



Revista Politécnica

ISSN: 1900-2351

ISSN: 2256-5353

rpolitecnica@elpoli.edu.co

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid
Colombia

Cuautle-Gutiérrez, Luis; Cordero-Guridi, José de Jesús
REDUCCIÓN DE TRANSMISIÓN PARA VEHÍCULO TODO TERRENO CON
REALIDAD AUMENTADA Y DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA

Revista Politécnica, vol. 15, núm. 30, 2019, Julio-, pp. 32-40

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid
Medellín, Colombia

DOI: <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n30a4>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=607867636004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

REDUCCIÓN DE TRANSMISIÓN PARA VEHÍCULO TODO TERRENO CON REALIDAD AUMENTADA Y DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA

Luis Cuautle-Gutiérrez ¹, José de Jesús Cordero-Guridi ²

¹Doctor en Sistemas integrados de manufactura y estrategias de calidad, Profesor de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería Industrial y Automotriz en Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.

²Maestro en Ciencias en sistemas de manufactura, Profesor de tiempo completo de la Facultad de Ingeniería Industrial y Automotriz en Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.

Email: luis.cuautle@upaep.mx, josejesus.cordero@upaep.mx

RESUMEN

La transmisión en un automóvil es responsable de brindar la fuerza necesaria para superar las condiciones del recorrido. Esta investigación presenta la reducción dimensional de la caja de transmisión de un vehículo todo terreno de una universidad privada mexicana para mejorar su desempeño en una competencia nacional. Se empleó una metodología de diseño y desarrollo de producto utilizando una aplicación de realidad aumentada para validar la nueva geometría y disminuir el volumen actual de la caja, así como su posición correcta en el vehículo. Mediante el diseño asistido por computadora se garantizó que la carcasa podrá operar bajo condiciones adecuadas con un bajo nivel de vibraciones del sistema. Los resultados obtenidos muestran una reducción de 0.8 litros en volumen y un peso inferior en la transmisión en un 31%, además del desarrollo de una aplicación móvil para emular la posición en la estructura del vehículo.

Palabras clave: Realidad aumentada; Diseño asistido por computadora; Caja de transmisión; Educación

Recibido: 05 de Julio de 2019. Aceptado: 27 de Noviembre de 2019.

Received: July 05, 2019. Accepted: November 27, 2019.

TRANSMISSION REDUCTION FOR ALL-TERRAIN VEHICLE WITH AUGMENTED REALITY AND COMPUTER-AIDED DESIGN

ABSTRACT

The transmission in a car is responsible for providing the necessary force to overcome the conditions of the route. This research presents the dimensional reduction of the transmission box of an all-terrain vehicle of a Mexican private university to improve its performance in a national competition. A product design and development methodology was employed using an augmented reality application to validate the new geometry and decrease the current volume of the box, as well as its correct position in the vehicle. The computer-aided design ensured that the housing can operate under suitable conditions with a low level of system vibrations. The results obtained show a reduction of 0.8 liters in volume and a lower weight in the transmission by 31%, in addition to the development of a mobile application to emulate the position in the structure of the vehicle.

Keywords: Augmented reality, Computer-aided design; Gearbox, Education

Como citar este artículo: L. Cuautle, J. Cordero. "Reducción de transmisión para vehículo todo terreno con realidad aumentada y diseño asistido por computadora", Revista Politécnica, vol. 15, no.30 pp.32-40, 2019. DOI:10.33571/rpolitec.v15n30a4

1. INTRODUCCIÓN

A nivel universitario se han empleado diversas tecnologías para facilitar el aprendizaje del estudiante, tales como el uso de computadoras y retroproyectores, internet, programas de cómputo de aplicación, entre otros. Por otra parte, el mundo enfrenta una tendencia tecnológica llamada Industria 4.0 que plantea el uso de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y de conectividad para su aplicación en la manufactura [1]. De entre las técnicas más recientes aparece la Realidad Aumentada (RA) que plantea al usuario percibir el mundo real que lo rodea a través de elementos virtuales que se superponen [2] a través de diversos dispositivos tecnológicos como pueden ser los teléfonos inteligentes, las tabletas o dispositivos de realidad virtual [3].

