



**Examen de  
selección Vs  
deserción escolar  
en nivel superior**  
*Una aproximación a la  
realidad universitaria*

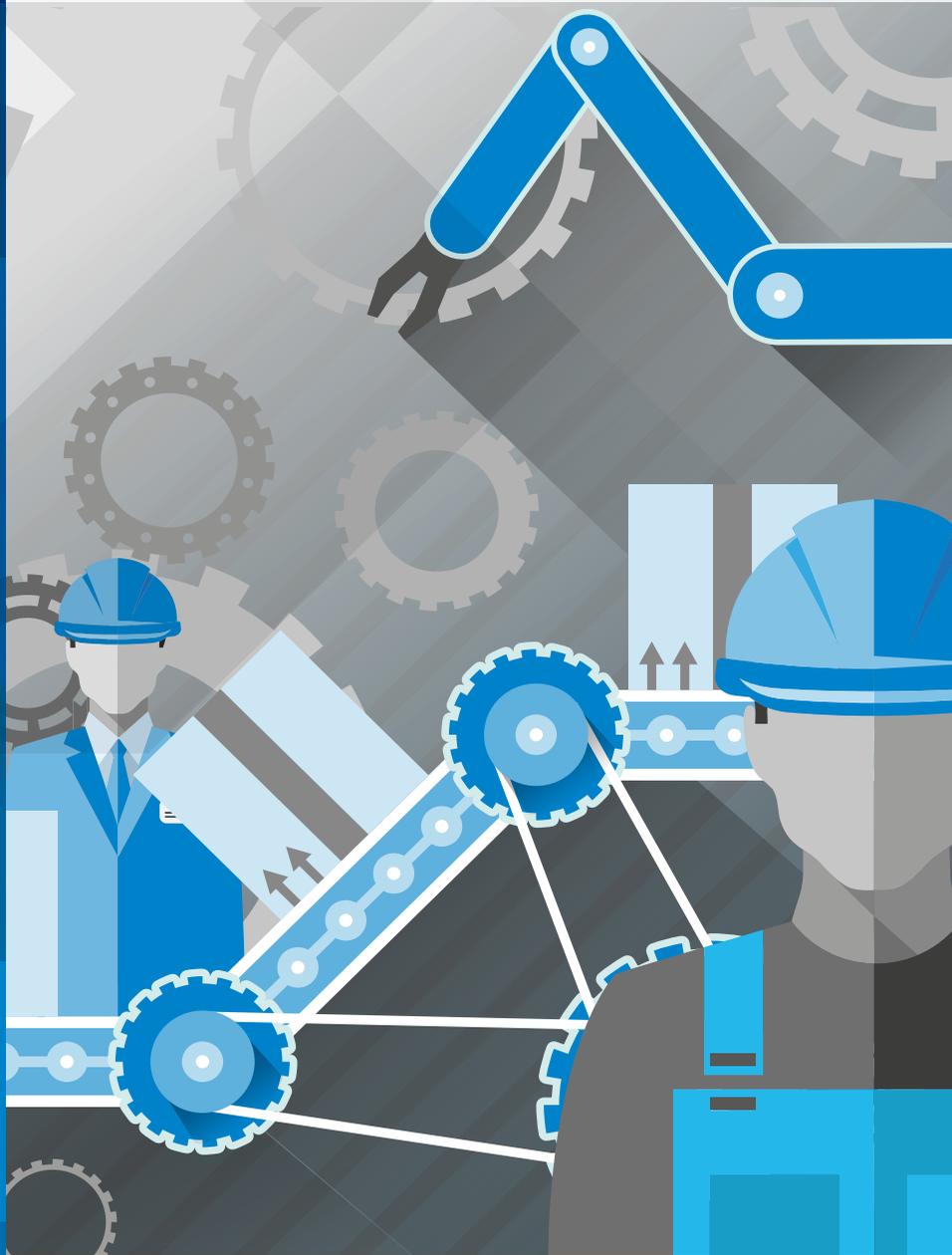
**Manufactura  
aditiva**  
*una alternativa de  
producción actual*

**Modelado y  
simulación del  
automóvil en  
Matlab-Simulink-  
Carsim aplicado a  
la estabilidad del  
vehículo**

**Estimación del  
volumen de  
sedimento en una  
porción del  
campo de dunas**

# REA>>KION

Ciencia y tecnología universitaria



Año 5, Número 3. 2018



## Carta Editorial

La revista *Reaxión* en la décimoquinta edición presenta reflexiones sobre temas de interés e impacto nacional e internacional, no sin antes reconocer el esfuerzo de los/las autores/as, árbitros así como a los miembros del consejo y del comité editorial que con su valioso apoyo permite la publicación de este número; a los/las lectores/as agradecemos la preferencia que nos alienta para continuar con muchos números más.

En esta edición tenemos el gusto de compartirles artículos relevantes referentes a distintas disciplinas; en el área de ciencias sociales tenemos el artículo “*Examen de selección Vs deserción escolar en nivel superior: Una aproximación a la realidad universitaria*”, que tiene como objetivo identificar, cómo la demanda de la educación superior en México crece significativamente, además de comparar la disminución de vacantes que ofertan las universidades públicas. Por ello, propone la evaluación general de ingreso como herramienta para la selección de aspirantes.

En el áreas de Ingeniería y Ciencias exactas, tenemos dos artículos: el primero es “*Manufactura aditiva, una alternativa de producción actual*” que explica cómo en una PyME dedicada a la fabricación de perillas para estufa a base de baquelita pueden producirse a través de moldeado por compresión. Este sistema usa un escáner Handyscan 700 y el programa de diseño Geomagic Design X que diseñan un prototipo de una perilla para cocina con las características requeridas.

El segundo artículo es “*Modelado y simulación del automóvil en Matlab-Simulink-Carsim aplicado a la estabilidad del vehículo*”; presenta el modelado matemático no lineal de un automóvil utilitario considerando la dinámica de la velocidad longitudinal, velocidad lateral y velocidad angular de viraje o yaw. Estas dinámicas simuladas en simulink con las normas ISO 3888-1 e ISO 7401 sirven como plataforma para el uso del CarSim, es interesante porque las simulaciones arrojadas son vistas en 3-D.

Finalmente, comentamos otro artículo del área de Química “*Estimación del volumen de sedimento en una porción del campo de dunas “CONALEP”*” que con el objetivo de estimar el volumen de sedimentos en una porción del campo de dunas “CONALEP”, en Ensenada, Baja California, contrasta dos técnicas: el método clásico de nivelación diferencial (ND) y el modelo digital de elevación (MDE) para la simulación.

Agradecemos todas las participaciones, apreciamos el esfuerzo y trabajo experto. Es un privilegio leer sus trabajos y reconocer el tiempo, esfuerzo y proceso que requieren sus investigaciones.

# INDICE

**Manufactura aditiva, una alternativa de producción actual**

*PAG.1*

**Modelado y simulación del automóvil en Matlab-Simulink-Carsim aplicado a la estabilidad del vehículo.**

*PAG.13*

**Estimación del volumen de sedimento en una porción del campo de dunas "CONALEP"**

*PAG 23*

**Examen de selección Vs deserción escolar en nivel superior: Una aproximación a la realidad universitaria.**

*PAG.33*

## Comité Editorial

Liliana González Arredondo  
*Editor en jefe*

Laura Margarita Aguilar Cervantes  
*Corrector Editorial*

Adriana López Barberena  
*Representante de Área Económico Administrativo*

Jessica Sandoval Palomares  
*Representante de Investigación*

Daniel Israel Rodríguez Gante  
*Integrador Web*

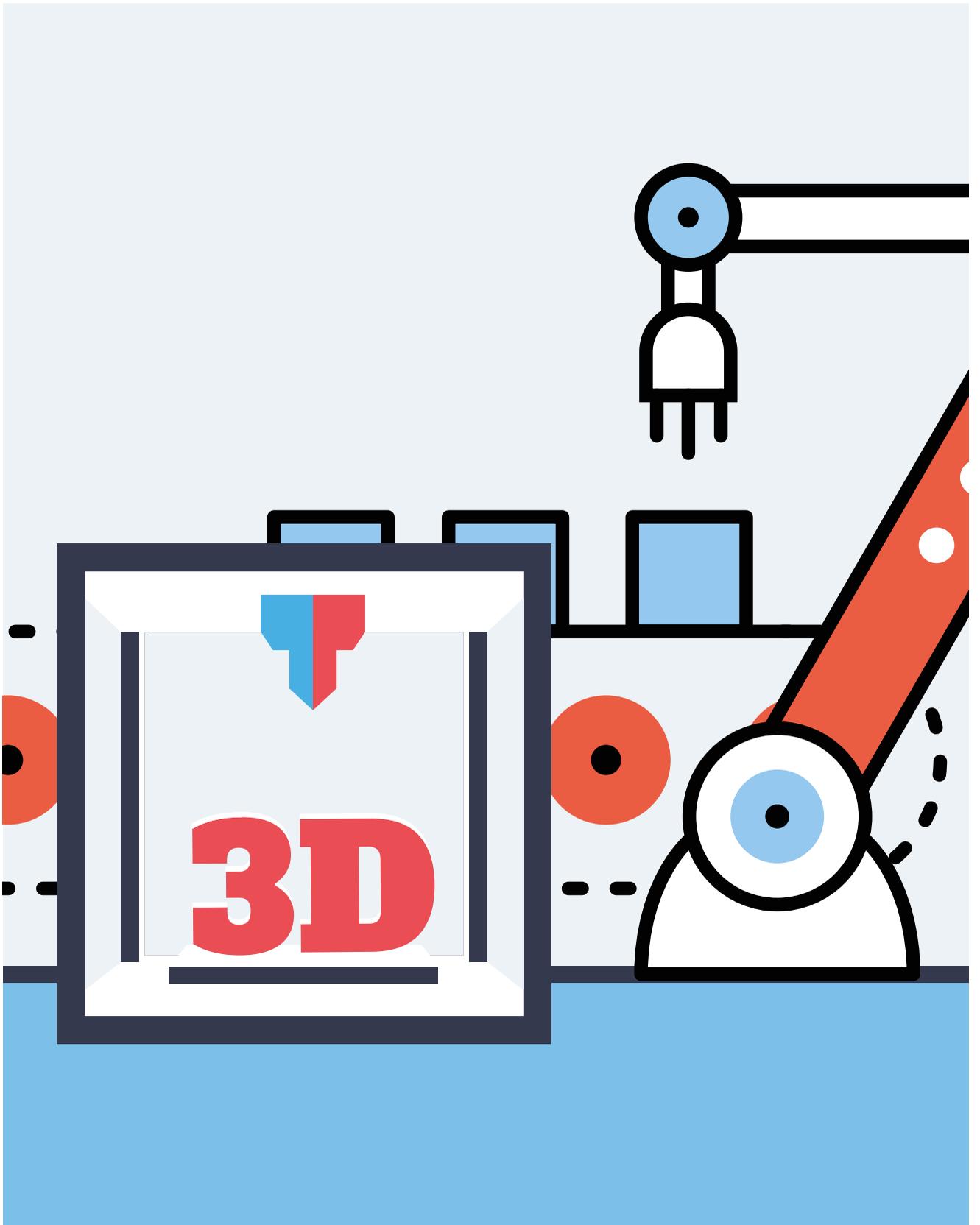
Ma. Guadalupe Serrano Torres  
*Representante de Área Económico Administrativo*

Ricardo Miguel Sánchez Durán  
*Representante de Área Tecnologías de la Información y Comunicación*

Jorge Israel Sánchez Rábago  
*Diseño Gráfico*

J. Guadalupe Santos Gómez  
*Representante de Área Ingenierías*

Roberto Gutiérrez Guerra  
*Representante de Sustentabilidad para el Desarrollo*





# Manufactura aditiva, *una alternativa de producción actual*

Por:  
Gema Georgina Moreno Sanchez  
José Azael Molina Gil  
María del Rosario Francés Reynoso  
Israel Becerril Rosales

## Resumen

La actual demanda de calidad y bajos costos ha generado que la manufactura se encuentre en proceso de una nueva revolución industrial. La Fabricación Aditiva o Additive Manufacturing (AM)<sup>1</sup> utiliza impresoras tridimensionales<sup>2</sup> que mediante diferentes técnicas y a partir de un modelo digital permita crear piezas de diversos materiales. Este trabajo se enfocó en una PyME dedicada a la fabricación de perillas para estufa a base de baquelita, producidas a través de moldeado por compresión. El uso del escáner Handyscan 700 y el programa de diseño Geomagic Design X ayudaron a diseñar un prototipo rápido de una perilla para estufa con las características requeridas por la clientela y posteriormente, a fabricar el molde para su producción.

## Palabras clave

- Manufactura aditiva
- Escaneo tridimensional
- Prototipado Rápido

## Abstract

*The current demand for quality and low costs has generated manufacturing is in the process of a new industrial revolution, Additive Manufacturing or Additive Manufacturing (AM)<sup>1</sup> uses three-dimensional printers<sup>2</sup> using different techniques and starting with a digital model to create parts using different materials. This work focuses on a SME dedicated to the manufacture of bakelite-based stove knobs produced through compression molding, which with the use of the Handyscan 700 scanner and the design program Geomagic Design X helped to design a rapid prototype of a kitchen knob with the characteristics required by the client, and once the design has been validated, proceed to manufacture the mold for its production.*

## Keywords

- Additive manufacturing
- Three-dimensional scanning
- Rapid Prototyping.

## Introducción

Las decisiones de abandonar un producto, modificar los existentes y lanzar otros nuevos, independientemente del tamaño o actividad son de vital importancia para cualquier empresa. Estas decisiones conciernen no solo a la comercialización, sino a toda la organización ya que define la permanencia de la empresa, dado que el objetivo es satisfacer las necesidades de la clientela. El acelerado cambio en los gustos, la tecnología y la competencia impide que cualquier compañía pueda prescindir del desarrollo de nuevos productos o servicios a mediano y largo plazo. Los productos tienen un ciclo de vida y si no se modifican o sustituyen; las ventas, la participación en el mercado y las ganancias se verán reducidas<sup>3</sup>.

Actualmente para el país, es necesario potenciar tecnológicamente los procesos de manufactura o al menos, acercar parcialmente, las tecnologías y aplicaciones empleadas a nivel internacional. La integración entre el diseño y la manufactura mediante las técnicas CAD/CAM ha permitido el desarrollo de productos en forma rápida, óptima y eficiente. Otra integración importante es en los equipos de digitalización, equipos de reproducción 3D y los sistemas CAD.



Hoy es posible, pasar automáticamente (a través de intercambio de información computacional) la información obtenida de un equipo de digitalización a una impresora tridimensional; de una máquina de medición por coordenadas a un sistema CAD. O bien, con el escaneo tridimensional, que ha tenido un desarrollo progresivo en los últimos veinte años, especialmente para digitalizadores ópticos sin contacto.

Los escáneres son cada vez, más portátiles, accesibles y capturan puntos con mayor rapidez y exactitud. Estas características sumadas a las necesidades en manufactura han permitido tanto a universidades como industrias realizar desarrollo e investigación en ingeniería. El postprocesado de información del escaneo 3D (Conversión de puntos captados por el escáner en modelos de superficie spline) se puede realizar con herramientas comerciales como: Geo-

magic, Rapidform, Polyworks, SolidWorks/Scan to 3D, etc.<sup>4</sup> La copia de modelos sin necesidad de planos y hasta para la evaluación de conformidad de modelos CAD 3D con modelos originales o pruebas de manufactura exigen que las investigaciones actuales y la manufactura aditiva avancen constantemente para mejorar en el campo de las tecnologías y de la producción.

## Manufactura Aditiva (AM)

La manufactura no solo consiste en la creación de productos físicos; la elaboración tradicional de un producto comienza por una idea que debe de tener ciertas condiciones para posteriormente realizar un diseño y por último, la fabricación del producto. Sin embargo, conforme avanza la tecnología, la competencia en el mercado aumenta con la aparición de nuevos contendientes además de herramientas innovadoras que permiten ofertar servicios o productos de mayor calidad, lo que exige búsqueda de diferentes técnicas que permitan la continuidad en el mercado.

Mientras que la producción a gran escala domina algunos segmentos de la cadena de valor, surgen modelos innovadores de manufactura (manufactura local con distribución a pequeña escala, ecosistemas de manufactura sin conexión directa, y manufactura ágil) para aprovechar estas nuevas oportunidades<sup>5</sup>; esto ha provocado que la fabricación de forma tradicional genere poco o nulo valor en los productos. Por esta razón, es necesario ir a la par con los avances tecnológicos que están dando lugar a esta nueva revolución industrial, para ello, es necesario saber en qué consiste este tipo de manufactura, sus ventajas y desventajas, así como la forma en la que se puede aprovechar.

En el momento en que cambia “impresión 3D” por “manufactura aditiva”, las dudas se comienzan a disipar y se encuentra un proceso que en estos años ha sido muy socorrido por diversas industrias verticales del mercado<sup>6</sup>. A menudo, los términos de impresión 3D y fabricación aditiva se utilizan como sinónimos, especialmente en el lenguaje coloquial; sin embargo, no son exactamente lo mismo. La impresión 3D, como heredera del prototipado rápido, hace alusión a la fabricación de modelos o piezas finales de modo rápido pero limitado y, habitualmente se limita a un tipo concreto de tecnología aditiva<sup>7</sup>. Si se aplica en tecnologías de producción y en cadenas de suministro, se suele utilizar el término fabricación aditiva o manufactura aditiva (AM)<sup>8</sup>. La Manufactura Aditiva se basa en la periódica superposición de capas micrométricas de material (plástico o metal), en forma de polvo, hilo, láminas, etc. (según el tipo de tecnología que se esté utilizando) hasta conseguir el objeto deseado.



