



REVISTA  
**TECNOLOGÍA**  
DIGITAL

“Semillero de Investigadores”

ISSN: 2007-9400

“Tecnología para la sociedad”

Índice LatIndex: Folio 23658

[www.revistatecnologiadigital.com](http://www.revistatecnologiadigital.com)

Desde 2011

Volumen Número

7 1

Año 2017

## CONSEJO EDITORIAL.

### **Presidente. Dr. Héctor Guerra Crespo.**

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
hgcrespo@hotmail.com

### **Secretario. M.C. Walter Torres Robledo.**

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
waltertorres@elgrupo.mx

### **Editor de forma. M.C. Octario Ariosto Rios Tercero.**

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
oarios\_oarios@yahoo.com.mx

### **Editor de forma. M.C. Imelda Valles López.**

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
imevalles@yahoo.com.mx

### **Editor traductor. Dr. Daniel Samayoa Penagos.**

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
samadaniel@hotmail.com

### **Editor traductor. Dra. Magdalena Guerra Crespo.**

Instituto de Biotecnología de la UNAM, Cuernavaca Morelos.  
magdagmx@hotmail.com

### **Editor traductor. Dra. María Candelaria Gutiérrez Gómez.**

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
magutz\_03@hotmail.com

### **Vocales:**

Universidad Gral. Pablo Guardado Chávez. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.  
**M.C. Galdino Belisario Nango Solís.** gbnango@hotmail.com

Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

**Dra. Rebeca Garzón Clemente.** rebeca\_garzon@hotmail.com

## **Revista Tecnología Digital.**

Índice LatIndex: 23658.

ISSN: 2007-9400.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Carretera Panamericana Km. 1080.

C.P. 29000, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Departamento de Sistemas y Computación.

01-961-6150461 Ext. 319

[www.revistatecnologiadigital.com](http://www.revistatecnologiadigital.com)

## **Editor Responsable.**

Editorial Tecnología Didáctica®.

Dr. Héctor Guerra Crespo.

Registro del padrón de editores: 970-94054 de fecha 22-junio-2004.

Palenque 139 Col. ISSSTE, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

C.P. 29060, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

[www.tecnologiadidactica.com](http://www.tecnologiadidactica.com)

## COMITÉ DE ARBITRAJE.

### **Dr. Alejandro Medina Santiago.**

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas,  
Doctor en Ciencias en Ingeniería Eléctrica, Cinvestav-IPN, Unidad México.

### **Dr. Antonio Orantes Molina.**

Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca.  
Doctor en Sistemas Automáticos, Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas (INSA),  
Toulouse, Francia

### **Dr. Emilio Camahort.**

Universidad Politécnica de Valencia, España.  
Doctor of Philosophy (PhD), The University of Texas at Austin, Austin, TX, USADr.

### **Dr. Enrique Guzmán Ramírez.**

Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca.  
Doctor en Ciencias de la Computación, Centro de Investigación en Computación,  
Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.

### **M.C. Eva Valdez Alemán.**

Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Estado de México, México.  
Maestra en Ciencias de la Educación, Universidad del Valle de México. Campus  
Lomas Verdes.

### **Dr. Francisco José Abad Cerdá.**

Universidad Politécnica de Valencia, España.  
Doctor en Informática, Universidad Politécnica de Valencia.

### **Dr. Gustavo Alberto Rovelo Ruiz.**

Universidad Politécnica de Valencia.  
Máster en Inteligencia Artificial. Universidad Politécnica de Valencia, España.

### **Dr. Iván Antonio García Pacheco.**

Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca.  
Doctor en Lenguajes y Sistemas Informáticos e Ingeniería de Software, Facultad  
de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid.

### **Dr. Jorge Luis Camas Anzueto.**

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.  
Dr. en Ciencias con especialidad en Óptica, INAOE, Puebla, México.

### **Dr. Luis Enrique Colmenares Guillen.**

Universidad Autónoma de Puebla.  
Dr. en Ciencias con especialidad en Sistemas Distribuidos por la Universidad  
Politécnica de Cataluña (UPC), Barcelona España.

### **Dr. Noel Enrique Rodríguez Maya**

Instituto Tecnológico de Zitácuaro, Michoacán, México.  
Dr. en Ciencias en Ingeniería Eléctrica por la Universidad Michoacana de San  
Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.