En este sentido, las universidades han planteado programas de estudio que generan egresados con un mayor énfasis en las competencias profesionales [4] que en materias específicas. Actualmente, los maestros experimentan la RA con los modelos computacionales desarrollados por distintas aplicaciones o con modelos propios que propicien la asimilación en los estudiantes de las metas propuestas por el docente [5]. En síntesis, todos los participantes de la educación están obligados a crear y fabricar contenidos para la aplicación de las corrientes tecnológicas que faciliten la educación [6]. Respecto a la enseñanza de la ingeniería se han aplicado tecnologías digitales como la ingeniería inversa y procesos de diseño (CAD), ingeniería (CAE) y manufactura asistida por computadora (CAM) [7]. En las áreas de la química inorgánica y medicinal, las facultades de química han planteado representaciones espaciales para el entendimiento de las estructuras cristalinas, moleculares y orbitales [8]. En la formación de ingenieros industriales, se ha empleado un objeto virtual de aprendizaje en la materia de mecánica de fluidos [9].

En los años 70, el organismo SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices por sus siglas en inglés) crea una competencia internacional para estudiantes de educación superior denominada Baja SAE en donde se requiere conceptualizar y materializar un monoplaza capaz de transitar terrenos agrestes para fines de ocio [10]. Existen evaluaciones dinámicas y de diseño durante el concurso. Un requisito importante es recorrer un trayecto de 30.5 metros a partir de un vehículo inmóvil [11]. Un procedimiento universitario es

considerar esta competencia como una experiencia de aprendizaje situado para los alumnos de ingeniería debido al trabajo en equipo, niveles de organización e implementación de los saberes en situaciones reales.

El sistema de transmisión de un vehículo es responsable de proporcionar al conductor más que el par suficiente a las ruedas. Es decir, el par requerido para jalar las ruedas contra las cargas del camino a recorrer [12]. Por el tipo de pruebas que se realizan en Baja SAE, el desempeño del vehículo consiste en tener la fuerza y velocidad necesarias para superar los obstáculos que se presenten. Los principales componentes del sistema de transmisión son: embrague, caja de cambios/CVT, diferencial y transmisores de potencia [13]. De acuerdo a los requerimientos de velocidad y torque, el mecanismo CVT (transmisión continuamente variable por sus siglas en inglés) modifica el desempeño del sistema de transmisión [14]. El equipo representativo de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), aplicando el diseño de experimentos consigue una velocidad de 6.76 m/s a partir de modificaciones internas en la transmisión [15].

El presente trabajo tiene como objetivo la reducción de la transmisión del vehículo todo terreno de una universidad privada mexicana con realidad aumentada y diseño asistido por computadora y mejorar su desempeño en la competencia nacional anual.

2. MATERIALES Y METODO

En la realización de esta investigación se empleó una metodología de diseño y desarrollo de producto empleando una aplicación de realidad aumentada para validar la nueva geometría y disminuir el volumen actual de la caja. Para ello se siguieron los siguientes pasos: caracterización técnica, descomposición funcional, definición de variables críticas, generación de propuesta, validación dimensional de la nueva transmisión usando RA y la, validación CAE.

En cuestión de materiales, se contó con el diseño y caja del vehículo participante en la competencia de la universidad privada mexicana 2018 así como de software de CAD, CAE, CAM y RA como Solidworks 2018, CATIA V56R2018, EdgeCAM 2019, Unity 2018 y Vuforia Developer, todos ellos proporcionados por la universidad.

Caracterización técnica de modelo actual de transmisión

La transmisión actual tiene una relación de 9.22:1 con una masa de 8.60 Kg y un volumen de 1,904.59 cm³. La primera reducción es de 2.43:1 mientras que la segunda corresponde a una relación 3.80:1. El material de la tapa es de aluminio 6061 y el de los engranes y ejes es de acero AISI 8620. La caja cuenta con baleros RLS6 y usa aceite de transmisión manual Castrol. El diseño de la misma se muestra en la fig. 1.

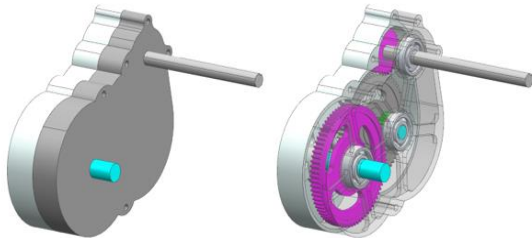


Fig. 1. Transmisión vehículo todo terreno 2018

Además, la fig. 2 exhibe la posición CAD de dicha transmisión en el vehículo.