Existen muchos procesos de manufactura aditiva, dependiendo del tipo de material que se maneje, en este caso, se basa en el uso del plástico que se muestran en la tabla 1.

Tipo de tecnología	Aplicaciones	Características
Estereolitografía (SLA o SL) Utiliza lecho completo líquido	Modelos de fundición. Moldes de inyección, soplado, etc.	Necesario personal especializado. Toxicidad de ciertos materiales. Tiempo de post-curado y operaciones de acabado. Se puede mecanizar. Elevada capacidad de reproducir detalles. Relativamente rápido.
Fused Deposition Modelling (FDM) Utiliza filamentos de plástico	Prototipos de bajo coste. Modelos a escala. Diseños conceptuales.	Piezas de precisión limitada. No válida para prototipos funcionales. Poca resistencia. Sin requisitos de instalación, se pueden utilizar en oficinas y sobremesas. Máquinas muy baratas
FFF (Fused Filament Fabrication) Utiliza filamentos de plástico	La capacidad de personalizar fácilmente los rellenos de los objetos que se imprimen.	Esto es particularmente beneficioso para cualquier pieza que trabaje bajo cargas térmicas. Es el método preferido de prototipado rápido de piezas con tolerancias estándar debido a su asequibilidad y bajo tiempo de respuesta.
SLS (Selectiv Laser Sintering) Utiliza lecho completo en polvo	Tanto los plásticos como los metales se pueden fusionar de esta manera, creando prototipos mucho más resistentes y duraderos. La velocidad de fabricación es relativamente lenta	Este método solo es adecuado para tiradas de producción de bajo volumen de piezas pequeñas y precisas. SLS es el método preferido de prototipado rápido de metales y materiales exóticos (polímeros).

Tabla 1. Alternativas tecnológicas para la manufactura de plásticos.

Antes de continuar, es necesario conocer las ventajas y desventajas de este tipo de técnica, las cuales se muestran a en la tabla 2:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilita la fabricación de piezas de complejidad geométrica</li> <li>- Promueve la creatividad</li> <li>- Diferentes opciones de fabricación</li> <li>- Se adapta con facilidad al mercado</li> <li>- La creación de nuevas oportunidades de empleo</li> <li>- Prototipado y fabricación rápidos</li> <li>- Disminución de costes y de la necesidad de almacenamiento</li> <li>- Permite la creación de procesos híbridos</li> <li>- Cuidado del medio ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las tecnologías de la Manufactura Aditiva están en desarrollo</li> <li>- Reducción de puestos de trabajo</li> <li>- Uso limitado de materiales</li> <li>- Vulnerabilidad de los derechos de autor</li> <li>- Creación de productos peligrosos</li> <li>- Aumento de productos inútiles</li> <li>- Tamaño limitado de los productos</li> <li>- Coste de las impresoras</li> </ul>

Tabla 2. Ventajas y Desventajas de la impresión 3D.1



## Características de la perilla

Como ya se había mencionado, la perilla está fabricada de baquelita que es un material con propiedades idóneas frente al fuego y altas temperaturas; por lo que es utilizado también como recubrimiento para adhesivos, como solvente, carga, en la producción de pigmentos, plastificantes, endurecedores, resinas de intercambio iónico, resinas de moldeo, etc.

Para la fabricación se utiliza el moldeo por compresión, que es un proceso de formado de piezas en el que el polímero, en polvo o masilla, es introducido en un molde abierto y caliente al que luego se le aplica presión para que el material adopte la forma del molde y con el calor reticule. El molde se cierra aplicando fuerza por la parte de arriba, se aplica presión para forzar el material a estar en contacto con todas las áreas del molde, mientras que el calor y la presión se mantienen hasta que la resina se ha curado (reticulado). Aunque el moldeo

por compresión se puede utilizar tanto para resinas termofijas como termoplásticas, actualmente casi todas las aplicaciones son con resinas termofijas y para algunos compuestos avanzados con resinas termoplásticas. En este caso el material no retícula, sino que adopta una forma fija gracias a la orientación de las cadenas moleculares durante la compresión.

La ventaja del moldeo por compresión es su capacidad para moldear piezas grandes con diseños complejos. También, es

uno de los métodos de moldeo de más bajo costo en comparación con otros métodos tales como moldeo por transferencia y moldeo por inyección. Adicionalmente desperdicia relativamente poco material, dándole una ventaja cuando se trabaja con compuestos costosos. Sin embargo, el moldeo por compresión a menudo proporciona pobre consistencia del producto y dificultad para controlar la rebaba (flash) y no es adecuado para cierto tipo de piezas<sup>9</sup>.

## Método de trabajo

Para este trabajo se utilizó un escáner de digitalización tridimensional de la marca Creaform modelo Handyscan 700 con una capacidad de captura de hasta 480000 mediciones/segundo, el cual hace posible llevar a cabo proyectos de escaneo tridimensional con un nivel de detalles y precisión importante, todo ello con la finalidad de obtener el diseño de la perilla a base de baquelita en el menor tiempo posible y posteriormente realizar los cambios necesarios a esta pieza.

### 1. Creación del modelo CAD del diseño

El primer paso en crear un prototipo es la creación de un modelo CAD en sólido. El Prototipo Rápido requiere que se genere un modelo completamente cerrado que aun cuando fuera llenado con agua no gotee. Un modelo CAD no solo captura la completa geometría de un objeto, también puede diferenciar el espacio interno o externo de ese objeto; además de información relacionada con el volumen de un objeto puede ser obtenida de estos modelos. El considerar el uso de la manufactura aditiva para la generación de partes para producción es como agregar una pista de obstáculos a nuestro proceso de manufactura, y esto debido a los pasos adicionales que se deben tomar en cuenta antes de pasar el modelo creado hacia el dispositivo de impresión<sup>6</sup> por lo que se busca que la comunicación entre los mecanismos de diseño en 3D y de manufactura aditiva sean directos con la ayuda del escáner.

En la figura 1 se muestra el hardware del escáner Handyscan 700 que es utilizado en el caso de estudio para realizar la manufactura aditiva de la perilla para estufa.



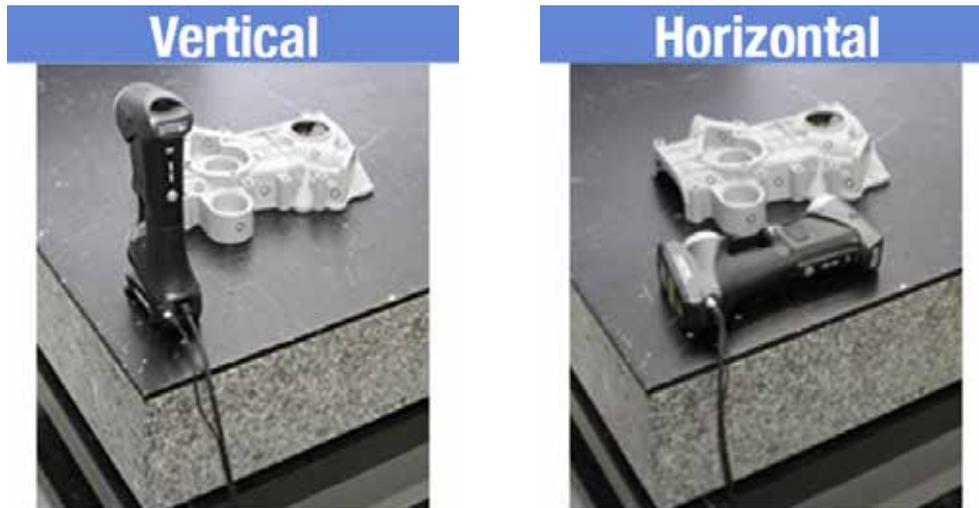
Figura 1. Hardware del Handyscan 700. En la figura 2 se muestran las especificaciones del escáner.



Los sistemas de diseño CAD pueden ser divididos en dos tipos principales: los basados en el modelado sólido y los que están enfocados en el modelado de superficies. RP (Prototipado Rápido) ha sido tradicionalmente asociado con el modelado sólido en lugar del modelado de superficies<sup>4</sup> pero las tendencias más recientes hacia las formas orgánicas en el diseño de productos, están aumentando la necesidad por mejores superficies libres fluidas generadas en el modelado<sup>10</sup>. Antes de comenzar con el primer paso es importante conocer el hardware para el escaneo tridimensional, así como el software VXelements con el que se complementa.

	HandySCAN 300	HandySCAN 700
PESO	0.85kg	
DIMENSIONES	122x77x294 mm	
VELOCIDAD DE MEDICIÓN	205.000 medidas/s	480.000 medidas/s
ÁREA DE ESCANEADO	225x250 mm	275x250 mm
FUENTE DE LUZ	3 láseres transversales	7 láseres transversales (+1 línea adicional)
TIPO DE LASER	II (seguro para la vista)	
RESOLUCIÓN	0.100 mm	0.050 mm
PRECISIÓN	Hasta 0.040 mm	Hasta 0.030 mm
PRECISIÓN VOLUMÉTRICA*	0.020 mm + 0.100 mm/m	0.020 mm + 0.060 mm/m
PRECISIÓN VOLUMÉTRICA (CON MAXSHOT 3D)*	0.020 mm + 0.025 mm/m	
DISTANCIA DE SEGURIDAD	300 mm	
PROFUNDIDAD DE CAMPO	250 mm	
RANGO DE TAMAÑO DE LAS PIEZAS (RECOMENDADO)	0.1 - 4 m	
ESTANDAR DE CONEXIÓN	1 puerto USB 3.0	
RANGO DE TEMPERATURAS DE FUNCIONAMIENTO	15-40 °C	
RANGO DE HUMEDAD DE FUNCIONAMIENTO (SIN CONDENSACIÓN)	10.90%	

Figura 2. Especificaciones técnicas del Handyscan 700.



En la figura 3 se muestran las posiciones en la que el Handyscan puede ser manipulado para una rápida captura.

Figura 3. Posición del Handyscan 700

Se comienza a escanear la pieza a la que se le realizará la manufactura aditiva, es importante que el escaneo se realice a una distancia de 12 in de la pieza para un buen escaneo, el escáner trae un pokayoke con LED de color que indica si la distancia es la correcta, hasta obtener una nube de puntos que forman una malla poligonal que dan forma a la perilla, como se muestra en las figuras 4 y 5.



Figura 4. Pokayoke de distancia

La ventaja del escaneado laser es la posibilidad de tomar una gran parte de información (puntos) con una alta precisión en un periodo relativamente corto (15 a 20 segundos). Las principales ventajas del escaneo portátil sobre el escaneo en tornamesa son:



Figura 5. Nube de puntos (escaneo)

- **5 veces más rápido** que los escáneres de la generación anterior (480,000 mediciones/segundo).
- **40% más preciso**
- **Mayor ergonomía:**
- **50% más pequeño**
- **Un 35% más ligero** (pesa menos de 1 kg)
- **Mayor libertad de movimiento**
- **Botones multifunción para una mayor interacción con el software**
- **Mediciones para aplicaciones de metrología:** precisión de un máximo de 0,030 mm, resolución de un máximo de 0,050 mm, certificado de trazabilidad y alta repetibilidad.
- **No requiere una instalación fija:** se emplean reflectores ópticos para crear un sistema de referencia “fijado” a la pieza en sí, de manera que los usuarios puedan mover el objeto en cualquier dirección durante una sesión de digitalización (elaboración de referencias dinámicas). Los cambios del entorno no afectan en absoluto la calidad y precisión de la adquisición de datos.
- **El escáner se puede calibrar tan a menudo como sea necesario** (cada día o antes de una nueva sesión de digitalización). La calibración tarda unos 2 minutos y garantiza un funcionamiento óptimo.
- **Digitalización sobre la marcha:** puede llevarlo de un lugar a otro o utilizarlo internamente o in situ.

## 2. Convertido del Modelo CAD a formato de archivo STL

Ambos sistemas pueden crear los archivos de Lenguaje Estándar Triangulacional (STL) que se requieren para los procesos de RP.

Una vez que el objeto sólido es creado y guardado, es convertido a un formato de archivo especial conocido como STL (Estereolitografía). El éxito del formato STL es debido a su capacidad, simplicidad y monopolio;



su suficiencia matemática se basa en el hecho que describe a un objeto sólido usando una técnica B-rep<sup>11</sup>. Un formato de archivo STL representa el modelo CAD virtual del objeto a ser creado como una colección de facetas triangulares. Estas facetas triangulares, cuando son colocadas juntas, describen una aproximación poliédrica de la superficie del objeto, que es una aproximación poliédrica de los límites entre el material y lo que no forma parte del material. En forma abreviada, un archivo STL, conecta la superficie del modelo en una serie de triángulos y consiste en coordenadas X, Y y Z de los tres vértices de cada triángulo de la superficie, así como un índice que describe la orientación de la superficie normal<sup>11</sup>. Una vez que se generaron las diferentes mallas poligonales, se procede a fusionarlas con el Geomagic Design X, para que quede una sola pieza tal como la original, como se muestra en la figura 6, se guarda con extensión igs para poder importarla a cualquier software de diseño.



Figura 6. Malla poligonal fusionada 3

### 3. Cortado del archivo STL en capas seccionadas en 2D

Una vez que el archivo de STL se ha generado de los datos del CAD original, el próximo paso es rebanar el objeto horizontalmente para crear un archivo cortado (SLI). El archivo es tomado de su modelo de superficies 3D y convertido en muchos triángulos en un paso conocido como corte en capas (slicing). El espesor de estas rodajas se controla por espesor de la capa en que la máquina estará construyendo, entre más espesa sea la capa, más grande serán los pasos en la superficie del modelo cuando sea construido. Después de que el archivo de STL se ha rebanado para crear el archivo SLI estos se unen en un archivo de construcción final y está ahora en un formato que puede ser reconocido por computadoras de Prototipado Rápido<sup>11</sup>.

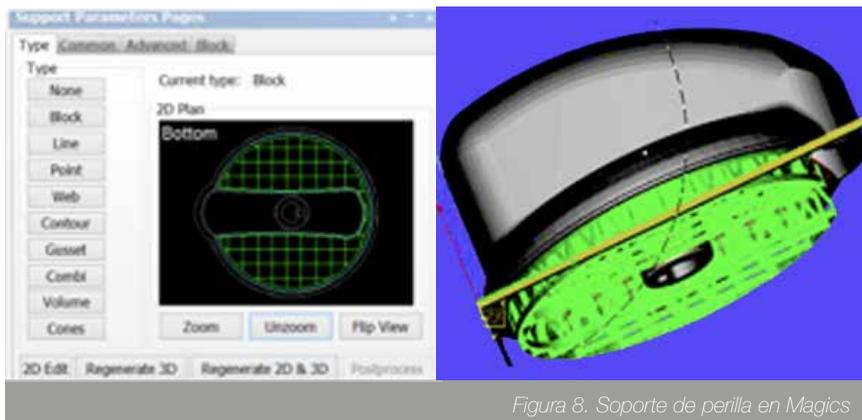
### 4. Fabricación

El proceso de RP es aditivo (contra el de CNC que es el sustractivo, ya que consiste en la formación de objetos mediante la remoción y/o corte de material; cuando se mezcla con herramientas digitales de producción se obtienen precisiones superiores a las que podría obtenerse usando métodos convencionales) es decir, construye las partes hacia arriba en capas a partir del material del fondo. Cada capa se une automáticamente a la capa anterior y el proceso se repite hasta que la parte se construye. Este proceso de unir es tomado de maneras diferentes para los diversos materiales que están usándose por las máquinas RP que construyen capa por capa a partir de polímeros, papel o metales en polvo, pero incluyen el uso de láser Ultra-violeta (UV), láser de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), pegamentos sensibles al calor y la fundición del propio material. Para la obtención del prototipo rápido se utiliza una impresora 3D XTREME 3SP de ENVISIONTEC cuyas características se aprecian en la figura 7

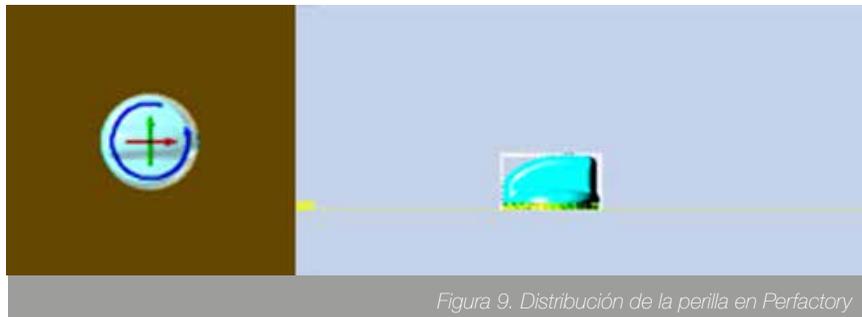
**Tecnología:** SLA, Proyector DLP  
**Materiales:** Fotopolímero  
**Tamaño máximo de impresión:**  
 254x381x330mm  
**Espesor de capa:** 50-100 microns  
**Precisión en posicionamiento eje XY:**  
 100 microns  
**Tipos de archivo:** .stl  
**Formato de entrega:** Plug&Play  
**Pais de fabricación:** Alemania  
**Enlace:** [envisiointec.com](http://envisiointec.com)

Figura 7. Características de la impresora 3D XTREME 3SP12

La impresora 3D XTREME 3SP cuenta con el software Magics para crear el soporte de la perilla, como se muestra en la figura 8.



Una vez generado el soporte se utiliza el software Perfactory Start Center para distribuir las piezas a imprimir en la mesa de impresión y después crear la carpeta JOBFILÉ GENERATION que será cargada en la impresora, como se muestra en la figura 9.