**Revista Tecnología Digital.** Año 7, Volumen 7, Número 1 de 22 de diciembre de 2017 es una publicación anual on-line [www.revistatecnologiadigital.com](http://www.revistatecnologiadigital.com) editada por Héctor Guerra Crespo oficinas en Palenque 139 Col. ISSSTE Tuxtla Gutiérrez Chiapas, México C.P. 29060. correo-e hgcrespo@hotmail.com Editor responsable: Héctor Guerra Crespo. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2014-022811040300-203 otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. ISSN 2007-9400. Responsable de la última actualización de este número Dr. Héctor Guerra Crespo, Presidente del consejo editorial, Palenque 139 Colonia ISSSTE Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, C.P. 29060, fecha de la última modificación, 22 de diciembre de 2017.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del editor responsable. Índice LatIndex: 23658.

# Índice.

	Página.
Aplicación móvil 3D para fomentar el pensamiento computacional infantil.	..... 1
Aplicación web para difusión de efectos adversos en infecciones nosocomiales en lengua tsotsil.	..... 13
Asistente virtual para personas con discapacidad neuromusculoesquelética sin afección cognitiva ni de lenguaje.	..... 21
Control de un sistema optomecánico de un polarizador óptico.	..... 29
Diseño y desarrollo de la línea de ensamble para el proyecto latam aplicado a los shelf series FF.	..... 41
Diseño y fabricación de un prototipo de cortador láser para el grabado de placas electrónicas.	..... 55
Estimación de posición y control de un vehículo aéreo no tripulado para su aplicación en sistemas de aterrizaje de emergencia.	..... 65
Guante traductor de lenguaje de señas mexicano para personas sordomudas.	..... 75
Interfaz optomecatrónica para caracterización de respuesta angular de fotodetectores.	..... 87
Libro virtual para el aprendizaje de señas de lenguas mexicanas para discapacidad auditiva y del habla en niños menores de seis años.	..... 97
Mapa turístico geo-referenciado de las riquezas naturales de Chiapas, México.	..... 107
Sistema de visión para detectar y alarmar el estado de cansancio de un conductor.	..... 119



# Aplicación móvil 3D para fomentar el pensamiento computacional infantil.

## 3D app to promote children's computational thinking.

Allan Eduardo Ojeda Pat (1).  
Estudiante. Facultad de Matemáticas. Universidad Autónoma de Yucatán.  
[allan.ojedaa@gmail.com](mailto:allan.ojedaa@gmail.com).

Cinhtia González Segura (2). Facultad de Matemáticas. Universidad Autónoma de Yucatán.  
[gsegura@correo.uady.mx](mailto:gsegura@correo.uady.mx).

Michel García García (3). Facultad de Matemáticas. Universidad Autónoma de Yucatán.  
[michel.garcia@correo.uady.mx](mailto:michel.garcia@correo.uady.mx)

**Artículo recibido en octubre 01, 2017; aceptado en octubre 12, 2017.**

### Resumen.

*Diversos estudios recientes han evidenciado que aprender a programar favorece el razonamiento lógico y otras competencias tales como la abstracción y la descomposición. Sin embargo, en México, el sistema educativo no considera la inclusión de materias relacionadas con la programación en el nivel básico. En este trabajo se describe el desarrollo de un videojuego 3D para móviles creado con el fin de ayudar a que los niños de educación primaria logren desarrollar habilidades relacionadas con el pensamiento computacional, de una forma entretenida y lúdica. Los niveles del videojuego están ambientados con elementos de la cultura maya. Se describen los resultados de un análisis pre-test y post-test aplicado a un grupo de niños de primaria. Los resultados preliminares indican que después de usar el video juego se obtiene una mejora significativa en el desempeño de los niños, por lo que se concluye que el videojuego contribuye positivamente en el desarrollo del pensamiento computacional.*

**Palabras Clave:** Pensamiento computacional, pensamiento lógico matemático, video juego 3D educativo, programación gráfica, educación básica, cultura maya.

### Abstract.

*Several recent studies have shown that learning to program encourage the logical reasoning and other skills as abstraction and decomposition. However, in Mexico, the educational system does not consider the inclusion of subjects related to programming at the basic level. This work describes the development of a 3D educational video game for mobile devices created with the purpose of helping to primary school children to develop the skills related with computational thinking, in an entertainment and playful manner. The game levels have been designed with elements of the Mayan culture. The results of the analysis after the application of one pre-test and post-test on primary school children are described. The preliminary results indicate that after using the video game it is obtained a significant improvement on children's performance, it is therefore concluded that the video game contributes positively on the computational thinking skill development.*

**Keywords:** Computational thinking, mathematical logical thought, educational 3D video game, graphics programming, elementary education, Mayan culture.