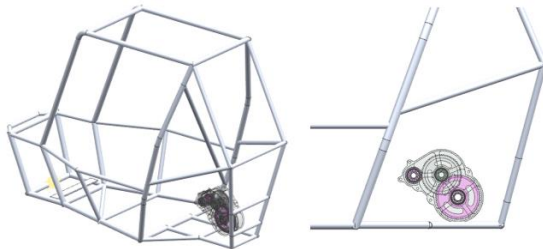


Fig. 2. Posición CAD de la transmisión 2018 en el vehículo

Descomposición funcional

En esta etapa, se desglosan las funciones principales de la caja de transmisión partiendo de los elementos que alimentan al sistema como es el motor hacia funciones de protección de partes internas, homocinéticas, reducción de fricción y variación de velocidad. El detalle de la descomposición funcional se presenta en la fig. 3.

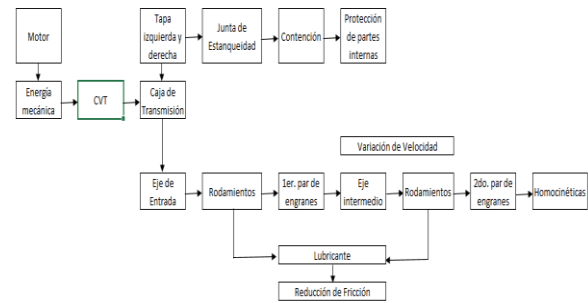


Fig. 3. Descomposición funcional del sistema de transmisión vehículo Baja SAE

Este modelo permite entender cuál es la relación de la carcasa de la transmisión dentro del conjunto total de componentes que integran la transmisión del vehículo, entendiendo que, dentro de los dos sistemas principales de la transmisión, los ejes y las tapas, estas últimas tienen un objetivo de contención y protección, lo cual es una variable que está relacionada con el peso y el volumen que tendrá que destinarse en el vehículo final.

Definición de variables críticas

Para realizar una comparación entre la versión actual de la caja de transmisión con la propuesta se plantean variables medibles de masa, volumen y área de superficie.

Generación de propuesta

De tal forma se afecta la masa y se modifican los diámetros con el objeto de que el vehículo tenga mejor desempeño al ser usado, cuente con un menor peso y se incremente la velocidad del mismo. El nuevo diseño se muestra a continuación en la fig. 4.

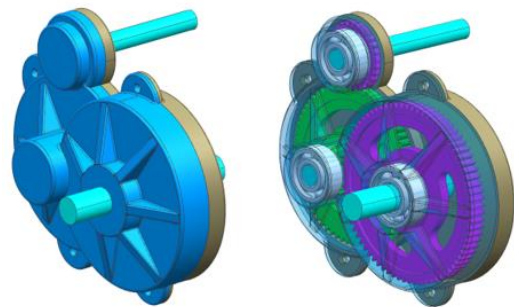


Fig. 4. Nuevo diseño del sistema de transmisión vehículo Baja SAE

Este nuevo modelo no solamente contiene una reducción espacial respecto del modelo actual, ver

fig. 5, sino que también incluye la definición de soportes para mejorar el comportamiento estructural de las carcasas.

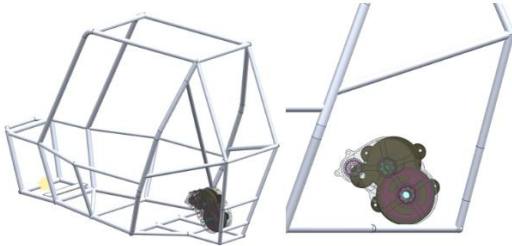


Fig. 5. Posición de la nueva transmisión en el vehículo, con referencia de la posición de la transmisión 2018

En la tabla 1, se señalan las modificaciones realizadas en términos de los nuevos valores de las variables críticas.