Finalmente, el archivo generado es cargado en la impresora XTREME 3SP, y se ejecuta apoyándose del programa 3SPControl, mostrándose la perilla en la pantalla como se muestra en la figura 10.



## 5. Postprocesamiento

El último paso en Prototipado Rápido es el post procesamiento, que esencialmente es el curado, la remoción, limpieza y acabado a las piezas impresas. Este paso generalmente envuelve operaciones manuales donde un operador hace el postprocesamiento con extremo cuidado, de otra manera, la parte podría ser dañada y tendría que ser generada de nuevo. Las tareas a realizar para el postprocesamiento son diferentes para cada uno de los diversos sistemas de prototipos rápidos.

La limpieza y la remoción de partes se refieren a quitar el prototipo fuera de la máquina de prototipado y remover el material excedente, incluso los materiales de soporte, que pudieran estar aún en la pieza procesada.

Postcurado es una tarea que usualmente solo es necesaria para las partes SLA y SLS. En el proceso SLA, el láser escanea cada capa a lo largo de su límites y líneas de relleno solamente, resultando en porciones de capas que no se encuentran solidificados completamente. El Postcurado es necesario para completar el proceso de solidificación y para mejorar las propiedades mecánicas del prototipo, este proceso tiene una duración de 8 a 12 minutos.

Después de todo un protocolo que debe seguir se obtiene la perilla impresa como se muestra en la figura 11, es limpiada y se valora para ver si cumple con las especificaciones de acuerdo al diseño, vea la figura 12.



Figura 11. Perilla impresa

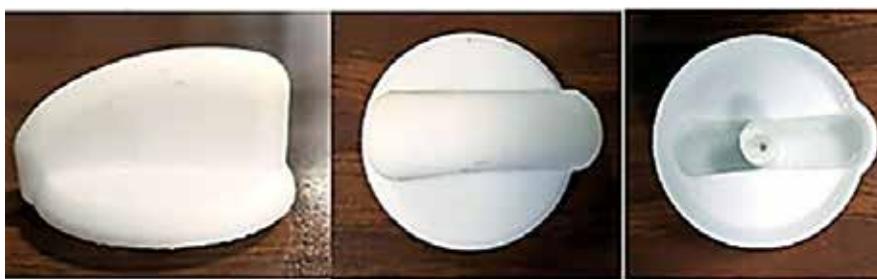


Figura 12. Perilla sin soporte

## Resultados

El uso de la manufactura aditiva en conjunto con otras técnicas como es el escaneo tridimensional permitió dar una respuesta más rápida a la PyME y a la clientela. La fabricación de la nueva perilla al utilizar el escaneo 3D junto con tecnologías de prototipado rápido fue más fácil y menos costosa; sin embargo, esto no quiere decir que sea una opción para la producción de varias piezas debido que el tiempo de manufactura con la impresora 3D es muy largo, lo que hace que no sea una opción para disminuir tiempos de fabricación.

Aunque la manufactura aditiva inicialmente no era apreciada por considerarla piratería, la dirección que ha tomado no es solo copiar y reproducir lo existente, sino también resolver problemas, por lo tanto, sus aplicaciones cubren muchas áreas.

La principal aportación de las impresoras 3D es su capacidad para materializar las ideas en objetos reales. Esta funcionalidad provoca un cambio de mentalidad en el alumnado que debe solventar los posibles obstáculos que surjan en el mundo físico aplicando la creatividad e innovando hasta obtener el objetivo deseado. Estas aptitudes preparan mejor al estudiantado para el futuro mundo laboral.

## Discusión

Uno de los principales factores que contribuyen al éxito de la gestión empresarial es la capacidad de tomar decisiones acertadas en un entorno de incertidumbre, debido a la velocidad con que se producen los cambios en los diferentes mercados.

La Manufactura Aditiva está generando cambios importantes dentro de la industria, no obstante, es evidente que aún se tiene que trabajar en ciertos aspectos como: el tiempo y la cantidad de piezas que se pueden fabricar; la conexión en los programas CAD y CAM; el costo de este tipo de robots y la falta de información por parte de los diseñadores/es industriales en cuanto al uso de la manufactura aditiva.

La creatividad es cada vez más demandada en la industria ya que la producción se está trasladando a otros países, especialmente a China y Europa se está dedicando más en el diseño. Además, las impresoras 3D se están introduciendo rápidamente en el ámbito profesional, en un futuro no muy lejano más del 50% de las empresas tendrán un equipo de estas características; por ello, es importante que el alumnado esté familiarizados con sus posibilidades.

Es indudable que las impresoras 3D han llegado para quedarse, cada vez se habla más de ellas y la rápida evolución que están teniendo hará que un día sea tan común tener una de estas como tener una impresora de papel.

## Conclusiones

Frente a los rápidos cambios en los hábitos, la tecnología y la competencia, una empresa no puede confiar únicamente en los productos que ya posee. La clientela quiere y espera artículos nuevos y mejores; la competencia hace todo lo posible para producirlos por lo que las empresas deben desarrollar nuevos productos.

Hoy, las empresas buscan mejorar su posición competitiva, dar mayor calidad a sus productos, reducir tanto los costos de producción como el tiempo requerido para introducirlos en el mercado y satisfacer las demandas de la clientela; sin embargo, no en todos los casos se logra la competitividad deseada. Es por eso que el uso de tecnologías como CAD / CAM / CAE / RP es muy importante para acortar el tiempo de respuesta a las demandas de la clientela.

La digitalización tridimensional se ha convertido en una herramienta valiosa como componente del proceso de solicitud de ingeniería inversa. Tener una herramienta con tanto potencial en la adquisición de puntos tridimensionales de una pieza, abre los horizontes para el desarrollo de modelos, la fabricación y el análisis de productos.

Las aplicaciones del escaneo tridimensional no se limitan particularmente al modelado o la fabricación, sino que tienen un lugar en áreas tan importantes como la arqueología (registro histórico) o la medicina. En este último, la digitalización de rostros o partes del cuerpo (hueso) se hace que sea una herramienta útil para el desarrollo de prótesis y el estudio de diversos temas asociados con la biomecánica.

## Referencias

1. CONGRESO Internacional de Ingeniería de Proyectos (XVI: 2012: Valencia, España) Zahera, Manuel. LA FABRICACIÓN ADITIVA, TECNOLOGÍA AVANZADA PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS. Fundación Cotec, 2012. pp. 2088–2098
2. MIYAMOTO Oscar. Impresión 3D, hágalo usted mismo. Revista de Divulgación de la Ciencia de la Universidad Nacional Autónoma de México ¿Cómo ves? [en línea]. 2017, no. 203. [fecha de consulta: 14 de enero de 2018]. pp. 10-14. Disponible en: <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/203/impresion-3d-hagalo-usted-mismo> ISSN:1870-3186.
3. SCHNARCH Kinberg, Alejandro. Nuevo producto. Creatividad, innovación y marketing. 2da. Ed. Colombia: McGraw Hill Interamericana, 1998. ISBN 958-600-504-6
4. CHANG, Kuang-Hua. A Review on Shape Engineering and Design Parametrization in Reverse Engineering. [ed.] Alexandru C. Telea. s.l. : Intech, 2012. Disponible en: <http://cdn.intechopen.com/pdfs/30517/InTech> ISBN: 978-953-51-0158-1.
5. HAGEL III, Brow John Seely, Kulasooriya Duleeseha, Giffi Craig [et al] El futuro de la manufactura. Fabricando cosas en un mundo cambiante [en línea]. Deloitte Center for the Edge, 2015. [fecha de consulta: 24 de enero de 2018]. Disponible en: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/manufacturing/Futuro-Manufactura-Espanol.pdf>
6. Héctor, Jiménez. El software del diseño en torno a la manufactura aditiva. [en línea] 2016. [fecha de consulta: 1 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://www.3dcadportal.com/el-software-de-diseno-en-torno-a-la-manufactura-aditiva.html>
7. Fontrodona Francolí Jordi, Blanco Díaz Raül. Estado actual y perspectivas de la impresión en 3D. Artículos de Economía Industrial [en línea], Barcelona, España. Generalitat de Catalunya, 2014. [fecha de consulta: 15 de enero de 2018]. Disponible en: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/manufacturing/Futuro-Manufactura-Espanol.pdf> D. L.: B 27732-2014
8. Diferencias entre la fabricación aditiva y la impresión 3D | Mizar ... [en línea] 20 de julio de 2016. Disponible en: <http://mizaradditive.com/impresion-3d/>
9. Más que sólo Polímeros, Procesos de Moldeo. [en línea] Disponible en: <http://www.todoenpolimeros.com/procesos-1-moldeo.html>
10. DICKIN, Peter. Computeraided desing and rapid prototyping. s.l. : Rapid Prototyping Casebook, 2001. págs. pp. 5-12. Disponible en: <https://epdf.tips/queue/rapid-prototyping-casebook-casebook-s.html> ISBN 1 86058 076 9
11. Paul, F. Jacobs. Stereolithography and other RP&M Technologies: : From Rapid Prototyping to Rapid Tooling. New York : ASME Press, 1995. ISBN:0872634671.
12. Imprimalia, 3D Portal líder de la impresión 3D en español, [imagen digital en línea] [fecha de consulta: 4 de abril de 2018] Disponible en: <http://imprimalia3d.com/services/xtreme-3sp-0>

**Fecha de recepción**  
07/03/2018

**Fecha de aceptación**  
02/04/2018  
**Año 5, Número 3. Mayo - Agosto 2018**

**Fecha de publicación**  
31/05/2018





# Modelado y simulación de automóvil en Matlab-Simulink-Carsim aplicado a la estabilidad del vehículo.

Por:  
Sergio Sandoval Pérez  
Jorge Alberto Cárdenas Magaña  
Emmanuel Vega Negrete  
Carlos Ruíz López

Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán, México.

## Resumen

Este artículo presenta el modelado matemático no lineal de un automóvil utilitario, tomando en cuenta la dinámica de la velocidad longitudinal, velocidad lateral y velocidad angular de viraje o yaw. Estas dinámicas se simularán en simulink con las normas ISO 3888-1 e ISO 7401 que servirán como plataforma para el uso del CarSim, el cual es un software que simula el comportamiento dinámico de cualquier tipo de automóvil y las simulaciones arrojadas son vistas en 3-D. Además de establecer estas simulaciones como herramientas de diseño para la industria automotriz.

**Palabras Clave:**  
Automóvil  
Simulación  
CarSim.

## Abstract

*This article presents the nonlinear mathematical modeling of a utility vehicle, taking into account the dynamics of longitudinal velocity, lateral velocity and angular velocity of yaw. These dynamics will be simulated on Simulink with the norms ISO 3888-1 and ISO 7401 that will serve as a platform for the use of CarSim, which is a software that simulates the dynamic behavior of any type of automobile and the simulations thrown are 3-D views. In addition to establishing these simulations as design tools for the automotive industry.*

**Keywords:**  
Automobile,  
imulation  
CarSim

## Introducción

En los últimos años, el desarrollo de una filosofía integral ha cambiado la forma de investigación en el área de diseño de nuevos dispositivos para el control del automóvil. Actualmente se cuenta con gran potencia computacional que permite trabajar con unidades de control en los vehículos, debido al mejoramiento de dispositivos electrónicos y al avance en la tecnología que permiten desarrollar nuevos sistemas de control que evitan cualquier restricción desde el punto de vista tecnológico. Considerando algunas variables físicas del automóvil, el diseño de un sistema de control para la velocidad lateral es uno de los principales tópicos de investigación en el área de control de automóviles.



Estos dispositivos modifican las dinámicas de los vehículos imponiendo fuerzas o momentos en el cuerpo del automóvil de diferentes maneras<sup>1,2,3,5,9,10,11</sup>, y también pueden utilizar “sensores inteligentes” que permiten mediciones precisas de las variables que se desean medir con alta eficiencia en la acción que el controlador esté realizando, lo que contribuye a la estabilidad del vehículo, la seguridad y confort para la persona que conduce<sup>7,13</sup>.

El movimiento de un vehículo puede ser categorizado en términos de su funcionalidad, así como de su maniobrabilidad y estabilidad. El funcionamiento está enfocado sobre el peso y los movimientos longitudinales del chasis; la estabilidad y las características de manejo generalmente se refieren a la respuesta lateral/maniobrabilidad de las acciones de conducción del automóvil que se requieran<sup>4,14</sup>. Una gran variedad de modelos de bajo, medio y alto orden están disponibles para describir el movimiento traslacional y rotacional del automóvil. Un modelo del vehículo de bajo orden de un grado de libertad (DOF por sus siglas en inglés) donde el automóvil considera una masa puntual y con ello, es suficiente para generar una plataforma de velocidad. Un modelo de dos grados de libertad es considerado de medio orden por su análisis<sup>12</sup>, teniendo en cuenta que las llantas frontales y traseras del vehículo son tomadas como una sola llanta delantera y una trasera (modelo de la bicicleta). En este modelo, en la llanta delantera se puede introducir la dinámica del conductor y del volante; además, los efectos del ángulo roll y de transferencia de masa son despreciados lo que permite estudiar la respuesta lateral/

dirección del vehículo para pequeños ángulos de maniobrabilidad en velocidades longitudinales. Este artículo presenta el modelo matemático de alto orden y la transferencia de masa del mismo sistema; todos estos parámetros deben ser medidos para la completa realización a futuro de algunos diseños<sup>8</sup>. Esta medición de parámetros físicos se pueden realizar mediante la utilización de un software como el CarSim, el cual ofrece una amplia gama de soluciones tanto para el tratamiento de datos como para la simulación en una manera visual muy agradable; además de obtener gráficas de cada una de las variables físicas a medir, también considera las características del automóvil como la altura del mismo con respecto a un centro de gravedad, las longitudes frontal y trasera con respecto a las llantas y al centro de masa. Otra característica importante de este software llamado CarSim es que puede relacionarse con el programa Matlab-simulink, conocido por diseñadoras/es, investigadoras/es y estudiantes de ingeniería, obteniendo grandes aplicaciones a niveles de investigación tanto en educación como en la industria.

Una de las aplicaciones es la implementación de algoritmos de control para el automóvil y enviarlos al CarSim para simularlos y corroborar si son correctos, ahorrando tiempo y dinero, por lo que esta herramienta, a nivel mundial, es importante en el diseño automotriz. Este artículo de investigación comienza por la sección dos, donde se muestra el modelo matemático del vehículo a utilizar con sus dinámicas revisadas; en la parte tres, se establecen las simulaciones del comportamiento del modelo matemático del automóvil y se observa la interconexión del Matlab-Simulink con el CarSim y por último, se presentan las conclusiones y las referencias.

### Modelo Matemático del Vehículo

El modelo dinámico (Figura 1) presentado en esta sección es usado en las simulaciones numéricas para estimar valores del automóvil. En ecuación (1) se muestra el modelo matemático del vehículo utilizado para la simulación que considera tres grados de libertad; la velocidad longitudinal, la velocidad lateral y la velocidad angular yaw, pueden expresarse usando el llamado modelo de la bicicleta<sup>1</sup>;

$$\begin{aligned} m(\dot{v}_x - \omega_z v_y) &= a_x \\ m(\dot{v}_y + \omega_z v_x) &= a_y \\ j_z \dot{\omega}_z &= \mu(F_{fy} l_f - F_{ry} l_r) \end{aligned}$$

(1)

Donde  $m, j_z$  son la masa y la inercia del vehículo con respecto al eje perpendicular;  $x, y, l_f, l_r$  son las distancias desde el centro de gravedad del vehículo (CG) a la llanta frontal y trasera;  $a_x, a_y$  son la aceleración longitudinal y lateral;  $v_x, v_y$  son las velocidades longitudinal y lateral del CG;  $\omega_z$  es la velocidad angular yaw;  $\mu$  es el coeficiente de fricción. Además  $F_{f,y}, F_{r,y}$  son las fuerzas laterales frontales y traseras de las llantas respectivamente y se supone que se tiene un coeficiente de fricción alto entre las llantas y el suelo.

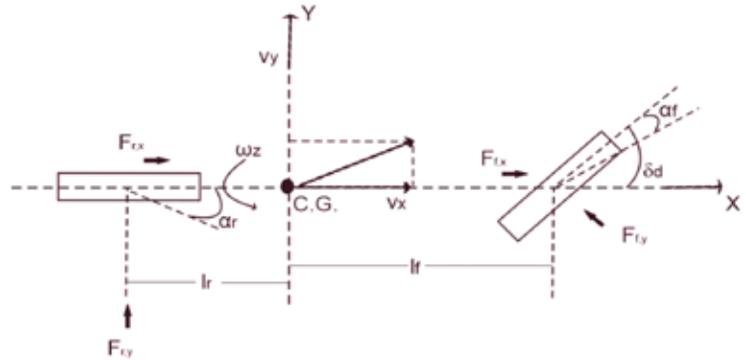


Fig. 1. Modelo no lineal de la bicicleta.

De (1) se obtiene el sistema dinámico;

$$\begin{aligned} \dot{v}_x &= \omega_z v_y + \frac{1}{m} a_x \\ \dot{v}_y &= -\omega_z v_x + \frac{1}{m} a_y \\ \dot{\omega}_z &= \frac{\mu}{j_z} (F_{f,y} l_f - F_{r,y} l_r) \end{aligned}$$

(2)

Este modelo describe las dinámicas del vehículo bajo las siguientes consideraciones:

- Dinámica pitch no considerada.
- El sistema es rígido.
- La suspensión es pasiva.

