propuesta de Gandhi consistía en la introducción de una artesanía productiva en el programa de estudios. No se trataba simplemente de introducir una actividad artesanal como disciplina escolar obligatoria, sino de hacer del aprendizaje de una artesanía el eje de todo el programa de estudios. Por ambos conceptos, ello suponía una reestructuración a fondo de la sociología del conocimiento escolar en la India.

Para la sociedad india, el trabajar como artesano tenía relación directa con las castas inferiores. El conocimiento de los procesos de producción de artesanías tales como el hilado, el tejido, la alfarería, el trabajo de los metales, papel hecho a mano, etc., había sido un monopolio de determinadas castas en el escalón más bajo de la jerarquía social tradicional. El sistema colonial de educación hacía énfasis en técnicas tales como la alfabetización y otros conocimientos que eran exclusivos de las castas superiores.

La propuesta de Gandhi pretendía cambiar de arriba a abajo el sistema educativo. La filosofía social y el plan de estudios de la educación básica favorecían a los niños de las castas más bajas de la sociedad. Se trataba de alterar el significado simbólico de la educación y, por consiguiente, quebrantar la estructura establecida de las oportunidades de educación. Los argumentos de Gandhi para introducir los procesos de producción en la enseñanza no eran tan radicales como su interpretación.

Para él, las escuelas debían ser lo más autosuficientes posible, debido a dos razones, la primera de carácter puramente financiero, ya que una sociedad pobre no podía proporcionar educación a todos sus niños a menos que las escuelas generaran los recursos y el dinero necesarios para hacerlas funcionar. La otra razón era política, y era que la autosuficiencia financiera protegería de por sí a las escuelas contra la dependencia del Estado.

Los valores de autosuficiencia y autonomía eran fuertemente considerados por Gandhi, correspondían a su visión de una sociedad asentada en la verdad y en la no violencia. La autosuficiencia financiera estaba vinculada a la verdad, y la autonomía a la no violencia.

La educación básica era la representación misma de la idea que Gandhi tenía de lo que sería una sociedad perfecta, consistente en pequeñas comunidades autosuficientes. Para él, las aldeas de la India podían convertirse en esas comunidades; de hecho, consideraba que las aldeas indias habían sido históricamente autosuficientes y que la gran tarea radicaba ahora en restablecer su autonomía y crear las condiciones necesarias para la autosuficiencia económica y la dignidad política en las aldeas.

Desde su punto de vista, el dominio colonial había perjudicado la economía de las aldeas, sometiéndolas a la explotación de los habitantes de las ciudades. La liberación del yugo colonial significaría la transmisión de poder a la aldea y su desarrollo como comunidad viable. El plan de educación básica consideraba los principios de enseñar a los niños a realizar trabajos productivos e impartirles aptitudes y valores que les sirvieran para vivir en una comunidad cooperativa.

Dicho programa de desarrollo venía a raíz de la opinión que Gandhi tenía sobre la industrialización, la cual consideraba como una amenaza para el equilibrio humano.

Muchos han sido los debates sobre cuál fue la verdadera postura que Gandhi tuvo sobre la tecnología. Se entiende que no estaba en contra del espíritu de la ciencia y la tecnología modernas, sino más bien lo que no aceptaba era la modernidad de tipo occidental, que se limitaba a utilizar la ciencia y tecnología para explotar a las sociedades no europeas.

Preparar alguna acción desarrollando primero un modelo teórico no era su estilo. En el contexto de la ciencia y la industrialización, Gandhi parece haber actuado para reducir el ritmo del desarrollo del capitalismo y la industrialización en la India. Él quería que la India se desarrollara social y políticamente primero, para estar en condiciones de poder elegir frente a las presiones tecnológicas y de mercado procedentes del Occidente industrializado.

Según Gandhi, un sistema político viable para la India tenía que centrarse en las aldeas organizadas como círculos oceánicos; la metáfora trata de expresar el principio del poder local en combinación con el compromiso frente a la sociedad. Él pretendía que este sistema político se desarrollara antes de la modernización de los medios de producción, de modo que las masas que vivían en las aldeas no carecieran del poder necesario para proteger sus intereses frente a las exigencias de la modernización. (The collected works of Mahatma Gandhi, vol. LXVIII, pág. 258, Ahmedabad, Navajivan, 1977).

Para Gandhi, si una industrialización con una finalidad concreta significaba proteger el derecho de las aldeas a producir lo que pudieran sin enfrentarse a la competencia de las empresas mecanizadas a gran escala, la educación básica podía promover la capacidad productiva de los niños de la aldea con un plan de este tipo.