Tabla 1: Comparación de valores de las variables críticas

Variable a medir	Valores iniciales	Valores obtenidos
Masa	8.52 kg	5.90 kg
Volumen	1.87 lts	1.07 lts

Validación dimensional de la nueva transmisión usando realidad aumentada

Uno de los objetivos de la planeación del nuevo modelo de transmisión para el vehículo, fue el espacio destinado para la transmisión actual pudiese contener la nueva geometría planteada. El espacio que se destina para la transmisión es un elemento importante dentro de la competencia, ya que un volumen de transmisión grande es muy probable que contenga un mayor peso en la transmisión, lo que afectara variables finales como velocidad o aceleración en el auto todo terreno. Una de las metas fijadas dentro de la competencia 2019 es la reducción en el volumen y peso.

Para validar este objetivo dimensional se planteó el uso de una superposición del modelo CAD de la nueva transmisión usando realidad aumentada con herramientas de la aplicación Unity y Vuforia

Developer. Esta validación digital permitirá conocer directamente en el vehículo y comparándolo con la transmisión actual, una aproximación visual a lo que debería obtenerse en la fabricación y posteriormente en el ensamble físico.

El primer paso realizado fue el uso de la nueva geometría CAD, esta geometría fue modelada en Solidworks como se mostró en el paso anterior. Enseguida para desarrollar la aplicación fue el ajuste de propiedades visuales y posición, así como la exportación a un formato de archivo que le permitirá poder ser visualizable en realidad aumentada. Se toma el modelo y usando herramientas de conversión de formatos CAD a filmbox (.fbx), se genera la posición y las propiedades visuales del objeto tal y como se muestra en la fig. 6.

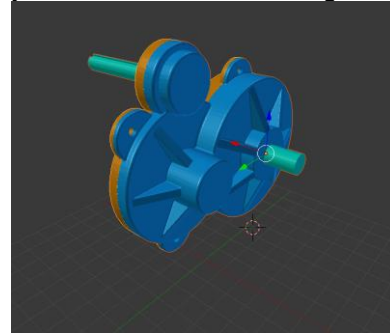


Fig. 6. Posición espacial y propiedades visuales para aplicación de realidad aumentada

La posición espacial correcta del modelo es importante ya que debe ser la misma que se creó en el modelo digital y que será visible en la app. Posteriormente en Unity se crea la plantilla de realidad aumentada con los operadores necesarios para poder visualizarlo con Vuforia, como se muestra en la fig. 7.

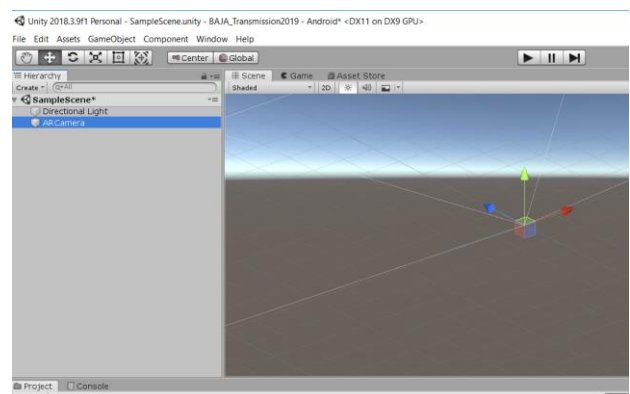


Fig. 7. Plantilla realidad aumentada en Unity

Esta plantilla se basa en el uso de luces para la renderización del modelo digital y en una cámara RA que contiene la descripción de la posición, escala y propiedades gráficas para el campo de visualización brindado por el smartphone o tablet. Una vez que se cuenta con la plantilla, se exporta a Unity para posicionarla espacialmente tal y como se muestra en la fig. 8.

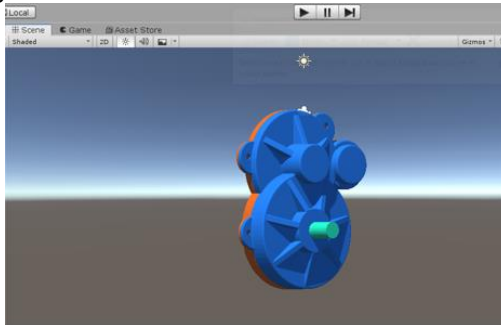


Fig. 8. Nueva geometría CAD de la transmisión

Una aplicación RA requiere de una imagen o logo que servirá a la aplicación RA escanear y mostrar el modelo CAD y la superposición en el modelo físico. El logo será el objeto físico para colocar en la estructura del vehículo todo terreno y observar la propuesta de la posición de la nueva transmisión. Para este propósito se empleó la aplicación digital Vuforia Developer, donde se da alta en el servidor del desarrollador una imagen con definición adecuada y un tamaño máximo de 2mb. A continuación, se maneja una categorización de estrellas (1 estrella es la peor calificación, 5 estrellas es la mejor) para poder identificar que el logo o imagen podrá ser observado fácilmente por el smartphone o tablet, como se observa en la fig.9.