Las aceleraciones longitudinal  $a_x$  y lateral  $a_y$  en (2) pueden ser expresadas en términos de las fuerzas del neumático longitudinal y lateral;

$$a_y = \mu (F_{f,y} + F_{r,y}) / m$$

(3)

$$F_{j,i} = D_{j,i} \sin(C_{j,i} \arctan B_{j,i} \alpha_j)$$

(4)

Y pueden ser medidas por acelerómetros usualmente a bordo de automóviles modernos. En donde  $F_{f,x}, F_{r,x}$  son las fuerzas longitudinales del neumático frontal y trasera. Las fuerzas longitudinal y lateral pueden ser definidas mediante la siguiente fórmula mágica de Pacejka;

$$F_{j,i} = D_{j,i} \sin(C_{j,i} \arctan B_{j,i} \alpha_j)$$

(5)

Con  $i=x, y, j=f, r$ . Las constantes  $B_{j,i}, C_{j,i}, D_{j,i}$  en (5) son experimentalmente determinadas (ver Tabla 1). El ángulo de deslizamiento de los neumáticos  $\alpha_f, \alpha_r$  definidos como Di Cairano<sup>6</sup>;

$$\alpha_f = \delta_d + \delta_c - \frac{v_y + l_f \omega_z}{v_x}$$

(6)

$$\alpha_r = -\frac{v_y - l_r \omega_z}{v_x}$$

(7)

Donde  $\delta_d$  el ángulo de la rueda,  $\delta_c$  componente del ángulo de control impuesto a la llanta delantera.



Tabla 1. Parámetros reales usados en la simulación del vehículo.

$m = 1550 \text{ kg}$	$D_{r,y} = 7834 \text{ N}$
$j_z = 3552 \text{ kg m}^2$	$B_{f,y} = 6.9$
$l_r = 1.53 \text{ m}$	$C_{f,y} = 1.78$
$l_f = 1.38 \text{ m}$	$D_{f,y} = 7240 \text{ N}$
$B_{r,y} = 10$	$\mu = 0.9$
$C_{r,y} = 1.32$	

## Simulaciones

El comportamiento del modelo matemático del automóvil se simula (Simulink- Matlab-CarSim), bajo una maniobra ISO 3888-1, también conocida como “double change” con un ángulo  $\delta_d$ , que se muestra en la Figura 2.

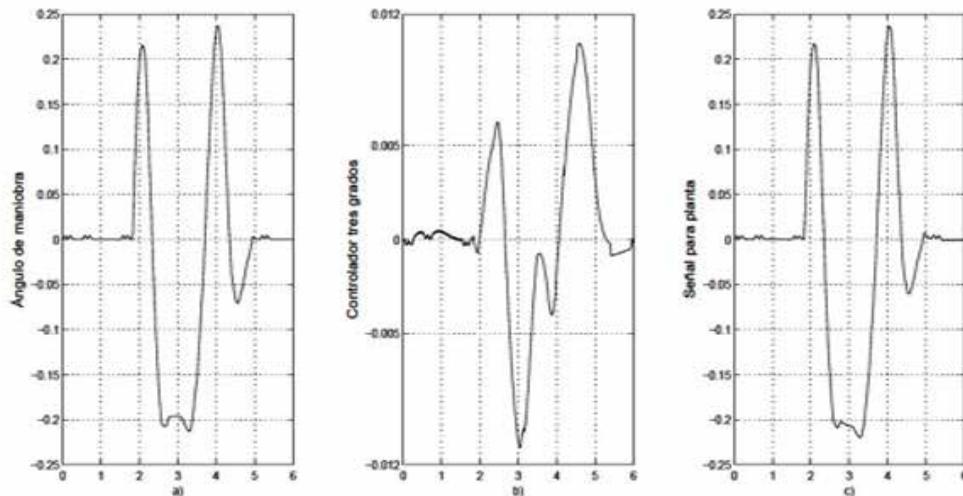


Fig. 2. a)  $\delta_d$  (rad vs s); b)  $\delta_c$  (rad vs s); c)  $\delta = \delta_d + \delta_c$  (rad vs s).

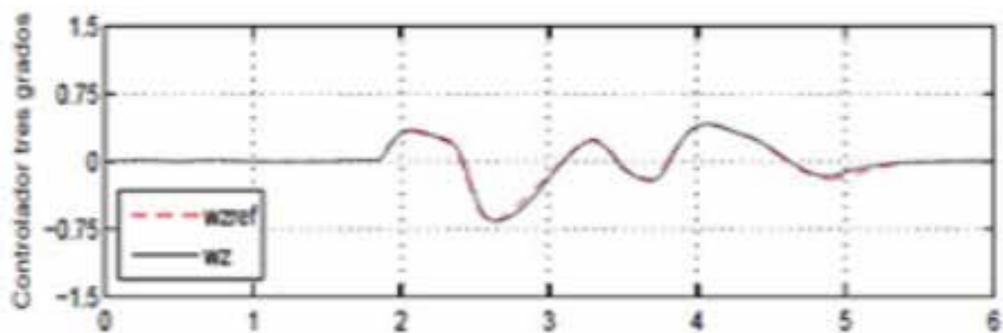


Fig. 3. Velocidad angular de viraje  $\omega_z$  (rad vs s).

La simulación de la velocidad lateral controlada con respecto a un sistema de referencia se muestra en la Figura 4.

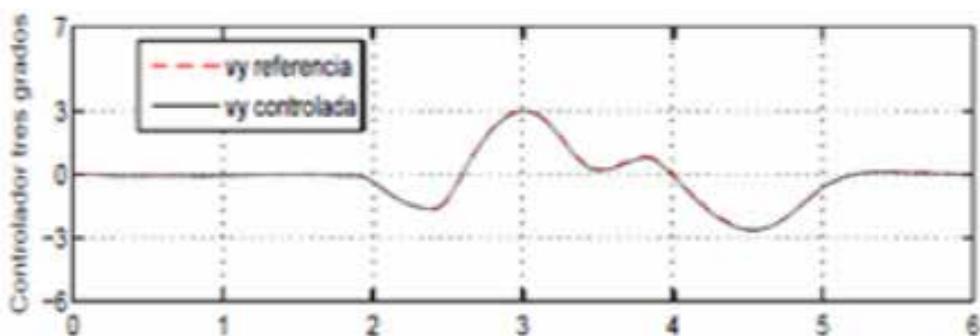


Fig. 4. Velocidad lateral  $v_y$  (m/s vs s).

**Maniobra ISO 7401**, también conocida como “Escalón” con un ángulo  $\delta_a$ , que se muestra en la Figura 5, la simulación de la velocidad angular en la Figura 6 y la simulación de la velocidad lateral en la Figura 7.

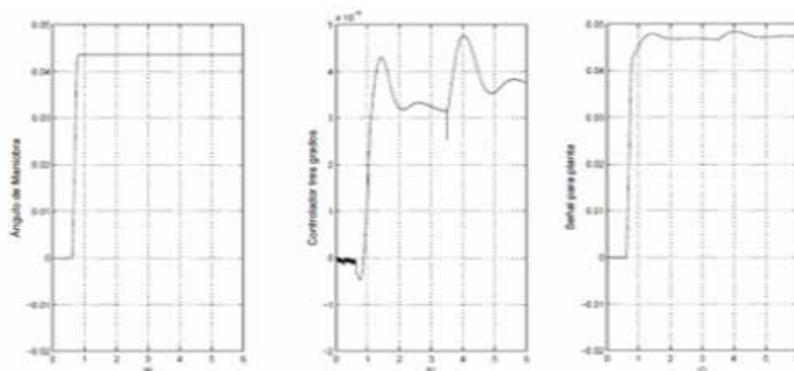


Fig. 5. a)  $\delta_a$  (rad vs s); b)  $\delta_c$  (rad vs s); c)  $\delta=\delta_a+\delta_c$  (rad vs s).

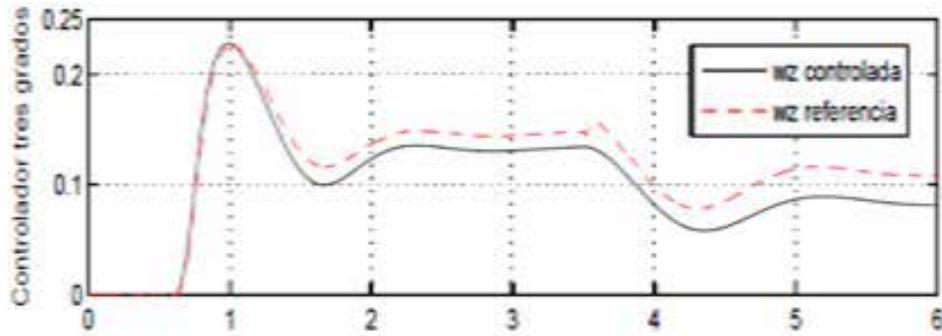


Fig. 6. Velocidad angular de viraje  $\omega_z$  (rad vs s).

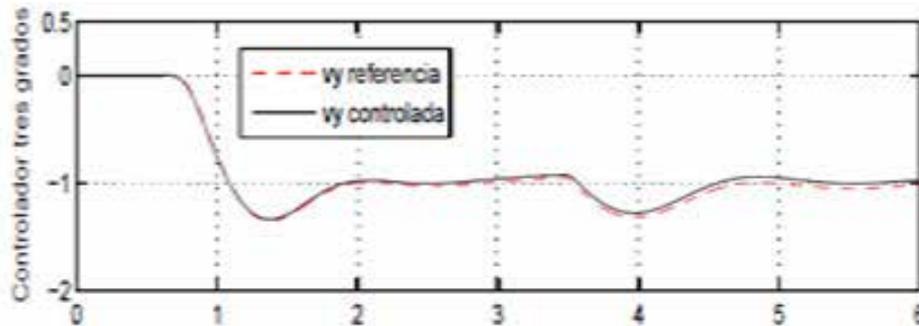


Fig. 7. Velocidad lateral  $v_y$  (m/s vs s).

La forma de interconectar el Matlab-Simulink con el CarSim, se observa en la Figura 8. El inicio del software CarSim ofrece la siguiente pantalla:



Fig. 8. Panel frontal del software CarSim-Simulink.

A continuación, se trabaja con la programación de los algoritmos del automóvil (análisis matemático), se empiezan a programar los blocks en Simulink, estos valores son los que se utilizan para el modelo matemático del vehículo (ver Figura 9), teniendo en cuenta que se envían al software CarSim para su evaluación como se muestra en Figura 10.

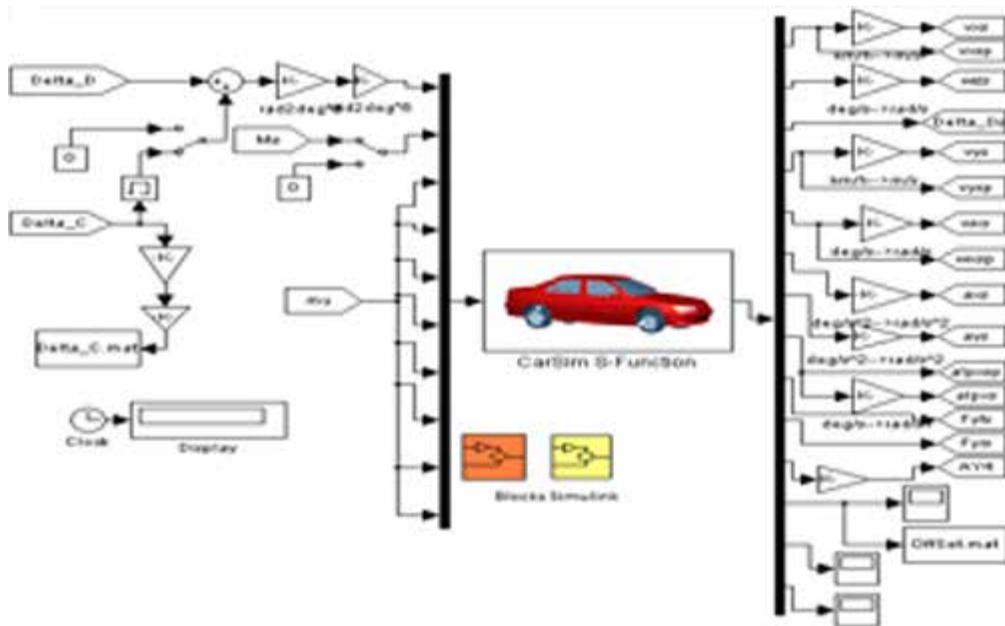


Fig. 9. Programación Simulink-CarSim.

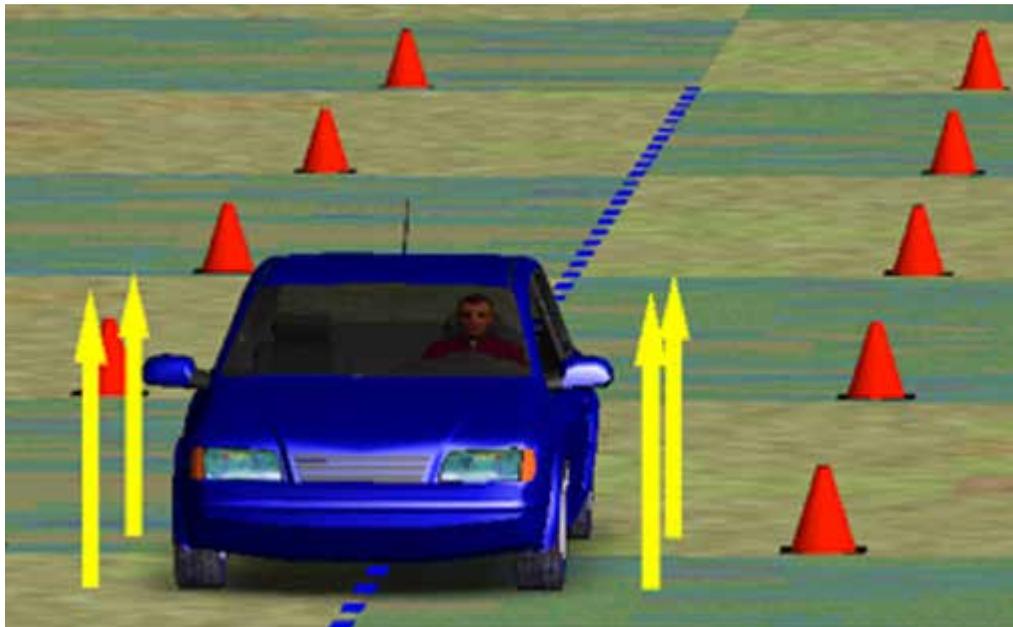


Fig. 10. Simulación en software CarSim.



## Conclusiones

En este trabajo de investigación se propuso un modelo no lineal de tres grados de libertad para el automóvil aplicando un control activo en Matlab-simulink para obtener las dinámicas del vehículo controladas, comparando con un modelo de referencia que proporciona las variables del automóvil en condiciones ideales (llantas nuevas, suspensión nueva, etc.). Todos los algoritmos matemáticos tanto para el controlador como para el sistema de referencia no se analizaron porque se solo presentó el funcionamiento del software CarSim, dado que tiene una aplicación para simulación de los modelos matemáticos de controladores que se diseñan; se pudo observar que funcionan correctamente en la parte de aplicación física a futuro en el vehículo. También, por diferentes teorías de control se pueden proponer observaciones para las dinámicas del automóvil y aplicarlas al software CarSim y ver su funcionalidad. Se obtuvo como conclusión que a partir de un modelo matemático sencillo de control se pueden realizar aplicaciones al simulador y definir diseños para aplicaciones como pueden ser a direcciones asistidas para la estabilidad y maniobrabilidad en el automóvil. Por último, cabe mencionar que este tipo de investigaciones favorecen que el estudiantado mexicano se inicie en el campo del diseño automotriz para lograr los centros de investigación necesarios en la actualidad.