## 1. Introducción.

Aunque el uso de dispositivos móviles y la enseñanza de la programación en niños, es un tema en discusión (Wing, 2008), algunos autores afirman que las habilidades de programación deben ser enseñadas a cualquier persona en el mundo y no solo a personas que estudian profesiones relacionadas con la computación (Oluk y Korkmaz, 2016). Por consiguiente, varios países alrededor del mundo han implementado la enseñanza de la

programación en su plan curricular de estudios, en la educación básica (Moreno y Robles, 2015); tal es el caso de Inglaterra que fue uno de los primeros países (Basogain, X., Olabe, M. y Olabe, J., 2015) en implementar este cambio. En México, en el plan curricular de estudios para el nivel básico no se ha incluido alguna materia relacionada en el ámbito de la programación (Secretaría de Educación Pública [SEP], 2016), aun cuando el nuevo modelo educativo se contempla el desarrollo de competencias necesarias para hacer frente a los desafíos del siglo XXI.

### **Problemática.**

La educación en México requiere especial atención en las áreas de matemáticas y español. En particular, la evaluación PISA 2015, refleja poco avance en los últimos tres años en áreas como las matemáticas y el pensamiento lógico (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico [OCDE], 2016). Un estudio realizado (Basogain et al., 2015) menciona que diversos problemas pertenecientes a la evaluación de PISA 2015 pueden ser resueltos utilizando un enfoque de programación, y que habilidades como la creatividad, razonamiento y pensamiento crítico son reforzadas mediante la habilidad del pensamiento computacional (Basogain et al., 2015).

Otros estudios han destacado que las personas pueden obtener múltiples habilidades cuando aprenden a programar, como es el caso del pensamiento computacional, que involucra la resolución de problemas, el diseño de sistemas, y el entendimiento del comportamiento humano (Wing, 2006) por medio del uso de conceptos relacionados con la programación.

### **Justificación.**

Modelos alrededor del mundo han dado a conocer la importancia de enseñar la programación a nivel primaria con el fin de incentivar a los niños a programar por medio de diferentes lenguajes de programación visuales (Basogain et al., 2015). La idea de usar un juego que permita la programación visual destaca por la facilidad que otorga a los usuarios de aprender instrucciones por medio de la utilización de bloques gráficos, sin tener que escribir líneas de código, de esta manera se evitan problemas relacionados con la sintaxis del lenguaje (Mladenović, M., Rosić, M., y Mladenović, S., 2016) (Maloney, J., Resnick, M., Rusk, N., Silverman, B., y Eastmond, E., 2010). Además, desarrollar el pensamiento computacional usando video juegos permite enganchar a los niños a cumplir con las diversas tareas mientras juegan y desarrollan habilidades computacionales (Lee, T., Mauriello, M., Ahn, J., y Bederson, B., 2014).

Por otro lado, la tendencia creciente por el uso de las TIC, el internet y los dispositivos móviles ha permitido conectar a más personas de todas las edades en un mundo más digitalizado (World Internet Project, 2013) y globalizado, como el actual. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2016) afirma que, el 56.34% de la población Yucateca se considera internauta, es decir que navega por internet por medio de un dispositivo para diversos fines y un 52.43% de la población cuenta con Smartphones o teléfonos inteligentes.

Considerando esta digitalización mediática de la sociedad Yucateca y con el objetivo de promover el desarrollo del pensamiento computacional en la población infantil de la región, surge la idea de construir un videojuego que permita a niños de nivel primaria desarrollar el pensamiento computacional desde temprana edad, a través de una interfaz lúdica basada en elementos locales de la cultura maya, presente en Yucatán.

En la siguiente sección se describen algunos trabajos relacionados con el desarrollo realizado, posteriormente se describe la metodología empleada para el desarrollo de la interfaz y los personajes, después se muestran las pruebas realizadas con un grupo de niños de nivel básico, finalmente se describen los resultados y las conclusiones.

## **2. Métodos.**

El pensamiento computacional es considerado como una habilidad que debe ser enseñada desde temprana edad e incluida en el aprendizaje básico debido a las ventajas que aporta en el aprendizaje de todas las áreas (Bell, T., Alexander, J., Freeman, I., y Grimley, M., 2009) (Kazimoglu, C., Kiernan, M., Bacon, L., y Mackinnon, L., 2012). El desarrollo temprano de habilidades computacionales no solo permitirá mejorar la resolución de

problemas matemáticos y de computación, si no permitirá un desarrollo integral en la toma de decisiones, razonamiento y de abstracción ante cualquier problema, en cualquier área (Wing, 2006).