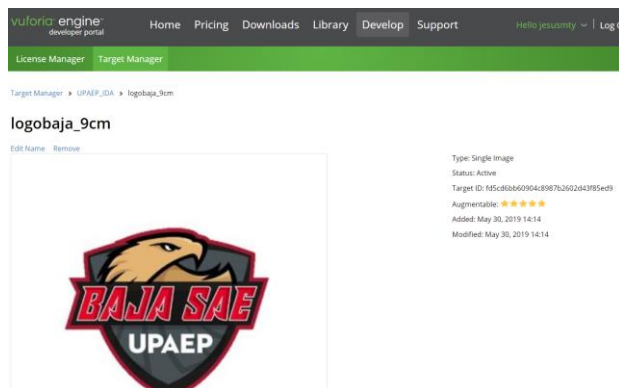


Fig. 9. Alta de logo o imagen para escaneo con app

Este logo se convierte en una referencia en los servidores de Vuforia, y da el acceso a la

información digital. Se creó y dio de alta en los servidores de Vuforia para su uso en la app correspondiente. Posteriormente en Unity, se insertó desde el servidor el logo desarrollado, posicionando el mismo para después replicar su posición en la estructura del vehículo físico. En la fig. 10 se muestra el montaje correspondiente.



Fig. 10. Montaje en Unity de la transmisión

Posteriormente, para generar la app se basó en su exportación a formatos de Android. Se detallaron las propiedades en la aplicación para el smartphone y posteriormente se exportó al smartphone para la validación de la app, como se muestra en la fig. 11.

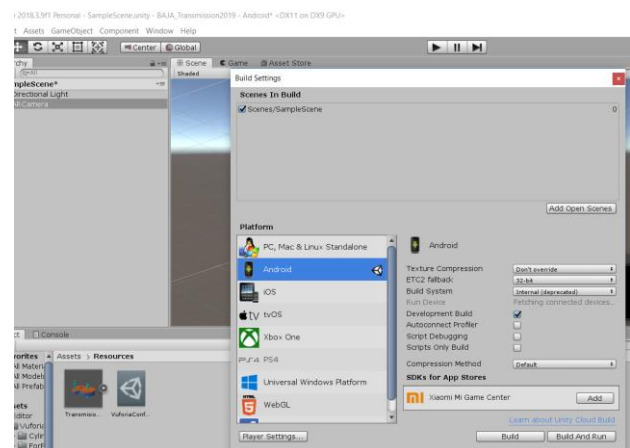


Fig. 11. Detalles de exportación a smartphone Android

Finalmente se desarrolló la app que servirá para visualizar mediante un smartphone o una tablet, la posición de la propuesta de la nueva transmisión. La fig. 12 contiene la imagen o marca necesaria para activar el modelo CAD, un smartphone compatible con aplicaciones RA y la app creada para Android.



Fig. 12. Aplicación funcionando en el teléfono o tablet

En la fig. 13, se muestra la ubicación del logo físico que se colocó en la estructura del BAJA, y los resultados de la visualización del modelo digital usando un smartphone LG stylus 4. Se observa que el espacio destinado a la nueva transmisión cumple con los requerimientos físicos necesarios para su instalación. Incluso se observa que el espacio sobrante se puede destinar a mejorar la geometría principal del vehículo.



Fig. 13. Posición de la transmisión en la estructura del vehículo

Validación CAE

Debido a las características de la competencia Baja SAE, las cuales son extremas debido a los elementos todoterreno que caracteriza al evento, es importante asegurar que la geometría propuesta para la nueva transmisión pueda resistir diversas fuerzas a las cuales se someterá durante su funcionamiento. Se proponen dos tipos de estudios CAE, análisis estático lineal y análisis modal para esto.