## Símbolos

- $m$  Masa del vehículo (kg)
- 
- $j_z$  Momento de inercia del Vehículo (kg m<sup>2</sup>)
- 
- $l_f, l_r$  Longitud desde el centro del vehículo hacia la llanta frontal y trasera (m)
- 
- $v_x$  Velocidad longitudinal (m/s)
- 
- $v_y$  Velocidad lateral (m/s)
- 
- $\omega_z$  Velocidad angular yaw del vehículo (rad/s)
- 
- $\alpha_f, \alpha_r$  Ángulo de deslizamiento lateral de las llantas frontal y trasero (rad/s)
- 
- $\delta_d$  Componente del ángulo de la llanta impuesto por el conductor (rad)
- 
- $\omega_z$  Velocidad angular yaw del vehículo (rad/s)
- 
- $F_{f,y}, F_{r,y}$  Fuerzas frontal y trasera lateral de las llantas (N)
- 
- $F_{f,x}, F_{r,x}$  Fuerzas frontal y trasera longitudinal de las llantas (N)
- 
- $a_x, a_y$  Aceleración longitudinal y lateral (m/s<sup>2</sup>)
-

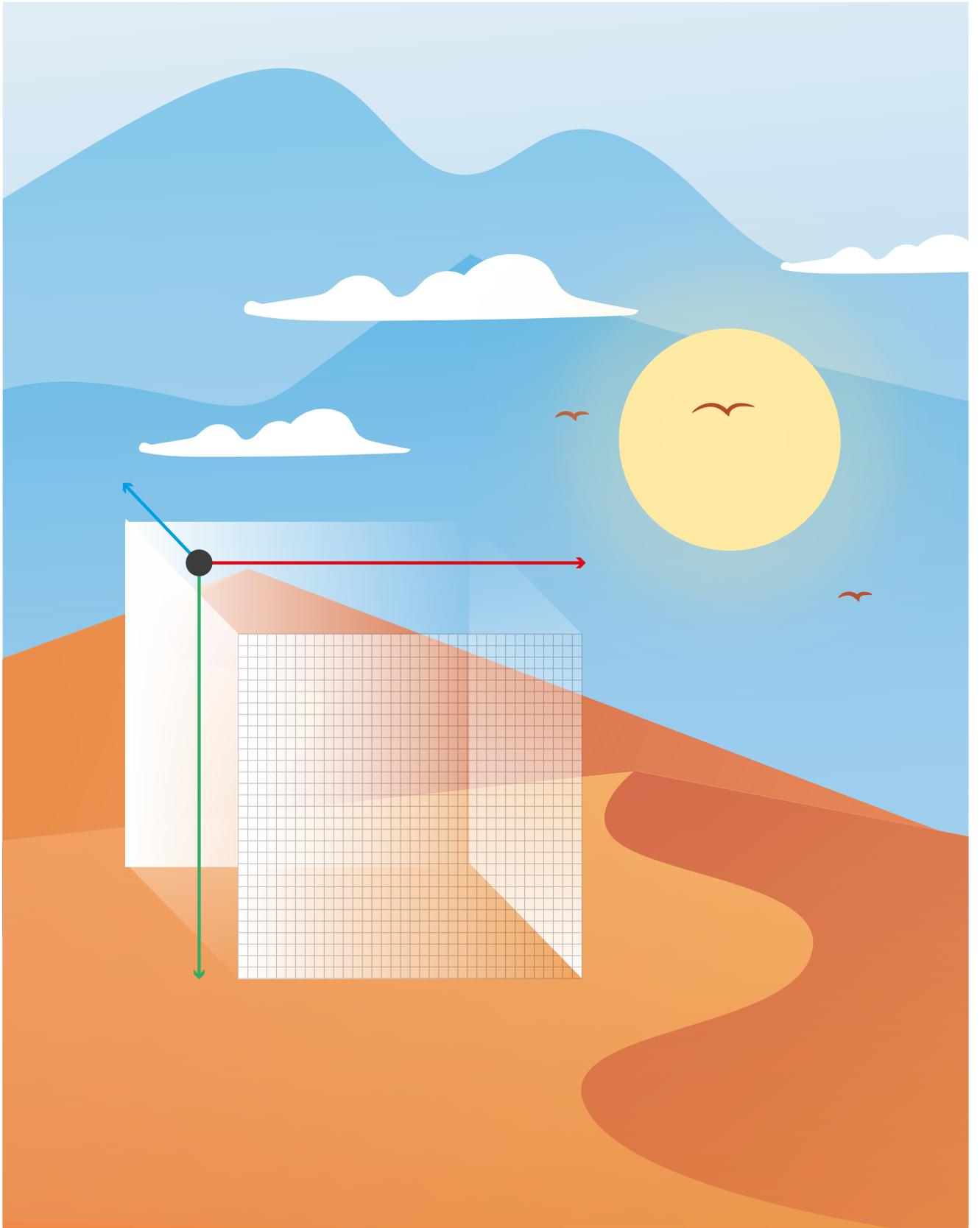
## Referencias

1. ACOSTA, C, DI GENNARO, S, SÁNCHEZ Maria. An Adaptive controller applied to an anti-lock braking system laboratory. Revista DYNA de la Universidad Nacional de Colombia, Vol. 83, 2016, p. 69-77. ISSN # 0012-7353.
2. ACKERMANN, J, GULDNER, J, STEINHAUSNER, R, UTKIN, V. Linear and nonlinear design for robust automatic steering. IEEE Transactions on Control System Technology, Vol. 3, 1995, No. 1, p. 132-143.
3. BASLAMISLI, S. C, POLAT, I, Kose, I. E. Gain Scheduled Active Steering Control Based on a Parametric Bicycle Model. IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2007, p.1168-1173.
4. BIANCHI, D, BORRI, A, Di BENEDETTO, M. D, Di GENNARO, S, BURGIO, G. Adaptive Integrated Vehicle Control Using Active Front Steering and Rear Torque Vectoring. International Journal of Vehicle Autonomous Systems, Special Issue on: "Autonomous and Semi-Autonomous Control for Safe Driving of Ground Vehicles, Vol. 8, 2010, No. 2/3/4, p. 85-105.
5. BURGIO, G, ZEGELAAR, P. Integrated Vehicle Control Using Steering and Brakes. International Journal of Control, Vol. 79, 2006, No. 2, 162-169.
6. DI CAIRANO, S, TSENG, H. E, BERNARDINI, D, BEMPORAD, A. Vehicle Yaw Stability Control by Coordinated Active Front Steering and Differential Braking in the Tire Sideslip Angles Domain. IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 21, No. 4, 2013, p. 1236-1248.
7. EARL Beal, C, CHRISTIAN GERDES, J. Model Predictive Control for Vehicle Stabilization at the Limits of Handling. IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 21, 2013, No. 4, p. 1258-1269.
8. HEYDINGER, G. J, GARROTT, W. R, CHRSTOS, J. P, GUENTHER, D. A. Methodology for validating vehicle dynamics simulations. SAE, Paper 900128, 1990.
9. KARBALAEI, R, KAZEMI, G. R, TABATABAEI, S. H. Design of an Integrated AFS/DYC based on fuzzy logic control. IEEE International Conference on Vehicle Electronics and Safety, 2007, p. 1-6.
10. MALAN, S, BORODANI, P, GORTAN, L. Robust performance design for a car steering device. Proceedings of the 33rd IEEE Conference on Decision and Control, 1994, p. 474-479.
11. REN, H, CHEN, S, LIU, G, ZHENG, K. Vehicle State Information Estimation with the Unscented Kalman Filter. Advances in Mechanical Engineering, Vol. 2014, 2014, p. 11-20.
12. YACINE, Z, ICHALAL, D, AIT-OUFROUKH, N, MAMMAR, S, DJENNOUNE, S. Takagi-Sugeno Observers: Experimental Application for Vehicle Lateral Dynamics Estimation. IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 23, 2015, No. 2, p. 754-760.
13. ZAKARIA, M, DWIJOTOMO, A, AZMAN, M, TAMALDIN, N. Development Motor Control Unit for Electronic Steering System Test Rig. 2014 IEEE 10th International Colloquium on Signal Processing and its Applications (CSPA), 2014, p. 42-47.
14. ZHAO, L, LIU, Z. Vehicle State Estimation with Friction Adaptation for Four-Wheel Independent Drive Electric Vehicle. Proceeding of the 11th World Congress on intelligent Control and Automation, 2014, p. 4527-4531.

**Fecha de recepción**  
**20/02/2018**

**Fecha de aceptación**  
**10/04/2018**  
**Año 5, Número 3. Mayo - Agosto 2018**

**Fecha de publicación**  
**31/05/2018**





# Estimación del volumen de sedimento en una porción del campo de dunas “CONALEP”

Por:  
Rigoberto Guardado France  
Oswaldo Carrillo Rodriguez  
Miguel Agustin Tellez Duarte  
Hiram Rivera Huerta

Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ciencias Marinas. Ensenada, B.C., México.

## Resumen

Con el objetivo de estimar el volumen de sedimentos en una porción del campo de dunas “CONALEP”, en Ensenada, Baja California, se contrastaron dos técnicas: el método clásico de nivelación diferencial (ND) y el modelo digital de elevación (MDE) que utilizó un dron equipado con cámara fotográfica que aplica el criterio de Estructura a Partir de Movimiento (SfM) a través del programa de cómputo Agisoft PhotoScan. Ambos métodos mostraron un alto grado de precisión en los perfiles obtenidos ya que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la prueba de bondad de ajuste Chi Cuadrada; sin embargo, el método ND mostró una subestimación del volumen de sedimento de hasta el 10.28%. Por tanto, aun cuando el generar un MDE implica una mayor inversión de tiempo para la toma de datos y procesamiento, se obtiene mayor precisión en el volumen de sedimentos estimado; otra ventaja adicional es que en áreas grandes resulta más práctico el MDE, principalmente en estudios morfodinámicos.

**PALABRAS CLAVE:**  
*Dunas costeras  
procesos costeros  
drones  
manejo costero  
campo de dunas  
“CONALEP”*

## Abstract

*In order to estimate sediment volume in a portion of the “CONALEP” dune field, in Ensenada Baja California, two techniques were tested: the classical differential equation (ND) method and using a dron equipped with a camera to generate a digital elevation model (MDE) applying the criterion of Structure from Motion (SfM), and using the computer program Agisoft PhotoScan. Both methods showed a high degree of accuracy in the profiles obtained, and no statistically significant differences were found in the goodness-of-fit test Chi Square. However, the ND method showed an underestimation of sediment volume of up to 10.28%. Therefore, even though the MDE implies a greater investment of time for data collection and processing, in return a higher precision is obtained in the estimated sediment volume. Another additional advantage is that MDE is more practical in large areas, especially in morphodynamic studies.*

**KEYWORDS:**  
*Coastal dunes  
coastal processes  
drones  
coastal management  
“CONALEP”  
dune field.*



## Introducción

Las dunas costeras prestan importantes servicios a la sociedad y medio ambiente, entre los que destacan: proveer un hábitat para gran diversidad de organismos, valor paisajístico, atractivo turístico y, brindar protección contra eventos hidrometeorológicos<sup>1</sup>.

México cuenta con aproximadamente 800 000 hectáreas de dunas distribuidas en diecisiete estados a lo largo de las costas del Océano Pacífico y Golfo de México<sup>2</sup>.

Desafortunadamente, las actividades turísticas y el desarrollo urbano en la zona costera han propiciado que estos ecosistemas presenten amenazas de diversos grados en la conservación. Este problema ha sido reconocido por el gobierno mexicano, quien ha externado la necesidad de desarrollar alternativas, acciones, instrumentos legales y políticos que permitan transitar hacia un desarrollo sustentable de la zona costera en México<sup>3</sup>. Así que para garantizar el mantenimiento de la estructura y función de los ecosistemas costeros, la elaboración e implementación de instrumentos de política ambiental como los planes de manejo, deben considerar todos aquellos procesos que se dan en el ámbito costero y marino<sup>4</sup>. En este sentido, los estudios

científicos sobre procesos costeros adquieren gran relevancia por la presencia y extensión de los sistemas de dunas en todos los estados costeros; sin embargo, estos ambientes han sido poco estudiados<sup>2</sup>, la mayoría versan sobre ecología vegetal y son muy escasos los relacionados con aspectos morfodinámicos<sup>5</sup>. Estudiar las dunas desde el punto de vista morfodinámico presenta grandes retos debido a la irregularidad topográfica y movilidad. Por lo general, la descripción morfológica y estimación del volumen de sedimento se basa en el análisis de información obtenida a partir de perfiles topográficos<sup>6,7,8</sup>, lo que puede generar una importante fuente de error, dado que al tener una separación entre perfiles, no se considera la superficie entre ellos<sup>9</sup>.

En nuestro país, esta tecnología aún no es accesible a la mayoría de las(os) investigadoras(es) debido a los altos costos del equipo para la toma y procesamiento de datos, por lo que, es importante incursionar en el uso de técnicas eficientes de bajo costo que proporcionen información de calidad de las características y comportamiento espacial y temporal de las dunas, con el fin de lograr un mejor diagnóstico para el diseño de medidas adecuadas de manejo.

Dentro de las plataformas tecnológicas, recientemente los drones (vehículos aéreos no tripulados)<sup>12,13,14</sup> han sido utilizados para estudiar la dinámica y morfología de campos de dunas. Los drones son equipados con cámaras digitales para obtener imágenes de un objeto o estructura que, una vez procesadas, permiten elaborar modelos digitales de elevación (**MDE**) (descripción de la altura en una zona) para caracterizar y monitorear la evolución espacial y temporal de los campos de dunas<sup>15</sup>.

Una de las técnicas utilizadas para obtener dichos modelos a partir de imágenes bidimensionales es la denominada Estructura a Partir de Movimiento (**SfM** por sus siglas en inglés). Esta técnica automatizada permite elaborar un modelo tridimensional a partir del traslape de una serie de imágenes bidimensionales utilizando puntos de referencia en común<sup>16</sup>. Una vez hecho el traslape se genera una nube de puntos georeferenciados a partir de los cuales se obtiene un **MDE**<sup>16</sup> que puede utilizarse para obtener mediciones verticales muy precisas del orden de  $\pm 10$  cm<sup>13,17</sup>.

Actualmente en el mercado, existen diversos programas de cómputo para el procesamiento de imágenes basado en el principio **SfM**. Entre ellos, está el Agisoft Photoscan<sup>18</sup>, un programa completamente automatizado con la ventaja de ser muy amigable en el procesamiento de imágenes para obtener modelos 3-D, que pueden exportarse como ortofotos (presentación fotográfica de una zona de la superficie terrestre, en la que todos los elementos presentan la misma escala, libre de errores y deformaciones, con la misma validez de un plano cartográfico) georreferenciadas (el uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas), o bien como **MDE**<sup>19</sup>.

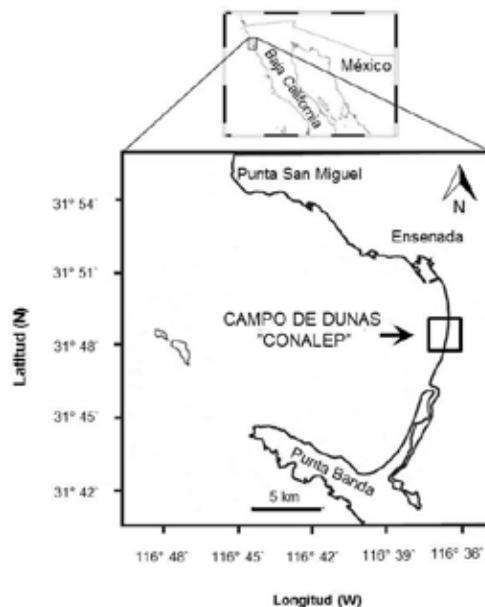
En la línea de costa de la Bahía de Todos Santos, se encuentra un campo de dunas conocido localmente como “CONALEP”, parte del cual actúa como una barrera natural entre el mar y un humedal utilizado por aves migratorias y residentes como sitio de descanso y anidación<sup>20</sup>. Se considera que el conjunto del humedal, las dunas y la playa es una de las zonas naturales con mayor valor para la conservación en la ciudad de Ensenada, B.C., por lo que se ha elaborado una propuesta para que esta zona se declare como zona natural protegida<sup>20</sup>. Un estudio sobre la vulnerabilidad de los campos de dunas en la costa de la Bahía de Todos Santos concluye que precisamente el campo de dunas “CONALEP” es el más impactado debido a la presión de uso y falta de medidas de protección, lo que pone de manifiesto la necesidad de implementar un plan integrado de protección. Sin embargo, la carencia de conocimientos sobre esta zona<sup>21</sup>, aunado a la falta de valoración y compromiso en su cuidado, protección y uso de forma responsable, son aspectos que deben abordarse antes de pensar en proponer un plan de manejo.

El presente estudio es una contribución al conocimiento del campo de dunas “CONALEP”, que cuantificó el volumen de sedimento mediante el método de ND y el SfM basado en uso de drones, con el fin de evaluar la precisión y pertinencia de ambos métodos.

## Materiales y métodos

### Zona de estudio

El campo de dunas “CONALEP” se encuentra en la costa este de la Bahía de Todos Santos (BTS), localizada a 100 km al sur de la frontera México-Estados Unidos de América, sobre la costa Oeste de la península de Baja California, entre 31° 40” y 31° 56” N y 116° 36” y 116° 50” O (Fig. 1). Geomorfológicamente, el campo es transversal con cordones dunares fragmentados y vegetación escasa, con un ancho de 209 m en su porción norte, y 285 m en la sur<sup>22</sup>. Las dunas descansan sobre una terraza fluvial baja de rocas sedimentarias postbatolíticas del Cuaternario (Qf)<sup>23</sup>.



Las arenas que Fig. 1. Zona de estudio donde se ubica el campo de dunas “CONALEP”.

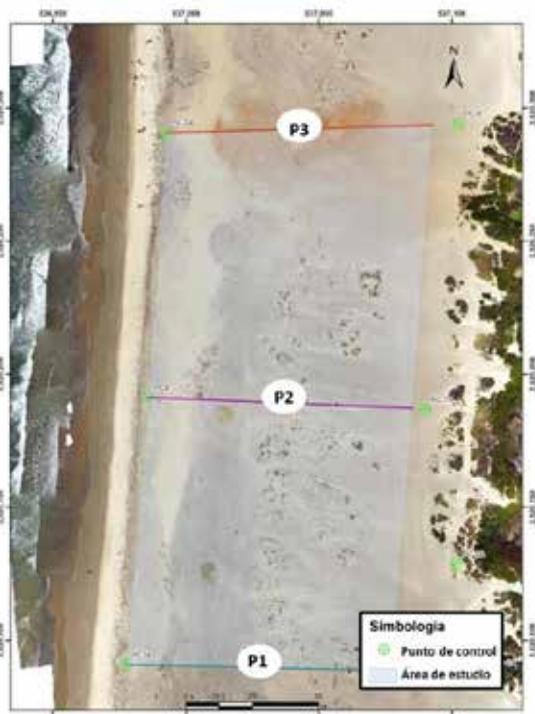


conforman la playa y dunas son de tamaño medio a fino (1.70 a 2.66 Ø) con una selección que va de bien a moderadamente bien sorteadas<sup>22</sup>. En la porción de la costa donde se encuentra la zona de estudio se tiene un balance sedimentario positivo de +51,167.34 m<sup>3</sup>/año<sup>24</sup>. La bahía cuenta con un clima templado mediterráneo con regímenes de lluvia invernales (diciembre a marzo)<sup>25</sup>.