Entre las características involucradas en el pensamiento computacional para la solución de problemas, se encuentran las siguientes (Basogain et al., 2015)(Conery, L., Stephenson, C., Bar, D., Barr, V., Harrison, J., & James, J., 2011)(CODE, 2017):

- La capacidad de análisis, abstracción y descomposición de información.
- Descomposición de grandes problemas en otros más pequeños.
- Formulación de problemas en términos computacionales.
- Organización de datos de manera lógica.
- Identificación de patrones mediante similitudes entre objetos y situaciones.
- Representación de datos mediante modelos y simulaciones.
- Automatización de soluciones mediante pensamiento algorítmico.
- Identificación, análisis e implementación de posibles soluciones con el objeto de encontrar la combinación de pasos y recursos más eficiente y efectiva.
- Generalizar y transferir ese proceso de solución de problemas a una gran diversidad de estos.
- Elaboración de algoritmos para realizar una tarea de forma automatizada.

Existen diversas aplicaciones que promueven el pensamiento computacional desde temprana edad, tal es el caso del trabajo que está realizando CODE.org. Esta organización se encarga de crear material de apoyo para educadores con el fin de enseñar en las escuelas la importancia aprender a programar (CODE, 2016). Sus programas de estudio permiten de manera innovadora y entretenida enseñar los principios básicos de la programación a niños a partir de 6 años y hasta los 18 años, por medio de guías interactivas y software de programación para computadoras.

De esta misma organización se destaca el proyecto de “La hora del código”; creado con el fin de promover los principios básicos de programación a cualquier persona de cualquier edad, a través de un video juego interactivo el usuario debe resolver distintos niveles con diferentes escenarios mediante la comprensión del problema planteado e indicando conjuntos de instrucciones para su solución. “La hora del código” ha sido altamente promovida como una manera eficaz de incentivar los conceptos de la programación a cualquier persona, gracias a que ha tenido a grandes colaboradores exitosos que han aportado varias versiones del programa con temáticas de ficción como Star Wars, Minecraft, Disney y Angry Birds, de los cuales resulta más llamativo hacia las personas.

En los últimos años, también se han formulado diversos proyectos que buscan promover el pensamiento computacional. Por ejemplo, CTArcade (Lee et al., 2014) promueve el aprendizaje de habilidades lógicas por medio de la resolución de un juego conocido como “Tic-Tac-Toe” o “El juego del gato”. El usuario tiene como propósito entrenar por medio de una interfaz gráfica un personaje para tratar de ganar la mayor cantidad de veces contra la computadora. El video juego fue evaluado en niños de 10 a 15 años y sus autores afirman que por medio del diseño y resolución del juego se mejoraron habilidades como la resolución, abstracción y creación de estrategias de juego.

Otra aplicación que fue desarrollada y evaluada para motivar la programación por medio de un video juego es RoboBuilder (Weintrop, D., y Wilensky, U., 2013) que permite la creación y diseño de estrategias para que un robot pueda desplazarse y atacar de manera estratégica a enemigos en diferentes escenarios de guerra. Aquí se propone el diseño de estrategias usando conceptos computacionales a través de un lenguaje de programación visual. En este caso, los autores afirman que el aprendizaje se logra de manera satisfactoria tomando en cuenta un concepto más que interviene cuando se trabaja con un entorno visual: el constructivismo. El constructivismo es una forma de aprendizaje basado en la experimentación y ganancia cognitiva por medio de la resolución de un problema. En términos de computación son las herramientas cognitivas que permiten el desarrollo de estrategias para resolver un problema mediante la programación (Weintrop, D., Holbert, N., Horn, M. S., y Wilensky, U., 2016).

Otra propuesta desarrollada propone facilitar la enseñanza y el aprendizaje de temas básicos de la programación mediante un video juego llamado "Program your robot" diseñado en un contexto educativo (Kazimoglu et al., 2012). El objetivo del juego es asistir y ayudar a un robot para que avance por diversas plataformas a través de la

construcción de un plan de escape que se construye con dos tipos de comandos: de acción y de programación. Los comandos de acción ejecutan movimientos específicos en el robot y los comandos de programación permiten crear ciclos y condiciones. De su evaluación a 25 estudiantes la mayoría afirmó que encontró divertido jugar el video juego. El autor de esta propuesta (Kazimoglu et al., 2012) considera que los usuarios estarán alentados a completar cada una de las actividades de programación gracias a que los videojuegos son atractivos y motivacionales.

### 3. Desarrollo.

La aplicación se desarrolló para ser utilizada en un dispositivo móvil, tomando en cuenta el auge en el uso de los mismos en niños, jóvenes, adultos y en personas mayores (World Internet Project, 2013). Se planteó el desarrollo del juego para el sistema operativo Android 4.0 o superior, disponible para el 97.4% de los usuarios activos en Google Play (Android Developers, 2016). Se espera que el acceso al internet por medio de un dispositivo móvil no sea un impedimento para poder descargar y probar el juego desarrollado.