Mediante el uso de la plataforma de simulación Solidworks 2019, se realizan los estudios considerando el material, las restricciones, la información de mallado y los parámetros aplicados. La tabla 2 resume los valores obtenidos.

Tabla 2: Valores del análisis estático lineal y modal

Variable crítica	Análisis estático lineal	Análisis modal
Material	Material: Aleación 6061 Tipo de modelo: Linear Elastic Isotropic Esfuerzo de cedencia: 5.5148×10^7 N/m ² Resistencia a la tracción: 1.2×10^8 N/m ² Módulos elásticos: 6.9×10^{10} N/m ² Coeficiente de Poisson: 0.33 Densidad de masa: 2700kg/m ³ Módulo de corte: 2.6×10^9 N/m ² Coeficiente de expansión térmica: 2.4×10^{-5} /Kelvin	
Restricciones	Soportes fijos	5 Soportes fijos
Información de mallado	Numero de nodos: 41856 Número de elementos: 21754 Tamaño de elemento: 5.490106 mm	Numero de nodos: 58084 Número de elementos: 31172 Tamaño de elemento: 4.782693 mm
Parámetros aplicados	Estudio de frecuencia	Fuerzas aplicadas en secciones de conexión de 5000N

Para el estudio de análisis estático lineal, se aplican fuerzas en la zona del ensamble con los ejes de transmisión y se empleó el criterio de Von Mises, desplazamientos y factor de seguridad. Considerando las fuerzas y restricciones aplicadas,

así como el factor de seguridad considerado de 1.5, el desplazamiento máximo es de 0.08268 mm, el cual es muy pequeño. Entre tanto, el valor del esfuerzo máximo de 5.149×10^7 N/m² comparado contra el valor de cedencia del material es de 5.515×10^7 N/m², este valor aún está por debajo del valor del material aplicado. Ambos resultados garantizan que la carcasa de la transmisión podrá operar bajo condiciones adecuadas durante la competencia.

En los resultados de aplicación de los modos normales de vibración; ver fig. 14, se puede observar que los valores obtenidos no alcanzan la frecuencia de operación del motor Briggs & Stratton utilizado en el vehículo de 33.33 a 83.33 Hz (2000 rpm - 5000 rpm). Lo que permite operar con seguridad con las vibraciones producidas en el sistema.

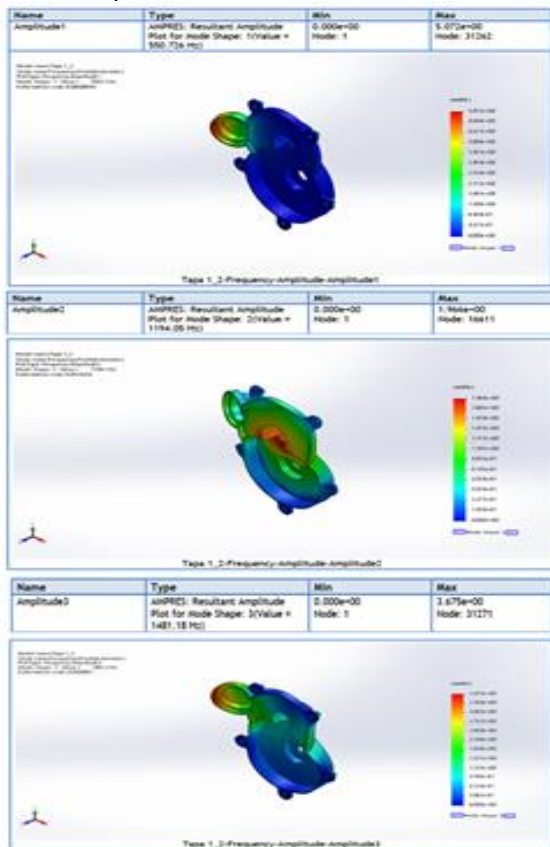


Fig. 14. Modos normales de vibraciones

La tabla 3 detalla los cinco modos normales de vibración empleados, así como sus respectivos valores.

Tabla 3: Modos de vibración y sus valores correspondientes.