Gandhi consideraba que lo que aplastaba a la India no eran los ingleses, ni la pobreza, sino la civilización traída por el colonialismo. Detrás de la máquina se escondía la destrucción de:

- El hombre como persona comunitaria.
- Las tradiciones y culturas.
- La diversidad de modos de vivir y de sentir.
- Las propuestas para combatir dicha destrucción fueron:
- Aldeas que preserven sus identidades productivas, sus dignidades culturales y se asocien libremente entre sí.
- Fortalecimiento de los pueblos, los barrios, las producciones indígenas locales.
- Independencia económica y política desde la cual reconstruir un mundo diverso.

Gandhi consideraba que la sociedad de la India estaba conformada por grupos muy diversos y era necesario respetar esa diversidad. Observaba personas, familias y comunidades y su historia espiritual, económica, cultural.

Había que encontrar entonces maneras de enfrentar realmente tales diferencias. Mirar las vidas y situaciones concretas de la gente: hombres, mujeres, personas de todas las edades y reconocer su necesidad de actuar productivamente, no de sufrir acciones ajenas, es decir, su deseo de actuar con autonomía en sus vidas personales y comunitarias. El maquinismo concentra beneficios en el centro

y exporta daños y costos sociales a los alrededores. Hace perder el sentido de la realidad; destruye modos de producción autónomos anclados en la cultura, fomenta la necesidad de consumir.

2.4. LOS COMIENZOS PARA APROPIARSE DE LA TECNOLOGÍA: FUNDADORES

Uno de los fundadores de este movimiento es Chelbhai Shukla quien según sus propias palabras desde hace muchos años decidió seguir la filosofía de Gandhi ya que se siente identificado con muchas de sus ideas y lo hizo solo por eso, esa fue su convicción y hasta la actualidad la sigue manteniendo.

El principal motivo por el que resolvió establecer la institución fue para lograr el desarrollo de la región, de una comunidad rural en la que las tierras no eran productivas y en donde el principal problema al que se enfrentaban era la falta de agua.

Fue después de haber viajado a través de distintos países y ciudades tanto en América (Texas, California, en Estados Unidos) como en Europa (Alemania, Londres), etc., y observar los distintos desarrollos tecnológicos con los que ahí contaban, que regresa a India con la idea de implementar nuevos experimentos tecnológicos utilizando energía natural, como por ejemplo el viento.

Hace poco más de 30 años que llegaron a Gadhada y para tratar de solventar el problema de la falta de agua diseñaron y se enfocaron principalmente en dos proyectos: la captación de agua de lluvias para beber y un pozo de agua filtrada; ya que las opciones que el gobierno tenía para solucionar el problema de esta zona era mandar pipas de agua para vender a la población a precios muy elevados.

Considera que tecnología no es solo el desarrollo de grandes aparatos, de máquinas complicadas, es solo un cambio una adaptación, algo que te ayuda en el desarrollo de cualquier actividad: puede ser algo tan sencillo como el desarrollo de una mesa de estudios para los alumnos, que les ayude a mejorar o corregir su postura ya que ellos deben sentarse en el piso para tomar sus clases. O algo como el tradicional aparato utilizado en la agricultura para remover la tierra y abrir el surco con la implementación de pequeño aditamento ahora permitirá al mismo tiempo ir tirando la semilla, comento.

3. CONCLUSIONES

La excesiva confianza y la promoción de la tecnología como una receta de políticas para el crecimiento económico continuo han llevado a una situación peculiar en la práctica. En las sociedades actuales, independientemente del área del problema, llámese político, social, psicológico, etc., la reacción es buscar una innovación tecnológica para una solución. La filosofía de producción de la sociedad industrial moderna está dominada por la avaricia corporativa, el determinismo tecnológico, y el descuido ecológico.

El hombre moderno no se ve a sí mismo como parte de la naturaleza, sino como una fuerza externa destinada a dominar y conquistar; incluso habla de una batalla contra la naturaleza, olvidando que, en caso de ganar la batalla, él se encontraría en el bando perdedor. El pasar por alto este hecho nos lleva a alejarnos de la realidad y permite que no valoremos muchas veces ni a nosotros mismos.

Podremos malgastar los recursos económicos, materiales, etc., y con ello se estaría amenazando a la civilización, pero si malgastamos el capital, representado por la naturaleza que nos rodea estamos amenazando nuestra vida misma. Una vez que acabemos con la naturaleza se va y para siempre.

Para ver la posibilidad de un nuevo estilo de vida, con nuevos métodos de producción y los nuevos patrones de consumo: un estilo de vida diseñado para la permanencia. Todavía tenemos que aprender a vivir en paz, no sólo con nuestros semejantes, sino también con la naturaleza.

Como contestar la pregunta ¿Hay suficiente para todos? Porque inmediatamente nos encontramos con una seria dificultad: ¿Qué es suficiente? ¿Quién nos puede decir? Ciertamente no el economista que persigue el crecimiento económico como el más alto de todos los valores, y por lo tanto no tiene el concepto de suficiente. Hay sociedades pobres que no tienen nada, que carecen de prácticamente todo; pero dónde está la sociedad rica que dice: “¡Alto! Tenemos suficiente” hasta hoy no existe.