La idea principal del videojuego es incentivar el pensamiento computacional y difundir la cultura maya yucateca a los hispano hablantes y a los maya hablantes por medio de un video juego diseñado para niños de primaria, considerando que hasta el momento existe poco material publicado que integre aspectos relacionados con la cultura yucateca y el idioma maya, y no se han encontrado trabajos que aborden también el pensamiento computacional.

El objetivo principal del videojuego es usar comandos gráficos que representan diversas acciones que puede realizar el personaje para superar un reto. Al ejecutar la secuencia de los comandos indicados por el usuario, se generan los movimientos asociados y se evalúa de forma visible si dicha secuencia es correcta para superar el reto planteado. Se contemplan diferentes niveles con escenarios y retos con mayor complejidad. De esta manera, se requiere que el usuario razone y elija el conjunto de acciones que permiten resolver cada reto. Se espera que con este tipo de razonamiento se logre incentivar la resolución de problemas mediante la descomposición de acciones que en conjunto la solucionan, una habilidad que forma parte del pensamiento computacional (Basogain et al., 2015) (Wing, 2006).

Para resolver el problema planteado en cada nivel, el jugador genera bloques secuenciales de código en donde cada sentencia o acción se ejecuta una después de otra (Díez, 2016). Esto concuerda con la definición de algoritmo: la abstracción de un proceso que toma ciertas entradas, ejecuta una secuencia de pasos y produce ciertas salidas para satisfacer un objetivo deseado (Wing, 2011). Así, también se busca que el usuario conozca la ejecución de un algoritmo al observar la realización de una secuencia específica de movimientos.

Al principio del juego, el usuario elige al personaje que protagoniza una historia. Cada historia refleja la identidad yucateca de los habitantes en actividades y escenarios específicos, donde se tendrá que resolver un reto planeado. En los niveles 1, 2 y 3 se debe generar una secuencia de acciones que permita mover al personaje del juego a un lugar en específico. En el nivel 4 se debe generar una secuencia de acciones que permita al personaje del juego recolectar objetos del escenario.

La cultura local está presente como una manera temática de dar a conocer personajes, lugares, objetos representativos de la cultura yucateca. El video juego en su primera versión posee 4 niveles, cada uno con su propio escenario en el que se agregan más objetos conforme se avanza, como se observa en la figura 1.



**Figura 1.** Ambientación del videojuego 3D por niveles.

Cada nivel inicia con una explicación de la actividad que realiza la persona en su vida cotidiana y se muestran los comandos gráficos disponibles. Un incentivo del juego es la adquisición de monedas de diferente valor conforme se avanza. La temática de los escenarios y niveles del video juego están basados en locaciones representativas y la inclusión de objetos, personajes, tradiciones y costumbres que recaen en un término conocido como identidad maya.

Elementos como la indumentaria tradicional, construcciones antiguas, cocina regional, actividades agropecuarias y hogareñas, costumbres y tradiciones son para nuestro caso los elementos que rescatan la identidad maya en Yucatán, es decir, los aspectos característicos que dan un sentido y refieren al elemento de pertenencia al ser considerado maya, mestizo o maya yucateco (Be, 2011; Comisión Nacional para el desarrollo de los pueblos indígenas, 2006; Espejo, 1999).

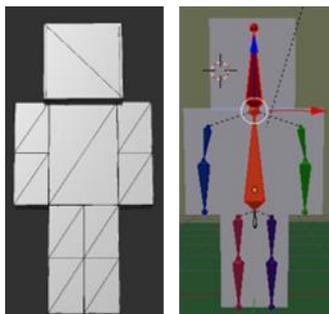
En el nivel 1 el escenario es una casa típica yucateca hecha con hojas de guano y maderas. Los niveles 2, 3 y 4 se ambientan con una parcela con animales y plantas que dan sustento a la familia, para cosechar y comer. La actividad agropecuaria está presente como trabajo en la vida cotidiana de los yucatecos (Be, 2011).

El video juego permitirá al usuario interactuar de manera repetitiva hasta encontrar una solución correcta para el reto planteado. El constructivismo estará presente y el usuario logrará su aprendizaje por medio de la experimentación con prueba y error para la resolución de los diversos problemas que se presenten los escenarios del video juego (Kafai, Y. y Resnick, M., 1996; Weintrop, D., y Wilensky, U., 2013).

Como parte de la retroalimentación, el usuario sabrá si ha acertado o fallado en su intento a partir de la animación que observará cuando se ejecuten los movimientos asociados a la secuencia de comandos indicados. En la lista de comandos del usuario se marcará cual comando ha desencadenado el fallo que ha terminado la emulación, con el fin de indicarle el punto donde debe hacer un cambio en la secuencia de acciones. Se espera que el usuario aprenda y corrija sus propias secuencias de movimientos, logrando así ser el protagonista de su propio aprendizaje (Weintrop et al., 2016) (Lee et al., 2014).