Modo de vibración	Rad/seg.	Hertz	Segundos
1	3460.3	550.73	0.0018158
2	7502.4	1194.1	0.00083749
3	9306.5	1481.2	0.00067514
4	10730	1707.1	0.00058557
5	12414	1975.8	0.00050612

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta investigación comprueba que la realidad aumentada en efecto apoya a mejorar el desempeño de toda clase de sistemas, tal y como lo muestra Hamacher et al., en su investigación de interfaces humanas [16] o en la promoción y comercialización de apartamentos a posibles compradores [17]. Con respecto a la mejora del sistema de transmisión se realizaron cambios en diversos diámetros, en el paso diametral con sus correspondientes afectaciones en peso total y costo de producción. La comparación final entre sistemas se observa en la tabla 4.

Tabla 4: Comparativa de sistemas de transmisión

Característica	FNR DANA H- 12 IRS	Actual UPAEP 2018	Optimizada UPAEP 2019
Diámetro (Engrane mayor)	0.875in	1.67in	1.67in
Diámetro (Engrane menor)	0.77in	6.33in	6.33in
Paso diametral	27/48	12	12
Peso Total	15.87lb	8.52Kg	5.90kg
Costo (USD)	USD500	USD1,011	USD758
Volumen	1.6 lts	1.87 lts	1.07lts

Ratio	13.25:1	9.22:1	9.22:1
-------	---------	--------	--------

De la reducción de la caja de transmisión para el vehículo todo terreno se logró una reducción en el peso de 2.62 kilogramos y de 0.80 litros en volumen. Con el uso de realidad aumentada se comprobó la posición correcta y el ahorro de espacio, así como de peso y costo que se obtiene con el nuevo modelo. Por su parte, la CAE resultó de gran utilidad pues permitió el uso de simulaciones por computadora en lugar de la creación de prototipos físicos de prueba. Esto redujo de manera considerable el tiempo de introducción del nuevo modelo de caja de transmisión tal y como Mandal realizó en la mecanización de granjas en el estado de Bengala Occidental de la India [18]. De igual forma se proponen principios adecuados de funcionamiento de la carcasa de transmisión para la competencia, así como el bajo nivel de vibraciones del sistema. En términos de la satisfacción de los usuarios con la propuesta realizada del sistema de transmisión y el actual desempeño del vehículo, la respuesta fue muy positiva. Esta situación coincide con la de Cabero-Almenara et al. donde los estudiantes universitarios consideraron que el uso de realidad aumentada en diferentes contextos formativos promueve la creatividad, imaginación y curiosidad de la persona [19]; así como la de Martínez y Fernández que señalan que los alumnos de pedagogía que han empleado la realidad aumentada la consideran una herramienta valiosa y de gran utilidad para su aprendizaje [20].

4. CONCLUSIONES

En este artículo se propone un proceso de desarrollo de producto, específicamente para la transmisión nueva del vehículo todo terreno de la universidad privada mexicana, UPAEP, ante la necesidad de mejorar su desempeño en las futuras competencias. Como parte de esta investigación, se desarrollaron procesos para detectar propiedades críticas que impactarían en el funcionamiento de la transmisión y además se propusieron métricas para comparar productos existentes y poder identificar las mejoras que se obtendrían. Dentro de estas actividades, se generó un modelo de realidad aumentada para validar la posición final respecto del diseño anterior de la transmisión, y del cual se puede concluir que la RA ofrece la ventaja de validar la posición geométrica en condiciones físicas de forma previa al proceso de fabricación, lo que favorece el proceso