La mayor parte del año, los vientos dominantes provienen del Noroeste y Sureste<sup>20</sup>, mientras que el oleaje proviene del sector 270°- 308°, con una frecuencia de 70.5 % y del sector 240°- 260° con una frecuencia del 29.5%<sup>26</sup>. La altura significativa del oleaje dentro de la **BTS** tiene un comportamiento estacional con valor máximo de 2.4 m para invierno y de 0.20 m para verano<sup>27</sup>. La bahía recibe aporte sedimentario proveniente de la erosión de rocas Tonalíticas, rocas sedimentarias de la Formación Rosario, Granito, Granodiorita, Gabro, Gneiss, roca prebatolítica volcánica, aluvión Cuaternario y además, recientemente, rocas del Mioceno<sup>28</sup>. El trabajo de campo se llevó a cabo el día 4 de septiembre del 2016.

### Perfiles topográficos

Se obtuvieron perfiles topográficos a lo largo de tres transectos perpendiculares a la playa con una separación y longitud de 100 m, iniciando en la cara de la playa (Fig. 2). Los perfiles fueron obtenidos mediante la técnica de **ND** descrita por Montes de Oca<sup>29</sup>, utilizando de un nivel marca TOPCON modelo AT-G7N en conjunto con estadal, cinta métrica y un posicionador geográfico satelital (GPS) Geomax Modelo Zenith<sup>20</sup>. Los datos de altura fueron referidos a un banco de nivel colocado en las inmediaciones del campo de dunas y que es utilizado como referencia para realizar estudios en la zona.



La información fue procesada utilizando un programa elaborado en lenguaje R, a partir del cual se obtuvieron las gráficas y áreas de los perfiles. A partir de estos últimos, se obtuvo el volumen de sedimento contenido en la zona utilizando la metodología propuesta por Montes de Oca<sup>28</sup>:

$$V = \left( \frac{A_1 + A_2 + A_n}{n} \right) * d$$

Dónde:

$A_1$ ,  $A_2$  y  $A_n$  = Área individuales bajo el perfil (m<sup>2</sup>)

$n$  = Número de perfiles considerados

$d$  = Distancia entre el primer y último perfil (m)

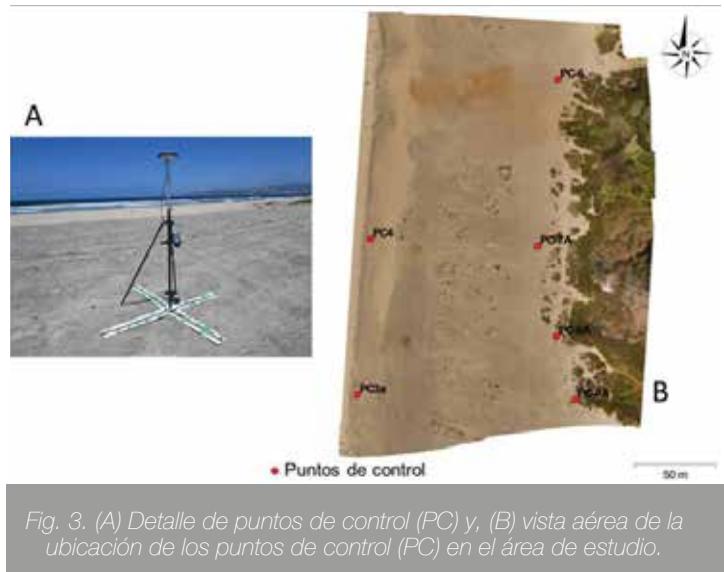
Fig. 2. Ubicación de transectos donde se levantaron los perfiles topográficos.

### Vuelo con dron

Previo al día del vuelo se consultó el pronóstico meteorológico para asegurar que las condiciones fueran adecuadas. El vuelo se llevó a cabo con un dron DJI Phantom III Professional equipado con una cámara de 12.4 megapíxeles. El vuelo fue autónomo y se programó utilizando la aplicación Capture de Pix4D utilizando como parámetros, una altura de vuelo de 50 m y un traslape entre fotografías de 80% en el área a cubrir.

### Procesamiento de las fotografías

El procesamiento de las fotografías se realizó utilizando el programa Agisoft PhotoScan, versión 1.1.630, basado en la técnica **SfM**. El primer paso consistió en evaluar visualmente las imágenes para descartar aquellas que estuvieran borrosas o de mala calidad; posteriormente se traslaparon todas las imágenes tomando como referencia puntos en común denominados puntos de control (PC), generando un mosaico de la zona de estudio. Previo al vuelo fueron colocados seis puntos de control en la zona de estudio. Los PC consistían en persianas de ventana (10 cm x 150 cm) que fueron pintadas con rayas transversales y colocadas en forma de cruz sobre superficies planas para ser fácilmente identificables en las fotografías aéreas (Fig. 3). A cada PC se le determinó la ubicación y altura respecto al nivel de mar utilizando con un GPS Geomax Modelo Zenith<sup>20</sup>.



Cada punto de control fue identificado en el mosaico de la zona de estudio y utilizando el programa de cómputo se le asignó coordenadas y altura. A partir de estos insumos se construyó la malla correspondiente y el MDE para finalmente generar la ortofoto.

### Obtención de perfiles y volumen de sedimento a partir del MDE

Una vez generado el MDE, se obtuvieron perfiles topográficos en los mismos transectos que se obtuvieron los perfiles por el método de nivelación diferencial y se exportó la información del MDE al programa Arcmap, versión 10.231 para obtener el volumen de sedimento a partir de una superficie de red irregular de triángulos (TIN).

### Comparación de resultados: Perfiles

Se graficaron los perfiles obtenidos por ambas metodologías y se obtuvieron las alturas correspondientes cada 10 metros. Con el objetivo de determinar si existen diferencias significativas entre las alturas, se realizó una prueba de bondad de ajuste Chi Cuadrada con un nivel de confianza del 95%.

### Volumen de sedimento

Se comparó el volumen de sedimento estimado a partir de los perfiles topográficos (ND) y el MDE. La diferencia fue expresada en m<sup>3</sup> y porcentaje.



## Resultados y discusión

Los perfiles obtenidos mediante la técnica de ND y el MDE muestran la variabilidad topográfica del campo de dunas “CONALEP”. En la figura 4, se muestran los perfiles obtenidos mediante ambos métodos.

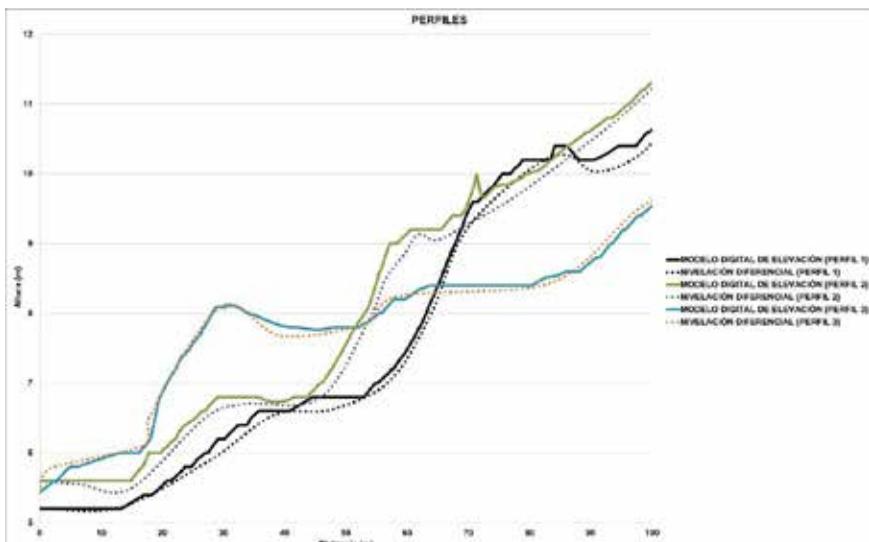


Fig. 4. Comparación de los perfiles obtenidos por nivelación diferencial (ND) y mediante un modelo digital de elevación (MDE).

Cuando se utiliza la técnica de **ND** para estimar el volumen de sedimento en un campo de dunas se debe definir primeramente el número y separación entre perfiles, ya que no existe una metodología específica en bibliografía debido a que se basa en la experiencia del(a) investigador(a) y la configuración del terreno. En nuestro caso se decidió levantar perfiles cada 100 m, distancia comúnmente utilizada en trabajos de investigación, lo que significa que gran parte de la superficie de la zona de estudio no se consideró en la estimación el volumen de sedimento, de acuerdo a la

metodología propuesta por Montes de Oca<sup>29</sup> (basada en la **ND**). Además, la decisión de puntos considerados para representar el perfil, así como la lectura del estado, son otras posibles fuentes de error. En nuestro caso, el área de estudio fue relativamente pequeña (<3 ha) y los perfiles fueron generados con una baja densidad de puntos: 13 el primero, 15 el segundo y 12 el tercero, lo que no permite percibir variaciones morfológicas menores a lo largo del perfil. Sin embargo, a pesar de sus limitaciones, la técnica de **ND** puede ser utilizada en áreas pequeñas para interpretar

de manera general procesos eólicos, cambios morfológicos, así como estimaciones del volumen de sedimento<sup>32,33</sup>. En áreas grandes (>40 km) no se recomienda el uso de esta técnica ya que requeriría bastante tiempo lograr cubrir el área con una alta densidad de puntos debidamente ubicados con información altimétrica<sup>34</sup>, además que este inconveniente comprometería seriamente la repetibilidad del estudio con fines de monitoreo.

El volumen estimado a partir de los perfiles utilizando la metodología descrita por Montes de Oca<sup>29</sup> fue de 46,881 m<sup>3</sup>; sin embargo, este valor debe ser considerado como una aproximación general por las razones expresadas en el párrafo anterior. El día del vuelo, las condiciones meteorológicas fueron buenas ya que se tuvo un día soleado con una temperatura que oscilaba entre los 19° y 25° C y ráfagas de viento máximas de 10 Km/h. La colocación y ubicación con GPS de los seis PCT requirió de aproximadamente dos horas. La posición de los mismos se muestra en la figura 3, mientras que las coordenadas, altura, errores en la ubicación y altura respecto al banco de nivel se presentan en el Cuadro 1.

Fig. 4. Comparación de los perfiles obtenidos por nivelación diferencial (ND) y Mediante un modelo digital de elevación (MDE).

ETIQUETA	COORDENADA X (UTM)	COORDENADA Y (UTM)	ALTURA* (m)	ERROR EN X (mm)	ERROR EN Y (mm)	ERROR EN Z (mm)	TOTAL (mm)	IMAGEN (pix)
PC-6	537102.531	3520294.115	9.88	-3.72228	-3.78207	-0.14155	5.30843	0.143 (9)
PC4	536985.826	3520191.254	5.71	1.38625	1.97249	-1.98484	3.12282	0.229 (12)
PC-7A	537089.897	3520186.794	11.62	13.6742	5.01513	3.39507	14.9553	0.190 (8)
PC-8A	537101.682	3520128.748	13.99	-12.6036	-0.45963	-1.06437	12.6568	0.219 (9)
PC3a	536977.529	3520090.989	5.24	-3.11553	-4.00279	1.54435	5.30225	0.279 (4)
PC-9A	537113.495	3520088.026	11.9	4.40515	1.01618	-1.52198	4.77015	0.255 (5)
<b>TOTAL (ECM)**</b>				<b>8.06972</b>	<b>3.17838</b>	<b>1.88505</b>	<b>8.87557</b>	<b>0.215</b>

El vuelo con dron tuvo una duración de nueve minutos y se tomaron 86 fotografías a una altura de 50 m. con un traslape del 80%. El área cubierta fue de 20,439 m<sup>2</sup>

El **MDE** generado a partir de las fotografías mediante el programa Agisoft PhotoScan, versión 1.1.630 (Fig. 5) tiene una densidad de 510 puntos por m<sup>2</sup> con un error cuadrático medio (ECM) (estimador mide el promedio de los errores al cuadrado, es decir, la diferencia entre el estimador y lo que se estima) total de 8.87 mm (Cuadro 1), que de acuerdo a autores como Lerodiaconou et al.<sup>35</sup> y Ochoa<sup>36</sup> es bastante preciso. Al contrastar las alturas obtenidas de los PC en campo con las del MDE, las diferencias oscilaron entre 1.88 y 8.06 mm (Cuadro 1), lo que refuerza la alta precisión del MDE. Se puede observar que el campo de dunas es más alto en la porción sur disminuyendo su altura en dirección norte. Las alturas oscilan entre 5.20 y 11.31 m. (Fig. 5).

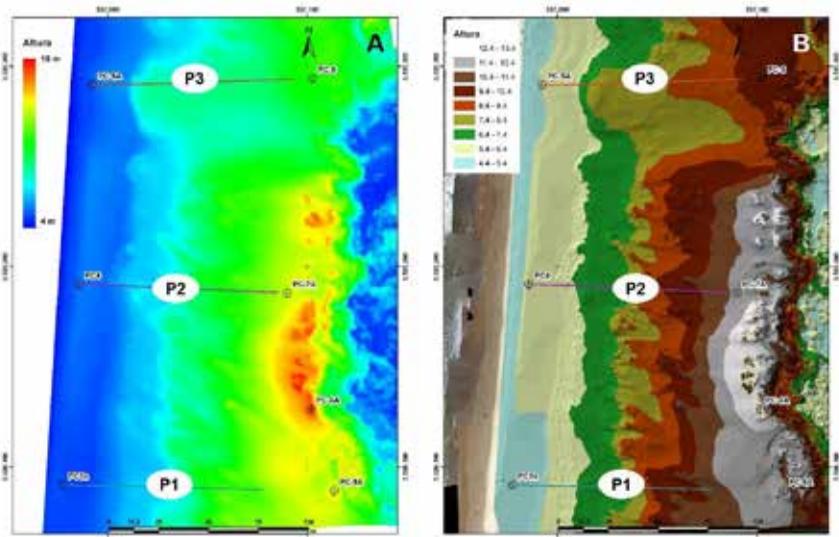


Fig. 5. Modelo Digital de Elevación (MDE) con resolución de 4.43 cm/pix y densidad de 510 puntos/m<sup>2</sup> (A) y mapa de contornos (B).

Los perfiles topográficos obtenidos a partir del MDE en el mismo lugar donde se levantaron los perfiles por la técnica de ND están representados por una mayor densidad de puntos; 1, 703 el perfil 1, 1587 el perfil 2 y 1, 546 el perfil <sup>3</sup>, lo que se traduce en una representación más fiel de los mismos.

Al contrastar los perfiles obtenidos a partir de ND y MDE (Fig. 4) se observa de manera general una gran similitud, con pequeñas diferencias en altura (< 31 cm) atribuibles a cambios morfológicos menores no consideradas por las distancias entre puntos a lo largo del perfil cuando se realiza la ND, o bien a errores de lectura del estadal. Para evaluar estadísticamente la diferencia entre las alturas obtenidas por ambos métodos se obtuvieron las alturas correspondientes cada 10 metros a lo largo de los perfiles (Cuadro 2). Al aplicar la prueba de bondad de ajuste Chi Cuadrada ( $\chi^2$ ), con un nivel de confianza del 95% y 10 grados de libertad ( $\chi^2$  0,95,10) encontramos valores de 1.9943, 3.3531 y 0.5347 para los perfiles 1, 2 y 3 respectivamente, que al contrastarlo con el valor crítico de 18.307 para esta prueba, encontramos que en todos los casos son muy inferiores, por lo que se acepta la



hipótesis de que no existe diferencia significativa entre las alturas estimadas a partir del método topográfico de **ND** y las obtenidas a partir del **MDE**. Otra evidencia de la alta precisión del **MDE** es la diferencia máxima de solamente 3.39 mm entre la altura obtenida de los **PC** a partir del **GPS** diferencial y el **MDE** (Cuadro 2). Por lo anterior, el **MDE** puede ser utilizado para obtener información confiable sobre las características morfológicas de la zona de estudio y estimar el volumen de sedimento.

0.0000	0.0100	0.0000
0.0200	0.0800	0.0400
0.0100	0.1100	0.0700
0.1700	0.2000	0.0100
0.0400	0.0100	0.1200
0.0800	0.1700	0.0100
0.0500	0.2300	0.0300
0.2600	0.3100	0.0900
0.2000	0.1700	0.0300
0.1000	0.1000	0.1000
0.1316	0.1070	0.0400

Cuadro 2. Diferencias de altura entre perfiles obtenidos a partir de nivelación diferencial (ND) y modelo digital de elevación (MDE)

Tomando en cuenta lo anterior, el volumen estimado a partir del **MDE** es de 52,252 m<sup>3</sup>, cuando este valor se contrasta con el encontrado a partir de los perfiles obtenidos por **ND** utilizando la metodología propuesta por Montes de Oca<sup>29</sup> (46,881 m<sup>3</sup>) tenemos que el segundo subestima el volumen en 10.28% (5,371 m<sup>3</sup>). Esta diferencia puede ser mayor o menor en este tipo de estudios dependiendo si los perfiles obtenidos por **ND** se levantan en zonas topográficamente bajas (se subestima el volumen) o altas (se sobreestima).