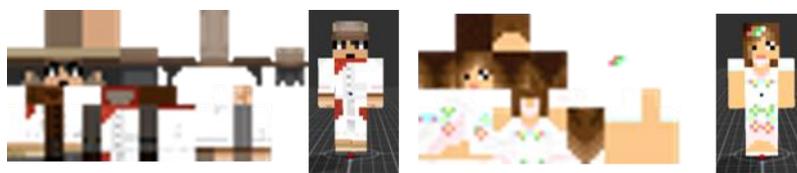
### **Creación de los personajes en 3D.**

Blender es una herramienta para generar animaciones en 3D, permite el modelado y diseño de personajes y objetos, el usuario puede generar la estructura o malla y agregarle diversas propiedades como esqueletos o huesos que le permitan generar un movimiento libre en diversas partes del mismo (Blender, 2016). En este caso se generó el modelo en 3D de un personaje que contiene las partes del cuerpo en forma rectangular y posteriormente se le agregó una estructura básica de huesos que permita generar un movimiento libre, como se ilustra en la figura 2.



**Figura 2.** Modelo de los personajes del juego.

Para generar los rasgos visuales de cada personaje se diseñaron texturas correspondientes a las vestimentas tradicionales yucatecas, la guayabera y el terno, que fueron añadidas al personaje siguiendo los patrones gráficos del cuerpo modelado en 3D. Las texturas creadas están relacionadas con las partes del cuerpo de tal manera que se toman y se despliegan en la zona correspondiente. Esto se ilustra en la figura 3.



**Figura 3.** Texturas del personaje (hombre y mujer).

Las animaciones correspondientes a cada personaje se generaron mediante el motor de animaciones que provee Blender. Las dos animaciones utilizadas durante el juego corresponden a las acciones de caminar y recoger objetos se muestran en la figura 4.



**Figura 4.** Animaciones del personaje mestizo.

### **Escenografía y ambientación maya en 3D.**

El motor de programación Unity permite exportar contenido a diversas plataformas móviles, web, escritorio y video consolas por medio de la inclusión de los SDK de cada plataforma correspondiente. Se eligió porque permite la creación de contenidos dinámicos usando diferentes propiedades gráficas para personalizar los escenarios y los personajes del juego. La interacción del personaje con el mundo virtual se logra por medio de características de comportamiento que se asignan a cada objeto gráfico a través de un entorno de programación usando el lenguaje de C# (Ouazzani, 2012) (Unity, 2016).

La escenografía del videojuego se trabajó en un entorno en 3D para visualizar de manera correcta al personaje y las diversas actividades que realiza. Cada nivel del videojuego posee una escenografía en la que el personaje se desenvuelve para cumplir su objetivo planteado. Cada objeto que forma parte del escenario tiene asociadas características para distinguir los elementos con claridad e interactuar con lo necesario.

El personaje puede estar posicionado por encima los planos del juego ejerciendo peso de manera similar al mundo real con la gravedad. De tal manera que los movimientos del personaje sean más reales. Los objetos,

obstáculos y zonas en blanco tienen etiquetas asociadas que reaccionan al contacto con el personaje, de tal manera que se ejecutan acciones distintas en diversas situaciones.

### Interfaz de los comandos.

La selección de comandos se realiza mediante una interfaz *drag and drop* que permite el arrastre y ubicación de objetos hacia áreas específicas, de tal forma que la secuencia de comandos indique los movimientos que realizará el personaje principal para cada reto. La tarea del usuario es arrastrar los comandos y colocarlos en la caja de ejecución que se encuentra en la parte inferior, hasta generar la secuencia de movimientos que permita al personaje cumplir con su objetivo (Ver figura 5).



**Figura 5.** Interfaz para arrastrar y soltar los comandos en el video juego.

En cada nivel del juego se presenta esta interfaz, aunque las opciones de comandos disponibles aumentan conforme el personaje avanza en los niveles, tal como se indica en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Comandos disponibles en el videojuego.

Comando	Bloque Gráfico	Descripción	Nivel
Avanzar		El personaje recorre una unidad de medida desde su posición actual.	1
Girar a la derecha		El personaje gira 90° de lado derecho.	2
girar a la izquierda		El personaje gira 90° de lado izquierdo.	3
Recoger frutas		El personaje realiza el movimiento de recoger las frutas desde su posición actual.	4

La secuencia de movimientos a ejecutar se genera internamente leyendo de izquierda a derecha los comandos que el usuario pone en la caja de ejecución, para accionarlos y generar la animación del personaje.