de diseño y construcción de componentes automotrices. De igual forma, se obtiene un impacto directo en los costos unitarios al reducir la cantidad de prototipos físicos y también en la reducción de dimensiones con los resultados obtenidos. Posteriormente se desarrollaron modelos de diseño asistido por computadora, los cuales, mostrando resultados favorables para el comportamiento estructural de la transmisión, evidenciaron que es una herramienta útil para validar las propuestas de diseño y brinda certeza que el desempeño esperado será el adecuado. Dentro del proceso de desarrollo del producto, se concluye que ambas herramientas permiten mejorar la confianza en el diseño y la construcción de componentes mecánicos, también reducen el riesgo en la fabricación de la transmisión asegurando propiedades idóneas de funcionamiento y posición geométrica. En un trabajo futuro se planteará el uso de la app y los modelos creados para la validación del resto de los componentes del vehículo BAJA, así como el desarrollo de información de mantenimiento en tiempo real para el modelo de realidad aumentada.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla por el apoyo brindado en la realización de esta investigación.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Lee, J., Lapira, E., Bagheri, B. y Kao, H. Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment, *Manufacturing letter*, 1(1), 38-41, 2013.
- [2] Azuma, R. T. A survey of augmented reality. *Presence*, 6(4), 355-385, 1997.
- [3] Cabero, J., Barroso, J. y Gallego, O. La producción de objetos de aprendizaje en realidad aumentada por los estudiantes. Los estudiantes como prosumidores de información, *CEF*, 11, 15-46, 2018.
- [4] Rizov, T. y Rizova, E. Augmented reality as a teaching tool in higher education, *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, 3(1), 7-15, 2015.
- [5] Rodríguez-García, A.M., Hinojo-Lucena, F.J. y Ágreda-Montoro, M. Diseño e implementación de una experiencia para trabajar la interculturalidad en Educación Infantil a través de realidad aumentada y códigos QR, *Educación*, 55(1), 59-77, 2019.

- [6] Cupitra, A. y Duque, E. T. Profesores aumentados en el contexto de la realidad aumentada: una reflexión sobre su uso pedagógico, *El Ágora USB*, 18(1), 245-255, 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.21500/16578031.3178>
- [7] Carro, J., Flores, F., Flores, I. y Hernández, R. Industry 4.0 and Digital Manufacturing: a design method applying Reverse Engineering, *Ingeniería*, 24(1), 6-28, 2019.
- [8] Martínez-Hung, H., García-López, A. y Escalona-Arranz, J.C. Modelos de Realidad Aumentada aplicados a la enseñanza de la Química en el nivel universitario, *Revista Cubana de Química*, 29(1), 13-25, 2017.
- [9] Alvarez-Marin, A., Castillo-Vergara, M., Pizarro-Guerrero, J. y Espinoza-Vera, E. Realidad Aumentada como Apoyo a la Formación de Ingenieros Industriales, *Formación Universitaria*, 10(2), 31-42, 2017. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062017000200005>
- [10] SAE. Breve historia de SAE. Disponible en <https://www.saemx.org/sobre-saemx> [consultado el 21 de mayo de 2019].
- [11] Boccardo, R. Baja SAE USB como caso de aprendizaje orientado por proyectos desde la perspectiva del paradigma de la complejidad, *Revista de Docencia Universitaria*, 13(3), 289-307, 2015.
- [12] Jain, R. y Ranjit, P.S. Design of a Drivetrain for Sae Baja Racing Off-Road Vehicle, *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*, 1(4), 27-35, 2015.
- [13] Kumar, N. y Verma, N. Transmission of SAE Baja, *International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, 4(5), 80-84, 2017.
- [14] García, O. Desarrollo del Sistema de Transmisión del Prototipo Baja SAE UPAEP [Tesis de Licenciatura]. Puebla, México: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 2013.
- [15] Cuautle, L., Torres, A., García, R.A. y González J.E. Análisis de diseño factorial para mejorar la velocidad de un vehículo Baja SAE. *Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals*. Celaya, México, Volumen 8, No. 5, 1286-1291, noviembre 2016.
- [16] Hamacher, A., Hafeez, J. y Csizmazia, R. Augmented Reality User Interface Evaluation – Performance Measurement of Hololens, Moverio and Mouse Input, *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 13(3), 95-107, 2019. <https://doi.org/10.3991/ijim.v13i03.10226>
- [17] Supriyadi, H. y Kom M. Augmented Reality Technology (AR) as Alternative Media for Promotional Product, *Global Business and Management Research: An International Journal*, 11(1), 195-202, 2019.
- [18] Mandal, D. Computer-aided engineering approach for small farm holdings in West Bengal state of India, *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 19(3), 39-46, 2017.
- [19] Cabero-Almenara, J., Vázquez-Cano, E. y López-Meneses, E. Uso de la Realidad Aumentada como Recurso Didáctico en la Enseñanza Universitaria, *Formación Universitaria*, 11(1), 25-34, 2018. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062018000100025>
- [20] Martínez, S. and Fernández, B. Objetos de Realidad Aumentada: Percepciones del Alumnado de Pedagogía, *Revista de Medios y Educación*. 53, 207-220, 2018.