Desde el punto de vista económico, el concepto central de la sabiduría es la permanencia. El cultivo y la expansión de las necesidades es la oposición de la sabiduría. Cada aumento de las necesidades tiende a aumentar la dependencia de las fuerzas externas sobre las que uno no puede tener el control.

Debemos buscar una revolución en la tecnología para darnos inventos y máquinas que revierten las tendencias destructivas que hasta ahora nos amenaza a todos. Necesitamos métodos y equipos que sean:

- Baratos, lo suficiente para que sean accesibles a casi todo el mundo.
- Adecuados para aplicaciones a pequeña escala.
- Compatibles con la creatividad.

Quizá con estas tres características nacerá la no violencia y la relación del hombre con la naturaleza, que garantice la permanencia. Que los métodos y el equipo lleguen a tal nivel que permitan un amplio margen para la creatividad humana.

Económicamente, nuestra forma de vida consiste en cultivar constantemente la codicia y la envidia y construir así una amplia gama de necesidades totalmente injustificables. El hombre seguramente tiene que elevarse por encima de esta monotonía; su sabiduría le muestra la manera de hacerlo.

No puede ser posible que todo el tiempo estemos pensando que algo sea rentable siempre y cuando se obtengan beneficios expresados en términos de dinero. Lo que es peor, y destructivo de la civilización, es la pretensión de que todo tiene un precio, o, en otras palabras, que el dinero es el más grande e importante de todos los valores. La sociedad ideal desde la concepción de Gandhi se basa en el tipo de relaciones de mutua confianza y fiabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chohuduri, M. (n.d.). *Exploring Gandhi*. New Delhi: Rupak Printers.

Diwan, R. (1982). *Essay on Gandhian Economics: Total revolution and appropriate Technology*, New Delhi: Gandhi Marg.

Ghandi, M. (1932). *From Yeravda Mandir*. Ahmedabad. India. Navajivan trust.

Ghandi, M. (1960). *Gandhiji's experiments in education*. New Delhi: Ministry of Education.

Ghandi, M. (1977). *The collected Works of Mahatma Gandhi*, vol. LXVIII. Ahmedabad, India: Navajivd trust.

Guadano, E. d., & Feltrero Oreja, R. (2011). *Usuarios e innovación: apropiación de la tecnología como factor de desarrollo epistémico*. España.

Iyengar, S. (2013). *Review of Gandhian Economic Ideas in Economic Thought Perspective.*, Bhavnagar, India.

Kuarappa, J. (2007). *Economy of permanence*. New Delhi: Magan Sangrahalaya Samiti.

- Morichetti, M., Pike, J., y Pita, V.** (2012). *Historia: América Latina y Europa siglo XV y XVIII*. México, Santillana.
- Rodríguez, D.** (2005). *Apropiación social de la tecnología: un enfoque sociocultural del conocimiento*. Guadalajara, México: Universidad de Guadalajara.
- Schumacher, E.** (1973). *Small is beautiful*. London: Blondan Briggs Ltd.
- Shukla, C.** (2002). *Saurashtra Gandhiji Gramoddhar Trust-Gadhada*. Ahmedabad, India: Navajivan Printing Press.

CONSEJO EDITORIAL

Director

Víctor Gisbert Soler

Editores adjuntos

Maria J. Vilaplana Aparicio

Maria Vela Garcia

Vicente Sánchis Rico

Editores asociados

David Juárez Varón

F. Javier Cárcel Carrasco

COMITÉ CIENTÍFICO TÉCNICO

Área textil	Prof. Dr. Josep Valldeperas Morell <i>Universidad Politécnica de Cataluña, España</i>
Área financiera	Prof. Dr. Juan Ángel Lafuente Luengo <i>Universidad Jaume I; Castellón de la Plana, España</i>
Organización de empresas y RRHH	Prof. Dr. Francisco Llopis Vañó <i>Universidad de Alicante, España</i>
Estadística; investigación operativa	Prof. Dra. Elena Pérez Bernabéu <i>Universidad Politécnica de Valencia, España</i>
Derecho	Prof. Dra. María del Carmen Pastor Sempere <i>Universidad de Alicante, España</i>
Ingeniería y tecnología	Prof. Dr. David Juárez Varón <i>Universidad Politécnica de Valencia, España</i>
Tec. de la información y la comunicación	Prof. Dr. Manuel Llorca Alcón <i>Universidad Politécnica de Valencia, España</i>
Medicina y salud	Dra. Mar Arlandis Domingo <i>Hospital de San Juan de Alicante, España</i>



tecnología

Glosas de innovación aplicadas a la pyme