## 4. Pruebas y resultados.

Se diseñaron dos instrumentos para aplicar antes y después de utilizar el videojuego. Las cuatro áreas que se evaluaron en estos instrumentos son:

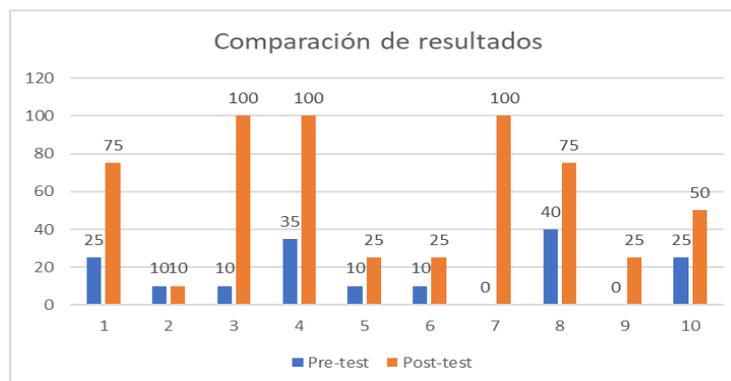
- La descomposición: el usuario deberá dividir el problema completo en un conjunto de problemas más sencillos, conformadas por las acciones que deba realizar el personaje.
- Los patrones: el usuario podrá observar que en cada ejercicio hay similitudes entre los objetos y situaciones.

- Abstracción: El usuario deberá descartar detalles no necesarios para crear una solución genérica del problema actual que pueda ser usado para resolver problemas similares.
- Diseño de algoritmos: El usuario deberá crear una lista de comandos que permite realizar la tarea indicada.

En la evaluación del pre test se obtuvo un análisis del panorama general del grupo al resolver diversos problemas mediante la descomposición, abstracción y generación de soluciones, habilidades que pertenecen al pensamiento computacional (Wing, 2006). Cada ejercicio incluido en los instrumentos se puntuó considerando el incremento en la dificultad de resolución contemplada en cada una de las 4 áreas de interés antes mencionadas.

Las pruebas se realizaron con un grupo de 10 niños de 9 a 12 años, 5 hombres y 5 mujeres, seleccionados de una escuela primaria de la ciudad de Tizimín. El requisito para participar fue que previamente hubieran utilizado un dispositivo móvil.

A cada participante se le facilitó una tableta electrónica con el videojuego en ejecución explicando cada una de las funciones que puede realizar el personaje elegido. Después de responder el primer instrumento, los participantes estuvieron probando el juego hasta completar los 4 niveles. Es importante recalcar que al ser un juego de aprendizaje desarrollaron su propia solución para cada uno de los niveles por medio de prueba y error. Posteriormente al uso del videojuego, se aplicó un segundo instrumento (post-test) con reactivos ligeramente diferentes a los del primer instrumento, para comparar el avance que se obtuvo en las mismas 4 áreas contempladas. La comparación de resultados se ilustra en la Figura 6.



**Figura 6.** Puntajes obtenidos en el pre-test y post-test.

El promedio del grupo antes de utilizar el videojuego fue de 16.5 puntos y después de utilizarlo fue de 58.5, en ambos casos la escala fue de 1 a 100 puntos, por lo que se observa que hubo un incremento del 42%. Es decir, después de utilizar el videojuego se obtiene una mejora en los resultados de descomposición de problemas, identificación de patrones, abstracción y diseño de algoritmos, habilidades asociadas con el pensamiento computacional en los niños.

Por otro lado, se pudo observar que el interés de los niños por interactuar con el videojuego es un elemento que motiva fuertemente el aprendizaje y promueve otras habilidades como la perseverancia, la concentración y el manejo de herramientas tecnológicas para el aprendizaje, como se observa en la figura 7.



**Figura 7.** Niños de primaria usando el video juego.

Además, la presencia de elementos culturales que ambientan el videojuego resultó novedoso para los participantes y permitió apreciar con orgullo el valor que tiene su cultura, en particular la vestimenta, viviendas, costumbres y tradiciones, entre otros.

### Conclusiones.

Se presenta el desarrollo de una propuesta de video juego cuyo objetivo primordial es enseñar habilidades que forman parte del pensamiento computacional en niños. Se describe una interfaz diseñada en 3D ambientada con elementos de la cultura maya y la lógica de un videojuego que presenta retos cuya superación requiere poner en práctica habilidades relacionadas con el pensamiento computacional. Después de aplicar una evaluación de tipo pre-post test, se observa que el puntaje promedio de los participantes mejora después de interactuar con el videojuego desarrollado. Esto conduce a afirmar que el videojuego desarrollado contiene elementos que promueven el desarrollo del pensamiento computacional, específicamente en áreas relacionadas con descomposición de problemas, identificación de patrones, abstracción y diseño de algoritmos.