En nuestro caso, el levantamiento de perfiles utilizando la técnica de **ND** se realizó en dos horas mientras que la preparación previa al vuelo, colocación y toma de coordenadas de los **PC** y el vuelo requirieron cerca de cuatro horas. Sin embargo, este tiempo se puede reducir considerablemente si los **PC** se fijan de manera permanente para realizar vuelos subsecuentes. En cuanto al procesamiento de los datos para obtener los perfiles y volumen de sedimento de acuerdo a la metodología propuesta por Montes de Oca<sup>29</sup> fue de aproximadamente una hora mientras que el procesamiento de las imágenes, obtención

del **MDE** y perfiles, así como la estimación del volumen de sedimento tomó casi ocho horas. Este tiempo es razonable al procesar el polígono completo y generar una malla que muestre los rasgos del terreno, donde la **ND** presenta vacíos de información a lo largo de cada perfil y entre estos. Una ventaja del uso de la técnica **SfM** a través de programas como Agisoft PhotoScan<sup>30</sup> es que el procesamiento de la información es altamente automatizado<sup>37</sup> por lo que a pesar del tiempo de cómputo requerido para el procesamiento de las imágenes y la generación del **MDE**, se necesita muy poco tiempo de interacción con quien opera.

Definitivamente los resultados indican que el uso de **MDE** a partir de fotografías aéreas de alta resolución tomadas con drones permiten estimar parámetros como elevaciones, pendientes y volumen con gran precisión<sup>12,15</sup> lo que permite llevar a cabo interpretaciones más realistas de los procesos morfodinámicos en campos de dunas. Sin embargo, esta tecnología aún no es accesible a un gran número de investigadoras(es) debido a los altos costos de adquisición de equipo y software.

## Conclusiones

Los resultados demuestran la utilidad del uso de drones en el estudio y monitoreo de los cambios morfológicos y volumétricos de los campos de dunas. A pesar de que en áreas pequeñas el uso de técnicas topográficas representa un ahorro de tiempo y esfuerzo, los estudios a partir de los **MDE** proporcionan una mayor precisión, son más rentables cuando estudian áreas muy extensas. En nuestro caso, los resultados indican que el volumen de sedimento contenido en la porción del campo de dunas "CONALEP" considerado en el presente estudio es de 52,252 m<sup>3</sup>. La técnica de **ND** subestima el volumen de sedimento contenido en la zona de estudio en un 10.28%.

## Referencias

1. DE CABO, F. Seminario de Gestión y Reducción del Riesgo de Desastres 2010 – IX Ciclo (El Salvador). El ecosistema de Dunas Costeras. Una aproximación desde la Gestión de Riesgo. 2010 [fecha de consulta: 10 octubre 2017]. Disponible en: [http://www.academia.edu/4915577/El\\_ecosistema\\_de\\_Dunas\\_Costeras.\\_Una\\_aproximaci%C3%B3n\\_desde\\_la\\_Gesti%C3%B3n\\_del\\_Riesgo](http://www.academia.edu/4915577/El_ecosistema_de_Dunas_Costeras._Una_aproximaci%C3%B3n_desde_la_Gesti%C3%B3n_del_Riesgo)
2. Comisión Nacional Forestal. Dunas costeras, ecosistema prioritario para el país [en línea]. México, 2013 [fecha de consulta: 10 de octubre 2017]. Boletín 176. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/5090Dunas%20costeras.%20ecosistema%20prioritario%20para%20el%20pa%C3%ADs%20CONAFOR.pdf>
3. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. II Taller Dunas Costeras y Humedales: Futuro y Conservación [en línea]. México, 2011 [Fecha de consulta: 10 octubre del 2017]. Disponible en: [http://www.inecc.gob.mx/descargas/ord\\_ecol/2011\\_taller\\_dunas\\_memorias.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/ord_ecol/2011_taller_dunas_memorias.pdf)
4. DÍAZ DE LEÓN, C. A., ÁLVAREZ, T., BURGOA E. F. & PÉREZ Ch. G. El Manejo Costero en México. [en línea]. México: Rivera, A. E., Villalobos Z. G. J., Azuz, A. I. y Rosado, M. F. (eds.), 2004. Capítulo. El futuro del manejo costero en México. Disponible en: [http://etzna.uacam.mx/epomex/pdf/Manejo\\_Costero.pdf](http://etzna.uacam.mx/epomex/pdf/Manejo_Costero.pdf)
5. JIMÉNEZ, O. O., ESPEJEL, I., & MARTÍNEZ, M. L. Scientific research on coastal dunes of Mexico: origin, evolution and challenges. Revista Mexicana de Biodiversidad [en línea]. Junio 2015, 86 (2). [fecha de consulta: 10 octubre 2017]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v86n2/1870-3453-rmbiodiv-86-02-00486.pdf>
6. FLOR, G. Estudio Sedimentológico y Morfológico de una Duna Costera <<Blowout>> Cabo Frouxeira, la Coruña. Trabajos de Geología [en línea]. 1984, no. 4. [fecha de consulta: 10 octubre 2017]. Disponible en <http://geol.uniovi.es/TDG/Volumen14/TG14-13.PDF>
7. LIRA, B. R. M. "Evolución Holocénica de los Ambientes Sedimentarios Costeros entre Punta Marquez y Punta Lobos, BCS, México", Tesis Maestría. México: Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar, 2009.
8. MIR, G. M. Modificaciones del perfil de playas en las islas Beleares (Playas de Can Picafort y Es Comú de Muro). Revista Investigaciones Geográficas, 50, 191-207, 2009. EISSN:1989-9890
9. ANDREWS, B., GARES, P. A. & COLBY, J.D. Techniques for GIS modeling of coastal dunes. Revista Geomorphology, 48(1-3), 289-308, 2002. ISSN 0169-555X
10. BROWN, G. D. & ARBOGAST, F. A. The Emerging Role of Lidar Remote Sensing in Coastal Research and Resource Management. Journal Coastal Research Special Issue, 53, 289-308, 1999. ISSN: 1551-5036
11. BROCK, C. J. & PURKIS, J. S. Digital Photogrammetric Change Analysis as Applied to Active Coastal Dunes in Michigan. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 65 (4), 467-479, 2009. ISSN 0099-1112
12. HUGENHOLTZ, C. H., WITHEHEAD, K., BROWN O. W., BARCHYN T. E., MOORMAN B. J., LE CHAIR A., RIDELL K. & HAMILTON T. Geomorphological mapping with a small unmanned aircraft system (sUAS): Feature detection and accuracy assessment of a photogrammetrically-derived digital terrain model. Geomorphology, (194), 16-24, 2013. ISSN: 0169-555X
13. GONCALVEZ, J. A. & HENRIQUES, R. UAV photogrammetry for topographic monitoring of coastal areas. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, (104), 101-111, 2015. ISSN: 0924-2716
14. GUILLOT, B. & POUGET, F. UAV Application in Coastal Environment, Example of the Oleron Island Fordunes and Dikes Survey. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL3/W3, 321-326, 2015. ISSN: 0924-2716
15. WESTBOY, M. J., BRASINGTON J., GLASSER N. F., HAMBREY M. J. & REYNOLDS J. M. 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. Geomorphology, 179, 300-114, 2012. ISSN: 0169-555X
16. AVERY, A. A Feasibility Study on the Use of Manual Unmanned Aerial Vehicles for Topographical Surveys. Master Thesis Dissertation, University of Edinburgh. School of Geosciences, United Kingdom, 2014.
17. CASELLA, E., ROVERE, A., PEDRONCINI, A., MUCERINO, L., CASELLA, M., CUSATI, L. A., VACHI, M., FERRARI, M. & FIRPO, M. Study of wave runup using numerical models and low-altitude aerial photogrammetry: A tool for coastal management. Estuar Coast Shelf S, 149, 160-167, 2014. ISSN: 0272-7714
18. MICHELETTI, N., CHLANDER, A. H. & LANE, S. N. Structure from Motion (SfM) Photogrammetry. British Society for Geomorphology. Geomorphological Techniques, Chap.2, Sec. 2.2., 2015.
19. RYAN, J. C., HUBBARD, A. L., BOX, J. E., TODD, J., CHRISTOFFERSEN, P., CARR, J. R., HOLT, T. O. & SNOOKE, N. UAV photogrammetry and structure from motion to assess calving dynamics at Store Glacier, a large outlet draining the Greenland ice sheet. The Cryosphere, 9, 1-11, 2015. ISSN 1994-0416
20. Secretaría de Protección al Ambiente. "Estudio previo justificativo para la creación del área natural protegida: Parque Estatal "La Lagunita" [en línea] [fecha de consulta: 10 octubre 2017]. Disponible en: [http://www.wildcoast.net/content/filedrop/EPJ\\_PE\\_La\\_Lagunita\\_Version\\_Cons\\_ulta.pdf](http://www.wildcoast.net/content/filedrop/EPJ_PE_La_Lagunita_Version_Cons_ulta.pdf)
21. SVENIA, C. S. Evaluación de la vulnerabilidad de las dunas costeras de la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis de Especialidad en Gestión Ambiental, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C., México, 2011.
22. CARRILLO, R. O. Caracterización del campo de dunas "CONALEP", en la Playa municipal de Ensenada, B.C. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C., México, 2016.
23. BACA, Ch., C. Procedencia de minerales pesados en la Bahía de Todos Santos, B. C. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C., México, 1981.
24. CRUZ COLIN, María Esther. Balance sedimentario en la Bahía de Todos Santos, B.C., Tesis Licenciatura. México, Facultad de Ciencias Marinas, 1994.
25. SECRETARÍA DE MARINA. Estudio Geográfico de la región de Ensenada. México. 1a ed. México: Talls. Grafs. de la Dir. Gral. de Oceanografía y Señalamiento Marítimo de la Secretaría de Marina, 1974, 463 p.
26. SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. Manifiesto de Impacto Ambiental, Modalidad Particular del proyecto: Captación y desalación de agua de mar, su potabilización, conducción, y entrega de 250 l/s y la disposición del agua de rechazo, en el Municipio de Ensenada, Baja California [en línea] [fecha de consulta: 11 octubre 2017]. Disponible en <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/bc/estudios/2012/02BC2012HDO28.pdf>
27. DÍAZ DE LEÓN, A. M. & CORIA, M. P. Distribución de probabilidad de la altura del oleaje dentro de la bahía de todos santos, B.C., México. Ciencias Marinas, 19 (2), 1993. ISSN: 0185-3880
28. ARANDA, M. F. J. Estudio de Minerales Pesados como Trazadores de la Corriente litoral en la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Ensenada, B.C., México, 1983.
29. MONTES DE OCA, M. Topografía. 4a ed. México: Alfaomega, 1989, 367 p. ISBN 968-6062-04-1
30. AGISOFT LLC. Agisoft PhotoScan, versión 1.6. St. Petersburg, Russia, 2015.
31. ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. Arcmap, versión 10.2. Redlands, CA. USA, 2013
32. ŁABUJ, T. A., Initial foredune field as a factor of accumulative character of coastal dunes of the Swina Gate Barrier (West Polish coast). Oceanol Hydrobiol Stud XXXII (1), 39-58, 2003. ISSN: 1730-413X
33. RYAN, J. C., HUBBARD, A. L., BOX, J. E., TODD, J., CHRISTOFFERSEN, P., CARR, J. R., HOLT, T. O. & SNOOKE, N. UAV photogrammetry and structure from motion to assess calving dynamics at Store Glacier, a large outlet draining the Greenland ice sheet. The Cryosphere, 9, 1-11, 2015. ISSN 1994-0416
34. Mason, D.C., Gurney, C. & Kennett, M. Beach topography mapping – a comparison of techniques. J Coast Conserv. 6, 113-124, 2000. ISSN: 1400-0350
35. LERODIACONOU, D., SCHIMEL, A. C. G. & KENNEDY, D. M. A new perspective of storm bite on sandy beaches using Unmanned Aerial Vehicles. Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementary Issues, 60 (3), 123-137, 2016. ISSN 0372-8854
36. OCHOA, D. R. Repeated High- Precision Topographic Surveys of Barchan Sand Dune at White Sands, New Mexico Using Ground Based Lidar. Master Thesis Dissertation, Texas Tech University, USA, 2005.
37. MANCINI, F., DUBBINI, M., GATELLI, M., STECCHI, F., FABRI, S. & GABBIANELLI, G. Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for High-Resolution Reconstruction of Topography: The Structure from Motion Approach on Coastal Environments. Remote Sens 5(12), 6880-6898, 2013. ISSN 2072-4292





# Examen de selección Vs deserción escolar en nivel superior: Una aproximación a la realidad universitaria

Universidad Autónoma del Carmen. Ciudad del Carmen, Campeche, México.

Por: Angel Esteban Torres Zapata, Javier Rivera Dominguez, Patricia Flores López, Claudia Elizabeth Guadarrama López, María de los Ángeles Dorantes Pérez

## Resumen

Actualmente, la educación superior en México enfrenta un crecimiento significativo en la demanda de matrícula de nuevo ingreso en contraste con la progresiva disminución de vacantes que ofertan las universidades públicas. Esta situación provoca la necesidad de aplicar una evaluación general de ingreso como herramienta para la selección de aspirantes. No obstante, prevalece la incógnita de si el alumnado seleccionado será quien favorezca la eficiencia terminal del programa educativo. Por ello, se realizó una aproximación a la relación entre los resultados obtenidos por el estudiantado en el Examen Nacional de Ingreso a nivel Superior (EXANI II) y el índice de deserción escolar del Programa Educativo de Licenciatura en Nutrición (PE LN). Este trabajo analizó la información disponible de los resultados de la aplicación del EXANI II y las cédulas de baja de las cohortes generacionales de 2008 al 2017; utilizó el método de estadística descriptiva con el paquete estadístico IBM SPSS. El análisis de los datos reflejó que existe una relación positiva entre los resultados del EXANI II y la proporción de estudiantes que deciden abandonar el PE LN.

**Palabras Clave:**  
**EXANI II**  
**deserción escolar**  
**educación**  
**universitaria.**

## Abstract

*College education in Mexico nowadays faces a significant growth on its demand, in contrast with the diminishing rates of growth on available spaces at public universities. This situation has created the need to implement the application of standard admission tests as a tool for student selection. However, the question remains if the student selected by such method will become a graduate student who will improve graduation efficiency rate of the educational program. Hence, this work makes a guesstimate between the scores obtained by students on the National Admission Test (EXANI II) and the scholar attrition rate of the bachelor's degree in nutrition (PE LN). For this purpose, available data of the EXANI II application and resignation forms for the generation 2005 to 2017 was analysed. Descriptive analysis methods were employed using IBM SPSS. Data analysis showed a positive relation amid EXANI II scores and scholar attrition rates for the PE LN.*

**Keywords:**  
**EXANI II**  
**Scholar Attrition Rate**  
**College Education.**

## Introducción

Uno de los retos principales de la educación superior es disminuir la deserción e incrementar la retención estudiantil y la eficiencia terminal<sup>1</sup>. Por esto, las universidades están tomando medidas para superarlo, una de las estrategias es la selección de aspirantes a través de la aplicación de exámenes de ingreso como parte del proceso de selección de candidatas(os) que cubran el perfil de ingreso al nivel superior.



Para la selección del alumnado, las universidades en México cuentan con el Centro Nacional de Evaluación de la Educación Superior (CENEVAL), organismo que en colaboración con la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), da seguimiento a los criterios de evaluación tanto para ingreso como egreso de los estudiantes universitarios.

En lo concerniente a la selección de ingreso a nivel superior, CENEVAL promueve la aplicación del EXANI-II, instrumento que evalúa aptitudes y competencias disciplinares predictivas de desempeño académico<sup>2</sup>. Su propósito es detectar el potencial de las(os) aspirantes para cursar con éxito el primer año del nivel educativo al que desean ingresar.

El EXANI-II es una prueba elaborada con referencia a un criterio definido por un grupo de especialistas que conforman los comités de diseño en cada uno de los módulos; dichos comités determinan los descriptores de los niveles de desempeño de acuerdo con los contenidos, características del área y el perfil de ingreso a la educación superior<sup>3,4</sup>. Este examen es de alto impacto debido a que el ingreso del(a) sustentante depende directamente de su desempeño, así declarado por la mayoría de las universidades en México. Esta evaluación está compuesta por cuatro áreas: 1) Pensamiento matemático (PMA), 2) Pensamiento analítico (PAN), 3) Estructura de la lengua (ELE), y 4) Comprensión lectora (CLE). Los resultados obtenidos se expresan en una escala llamada Índice Ceneval Global (ICNE), que va en un rango de los 700 (valor más bajo) a los 1,300 puntos (valor más alto). La mayoría de sustentantes se agrupa cerca de los 1,000 puntos en la escala ICNE<sup>2</sup>.

El Ceneval reporta a cada aspirante uno de los siguientes niveles como resultado de los aciertos en el EXANI-II<sup>1,2,4</sup>:

**Sin dictamen.** El(la) aspirante no respondió al menos 20% de las preguntas del área, por lo que la información con que se cuenta es insuficiente para ofrecer un dictamen.

**Insatisfactorio.** El(la) aspirante no cumple con el estándar.

**Satisfactorio.** El(la) aspirante resuelve situaciones en contextos novedosos a partir de la comprensión de conceptos y teorías y la aplicación de fórmulas y reglas básicas de la disciplina; es

competente para clasificar, ordenar e integrar información de diversas fuentes, distinguiendo errores o inconsistencias; es capaz de realizar inferencias para explicar eventos, comprender sus implicaciones y establecer conclusiones.

En 2008, la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR) consideró en el proceso de admisión, la aplicación EXANI-II, para conocer el nivel de desempeño académico de las(os) aspirantes. No obstante que los resultados del EXANI II son un criterio de selección de la matrícula de nuevo ingreso, la UNACAR con la finalidad de atender la demanda de servicio en educación superior de la región, somete a criterio interno de la unidad académica correspondiente (Facultad), el análisis de los puntajes para otorgar un lugar a aspirantes con resultados Insatisfactorio y Sin Testimonio, atendiendo como un criterio importante, la inclusividad; lo que implica realizar un análisis exhaustivo por parte de las academias de los programas educativos, atendiendo las recomendaciones de los criterios e indicadores de los organismos evaluadores y acreditadores: Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES), Consejo para la Acreditación de la Educación Superior, A. C. (COPAES) y la Comisión Interinstitucional para la Formación de Recursos Humanos para la Salud (CIFRHS); quienes a su vez toman en cuenta, la oferta y la demanda de las necesidades de la región. Así, se determina el número de aspirantes con resultados Insatisfactorio y Sin Testimonios que serán incorporados a la cohorte generacional.

Es pertinente considerar que para otorgar plazas a las(os) aspirantes con resultados Insatisfactorio y Sin Testimonios como estudiantes regulares, se requiere evaluar el impacto que de dichas plazas y diseñar estrategias para el acompañamiento en la trayectoria escolar.



El interés de este estudio surge por una investigación realizada en el 2017, por Torres y colaboradores, quienes determinan de manera descriptiva, la deserción escolar (una aproximación a las características) en estudiantes de la Licenciatura en Nutrición en la matrícula inscrita del 2004 al 2014, que comprende diez cohortes generacionales con una tasa de deserción del 44 %8.

Con este marco referencial, los objetivos de este trabajo se enfocaron en determinar el índice general de aprobación del alumnado aceptado según CENEVAL (EXANI II); el índice de aprobación según CENEVAL (EXANI II) de quienes desertaron y, el promedio general de quienes solicitaron la baja en la Licenciatura en Nutrición (LN) de la Facultad de Ciencias de la Salud (FCS) de la Universidad Autónoma del Carmen del 2008 al 2017.

## Método de trabajo

Se realizó un estudio con enfoque cuantitativo y un alcance exploratorio, descriptivo con un diseño no experimental tipo ex post-facto.

## Participantes

Para la realización de este estudio se consideró la población total de 487 resultados del EXANI II, que conforma la matrícula de ingreso por cohorte generacional de 2008 a 2017, respecto al análisis de deserción se consideró la totalidad de los casos de baja, 194 expedientes de las generaciones 2008 a 2017 de la Licenciatura en Nutrición de la UNACAR. El estudio estuvo coordinado por el grupo disciplinar “Educación, Alimentación, Nutrición y Salud” y participó el profesorado del programa educativo (PE) de Licenciatura de Psicología Clínica de la Facultad de Ciencias de la UNACAR.

## Instrumentos y materiales

Los instrumentos y materiales utilizados en esta investigación fue la base de datos con los resultados del EXANI II de las generaciones 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017 del PE LN.

Para determinar los casos de deserción, de las cédulas de baja definitiva institucional se recabó la información de: matrícula, fecha de solicitud, nombre, programa educativo, generación de ingreso, promedio general, motivo de solicitud de baja.

Y de los reportes del portal ejecutivo del gestor de la licenciatura se obtuvieron los siguientes datos: generación, ingreso, activos con curso, activos sin cursos, baja, egresados y titulados.

## Procedimientos

La investigación se realizó con el siguiente formato metodológico:

A través del gestor de la licenciatura se solicitaron los resultados de los exámenes de ingreso de diez generaciones: 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017 del PE LN y se obtuvieron 487 registros. De igual manera, se solicitaron las cédulas de baja del alumnado para obtener información sobre las variables de estudio, se obtuvieron el total de bajas definitivas: 194 casos.

Obtenidos los resultados en hojas de Excel se procedió a la tabulación para su análisis.

## Registro y análisis de los datos

Se empleó el paquete IBM SPSS Statistics versión 21 para el análisis de los datos se aplicaron estadística descriptiva.



## Resultados

De la información obtenida del registro de aspirantes de nuevo ingreso por cohorte generacional se obtuvieron los siguientes resultados:

Los puntajes se clasificaron en tres grupos: satisfactorio (1000 puntos o más), insatisfactorio (menos de 1000 puntos) y sin testimonio (que no haya contestado hasta el 20% de los reactivos) según los criterios del CENEVAL.

NIVEL DE DESEMPEÑO	N	%	MEDIA
Satisfactorio	221	45.38	1099
Insatisfactorio	266	54.62	932
Sin Testimonio	0	0	0
Total	487	100	-

Tabla 1. Índice general de aprobación según CENEVAL (EXANI II)

Los resultados analizados corresponden a la población del alumnado aceptado e ingresado en el PE LN de las cohortes generacionales antes mencionadas: el 45.38 % de los aspirantes obtuvo niveles de desempeño satisfactorio, y, el 54.62 % de los casos quedó con nivel de desempeño insatisfactorio, fueron aceptados después de someterse al análisis de sus puntajes. Durante el periodo de estudio no se encontró ningún resultado Sin testimonio.

De los 194 casos de baja definitiva de las cohortes generacionales de esta investigación, se destaca la atención a 107 casos; el 55.15 %, que ingresaron al PE LN con un resultado insatisfactorio según los criterios del CENEVAL como se puede observar en la Tabla 2.

NIVEL DE DESEMPEÑO	N	%	MEDIA
Satisfactorio	87	44.85	1012
Insatisfactorio	107	55.15	844
Sin Testimonio	0	0	0
Total	194	100	-

Tabla 2. Índice de aprobación según CENEVAL (EXANI II) de quienes desartaron

De los casos de solicitud de baja definitiva, el estatus era de alumnado regular de los 194; el 35.05 % con un promedio general aprobatorio, y el 64.95% restante con promedio general reprobatorio como se menciona en la Tabla 3. Es pertinente mencionar que la escala de calificación en la UNACAR es de 0 a 100, siendo el mínimo aprobatorio 70.

NIVEL DE DESEMPEÑO	N	%	MEDIA
Aprobado	68	35.05	76
Reprobado	126	64.95	54
Total	194	100.00	0

Tabla 3. Promedio general al momento de solicitar la baja

## Discusión

El Plan Nacional de Desarrollo tiene como función básica ampliar las oportunidades educativas, para reducir desigualdades entre grupos sociales, cerrar brechas e impulsar la equidad<sup>5,6</sup> al dotar al alumnado de competencias y conocimientos pertinentes que funcionan como base y estructura sólida para construir una trayectoria individual y comunitaria, productiva e integral; la deserción escolar debilita este cometido<sup>7</sup>. En 2016, el PELN fue evaluado por CIEES y quedó en nivel 1, y en el mismo año, fue acreditado por COPAES. A partir de estos ejercicios de autoevaluación y acreditación se le recomienda realizar estudios sobre la deserción escolar para generar estrategias de intervención a fin de mejorar la eficiencia terminal, lo que condujo a Torres y colaboradores en año 2017 a investigar este fenómeno en el PE LN. La investigación determinó una tasa de deserción del 44 % del 2004 al 2014, las tres causas principales fueron: 1) Cambio del estudiante a otro programa educativo dentro de la universidad, 2) Cambio del estudiante de institución educativa y 3) Situaciones económicas<sup>8</sup>.

En esta investigación, se encontró una tasa de deserción 39.83 % del 2008 al 2017, disminuyó un 4.17 % en comparación con lo reportado con Torres y colaboradores pero fue similar a lo reportado por CIEES en el contexto nacional. En el panorama anterior, surge la pregunta ¿Existe relación entre los resultados del EXANI II y la deserción escolar en estudiantes universitarios?.

La investigación muestra que el EXANI II cumple como instrumento predictor del éxito escolar, por lo que, los resultados deben ser socializados para su análisis por la dirección, la gestoría y las academias de los PE's previo a la emisión de la cohorte generacional publicada, con el propósito de plantear estrategias que ayuden a disminuir el índice de deserción.

De acuerdo a Torres y colaboradores, la principal causa de deserción está relacionada con los resultados insatisfactorios del EXANI II, los cuales predicen el fracaso escolar en las asignaturas de los primeros dos años del PE como se observa en la Tabla 3.

Por lo anterior, es necesario tomar conciencia de la trascendencia del proceso de inclusión educativa, ya que el ingreso a la Educación Superior en México cada año concierne a más de 250 mil jóvenes, sus familias, docentes, examinadoras(es) y a las administraciones educativas, lo que implica a varios millones de personas<sup>2,9</sup>; la selección asertiva de aspirantes

permite disminuir la deserción escolar e incrementar la eficiencia terminal.

Es pertinente mencionar que existe limitada literatura que relacione los resultados del examen de ingreso con la deserción escolar, ya que la mayoría de las universidades declaran para sus procesos de selección, que las(los) aspirantes deben obtener resultados satisfactorios para ingresar y tener el estatus de alumnado ordinario regular; sin embargo, aun teniendo este requisito, la deserción constituye un problema para el nivel superior, por lo que surge la duda si realmente todo el estudiantado aceptado en las universidades del país obtuvo los resultados satisfactorios para su ingreso.

Para el caso del PE LN se tiene que 54.62 % de la población aceptada obtuvo un índice de aprobación insatisfactorio, según CENEVAL (EXANI II) pero cabe mencionar que no existe literatura que reporte este dato. Sin embargo, Treviño<sup>1</sup> en 2003, determina según CENEVAL (EXANI II) un índice de aprobación de quienes desertaron: 57 % en el caso de la mujeres y el 48 % para el caso de los hombres. Cifras similares a las encontradas en este trabajo con un 55.15 % para los estudiantes aceptados en el PE LN, pero mayores a lo reportadas por Celis Ochoa y colaboradores<sup>10</sup> en el 2010, quienes determinaron 36.63 %. Estos datos indican la relación entre la deserción escolar y el puntaje de menos 900 puntos en el examen de ingreso.



Se observa en relación con el promedio del estudiantado desertor al solicitar la baja que más de la mitad tuvo calificaciones por debajo del 70, es decir reprobatorias como lo comprueban diversos autores<sup>11,12</sup>.

Con este estudio, también se detectó que no existe diferencia significativa entre sustentantes que provienen de instituciones públicas o privadas según los resultados obtenidos en el EXANI II.

### **Conclusiones**

Se demostró que existe una relación positiva entre los resultados del examen de ingreso (EXANI II) y la proporción de estudiantes que deciden abandonar el PE LN, de la FCS de la UNACAR, no debe traducirse en el rechazo de esta(os) estudiantes; por el contrario, el estudiantado que obtengan entre 800 a 999 puntos en la evaluación, debe ser atendido con estrategias institucionales para ampliar las oportunidades educativas, reducir las desigualdades entre grupos sociales, cerrar brechas e impulsar la equidad lo que reduce los costos generados al país con el fenómeno de la deserción.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puntualiza lo siguiente:

El 54.62 % del estudiantado que ingresa al PE LN de la FCS obtiene resultados insatisfactorios en sus exámenes de ingreso (EXANI II), menos de 1000 puntos, pero mayor de 800 puntos. Es decir, insatisfactorio.

El 55.15 % del alumnado que desertó, obtuvo resultados insatisfactorios en sus exámenes de ingreso (EXANI II).

El 35.05 % del estudiantado que desertó tenía promedios satisfactorios (70 puntos ó más) según la escala de la UNACAR, fueron otras causas las que determinaron las salidas, pero no sus resultados del EXANI II.

Como seguimiento al presente estudio es pertinente evaluar los índices de reprobación, ya que se encontró que el 40.22% del estudiantado que obtuvo un resultado insatisfactorio en el EXANI II y un promedio aprobatorio, 70 o superior, en los cursos del PE LN durante los primeros dos años, continúan en la cohorte generacional; mientras que el 59.78% que obtuvo un resultado insatisfactorio y un promedio general en los cursos menor a 70, desertó.

Para finalizar, el EXANI II no debería ser utilizado como un instrumento de selección, debe ser aplicado como lo que es, una evaluación diagnóstica que permite a las instituciones de nivel superior dar una caracterización de las cohortes generacionales para elaborar estrategias desde el programa de tutoría a fin de favorecer el proceso de permanencia y profesionalización de la población estudiantil, lo que incrementará el índice de eficiencia terminal.

## Referencias

1. TREVIÑO Lozano, Eloísa M. Relaciones entre el examen de ingreso y las calificaciones con la deserción y la utilidad de la tutoría para la permanencia en FIME de la UANL. Tesis (Maestría en Ciencias con Especialidad en Orientación Vocacional). Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León. 2003 (fecha de consulta: 23 de noviembre 2017). Disponible en <http://eprints.uanl.mx/1507/1/1080124330.PDF>
2. CENEVAL. Resultados del Examen Nacional de Ingreso a la Educación Superior en el año 2016 (en línea). México, D.F., 2016 (fecha de consulta: 12 de noviembre 2017). Capítulo 1. EXANI-II Admisión. Disponible en <http://www.ceneval.edu.mx/documents/20182/74837/Estadisticas+EXANI-II+2016.pdf/be30060d-9392-4186-a8cc-0dd6ebe3fbb0>
3. MARTÍNEZ Pineda, José A., y HERRERA Ortiz, Miguel. Propiedades psicométricas de la escala de cómputo para el EXANI-II. Revista electrónica de investigación educativa. (en línea). Abril 2014, 16(2), 68-80, (fecha de consulta: 04 de diciembre 2017). Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1607-40412014000200005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607-40412014000200005&lng=es&tlng=es).
4. CENEVAL. GUÍA EXANI-II (22nd ed.). México, D.F., 2017 Disponible en <http://www.ceneval.edu.mx/documents/20182/35992/Gu%C3%ADa+EXANI-II+22a+ed+Final.pdf/70ddf03d-ce4d-4c8d-944e-9ebbe9fdeb33>
5. DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. Acuerdo número 629 por el que se emiten los Lineamientos específicos para la operación del Programa de Becas para la Expansión de la Educación Media Superior, Síguete y Programa de Becas Universitarias. México, D.F., 2012 (fecha de consulta: 07 de diciembre 2017). Disponible en [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5230202&fecha=13/01/2012&print=true](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5230202&fecha=13/01/2012&print=true)
6. RIVERA Meneses, Filiberto, ESPÍNOLA Reyna, José G. Marco teórico y conceptual de la educación inclusiva y su vinculación con la educación para la paz. Ra Ximhai [en línea] 2015, 11 (Enero-Junio) [Fecha de consulta: 4 de diciembre de 2017] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46139401008>> ISSN 1665-0441
7. ROMÁN C., Marcela, Factores asociados al abandono y la deserción escolar en América Latina: Una mirada en el conjunto. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación [en línea] 2013, 11 (Sin mes) : [Fecha de consulta: 5 de diciembre de 2017] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55127024002>> ISSN
8. TORRES Zapata, Ángel E., VILLANUEVA Echavarría, José R., ACUÑA Lara, Juana P., GUADARRAMA López, Claudia E., SOLÍS Cardouwer, Olga C., y FLORES López, Patricia. Deserción Universitaria. Una aproximación a las características de abandono escolar en estudiantes de la Licenciatura en Nutrición para la toma de decisiones. Revista Transformación (Con)Ciencia Educativa. Nuestra Voces. Nuestras Acciones. (en línea). Julio – Diciembre 2017, no. 4 (fecha de consulta: 07 de diciembre 2017). 12-20 p. Disponible en [http://transformacion.setab.gob.mx/images/PDF/revista4/3\\_Desercion%20universitaria.pdf](http://transformacion.setab.gob.mx/images/PDF/revista4/3_Desercion%20universitaria.pdf) ISSN 2448-7686
9. VRIES, Wietse de; LEÓN ARENAS, Patricia; ROMERO MUÑOZ, José Francisco y HERNANDEZ SALDAÑA, Ignacio. ¿Desertores o decepcionados? Distintas causas para abandonar los estudios universitarios. Rev. educ. sup [online]. 2011, vol.40, n.160 [citado 2017-12-05], pp.29-49. Disponible en: <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-27602011000400002&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-27602011000400002&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0185-2760.
10. CELIS Ochoa, Beatriz S., OSORNO Munguía, Jesús R., VALLEJO Casarín, Alma., y MAZADIEGO Infante, Teresa. Estudios recientes en educación superior. Una mirada desde Veracruz (en línea). Xalapa, Veracruz, México, 2010 (fecha de consulta: 02 de noviembre 2017). Capítulo 1. Predictores del rendimiento académico universitario en el examen de ingreso a la Universidad Veracruzana en ciencias de la salud, Poza Rica, Veracruz. Disponible en <https://www.uv.mx/bdie/files/2012/10/Libro1educacionsuperior.pdf> ISBN: 978-607-502-010-5
11. SÁNCHEZ Rubio, Sarah E. La reprobación, principal factor que origina la deserción escolar en la educación media superior en León, Guanajuato. Revista REAXIÓN Ciencias y Tecnología Universitaria. (en línea). Mayo - Agosto, 2015, no. 3 (fecha de consulta: 14 de diciembre 2017). Disponible en [http://reaxion.utleon.edu.mx/Art\\_La\\_reprobacion\\_principal\\_factor\\_que\\_origina\\_la\\_desercion\\_escolar\\_en\\_la\\_educacion\\_media\\_superior\\_en\\_Leon\\_Guanajuato.html](http://reaxion.utleon.edu.mx/Art_La_reprobacion_principal_factor_que_origina_la_desercion_escolar_en_la_educacion_media_superior_en_Leon_Guanajuato.html) ISSN: 2007-7750
12. X CONGRESO Nacional de Investigación Educativa. (no 16, 2009, Veracruz, Veracruz). Examen de selección, desempeño y riesgos escolares en los estudiantes de la universidad. México, D.F., 2009 (fecha de consulta: 08 de diciembre 2017). Disponible en [http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v10/pdf/area\\_tematica\\_16/ponencias/1876-F.pdf](http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v10/pdf/area_tematica_16/ponencias/1876-F.pdf)

**Fecha de recepción**  
27/06/2017

**Fecha de aceptación**  
10/10/2017

**Fecha de publicación**  
31/05/2018

**Año 5, Número 3. Mayo - Agosto 2018**