Los resultados confirman que por medio de un videojuego es posible mejorar diversas habilidades, en particular aquellas relacionadas con el pensamiento computacional. En este caso, esto se logra en un ambiente entretenido, interactivo y divertido que además promueve la valoración de diversos elementos de la cultura maya al estar presentes en la ambientación del videojuego.

Como trabajo futuro se propone desarrollar una interfaz en la lengua maya para ofrecer la posibilidad de que los niños que habitan en comunidades del interior de estado puedan interactuar con el videojuego en su lengua natal.

### Agradecimientos.

Los autores agradecen a la Fundación F.K. Kellogg el apoyo recibido durante la realización de este trabajo enmarcado en el proyecto “Talleres itinerantes de ciencia y tecnología en Yucatán” registrado en el SISTPROY con clave FMAT-2013-0012, así como a la Universidad Autónoma de Yucatán por las facilidades otorgadas durante la ejecución del mismo.

### Referencias Bibliográficas.

- Android Developers. (2016).** Sitio web de programadores Android. Recuperado de: <https://developer.android.com/about/dashboards/index.html>
- Basogain, X., Olabe, M. y Olabe, J. (2015).** Pensamiento Computacional a través de la Programación: Paradigma de Aprendizaje. En *Revista de educación a distancia (RED)*, 46(6),1-33, doi:10.6018/red/46/6.

- Be, P. (2011).** Dimensiones culturales e identidades situadas: la herencia maya en migrantes yucatecos a Estados Unidos. En *Estudios de cultura maya*, 38, 167-192. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-25742011000200007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-25742011000200007&lng=es&tlng=es)
- Bell, T., Alexander, J., Freeman, I., y Grimley, M. (2009).** Computer Science Unplugged: school students doing real computing without computers. En *The NZ Journal of Applied Computing and Information Technology*, 13(1), 20–29, Recuperado de: <http://www.cosc.canterbury.ac.nz/tim.bell/cseducation/papers/Bell%20Alexander%20Freeman%20Grimley%202009%20JACIT.pdf>
- Blender. (2016).** Sitio web de Blender. Recuperado de: <https://www.blender.org/about/>
- CODE. (2016).** Sitio web de CODE, Anybody can learn. Recuperado de: <http://blog.code.org/>
- CODE. (2017).** Computational Thinking. Recuperado de <https://studio.code.org/unplugged/unplug2.pdf>
- Comisión Nacional para el desarrollo de los pueblos indígenas (CDI). (2006).** Elementos para el Desarrollo Integral de la Región Maya Peninsular, Campeche, Quintana Roo y Yucatán. Recuperado de: [http://www.cdi.gob.mx/dmdocuments/region\\_maya\\_peninsular.pdf](http://www.cdi.gob.mx/dmdocuments/region_maya_peninsular.pdf)
- Conery, L., Stephenson, C., Bar, D., Barr, V., Harrison, J., & James, J. (2011).** Pensamiento Computacional (PC) en educación escolar. Recuperado de: <http://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/PensamientoComputacional1.pdf>
- Díez, M. (2016).** Análisis Numérico: Lógica de programación y diagramas de flujo. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/338147953/Tema-1-pdf>.
- Espejo, F. (1999).** El orgullo de ser Yucateco. Recuperado de: <http://www.mayas.uady.mx/yucatan/yuc15.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016).** Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares. Recuperado de: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/Encuestas/Hogares/modulos/endutih/>
- Kafai, Y. y Resnick, M. (1996).** Constructionism in Practice: Designing, Thinking, and Learning in a Digital World. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Mahwah, NJ.
- Kazimoglu, C., Kiernan, M., Bacon, L., y Mackinnon, L. (2012).** A Serious Game for Developing Computational Thinking and Learning Introductory Computer Programming. En *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 47, 1991–1999, doi:10.1016/j.sbspro.2012.06.938.
- Lee, T., Mauriello, M., Ahn, J., y Bederson, B. (2014).** CTArcade: Computational thinking with games in school age children. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 2(1), 26–33, doi:10.1016/j.ijcci.2014.06.003.
- Maloney, J., Resnick, M., Rusk, N., Silverman, B., y Eastmond, E. (2010).** The Scratch Programming Language and Environment. En *ACM Trans. Comput. Educ.*, 10(4), 1-15, doi:10.1145/1868358.1868363.
- Mladenović, M., Rosić, M., y Mladenović, S. (2016).** Comparing Elementary Students' Programming Success Based on Programming Environment. En *International Journal of Modern Education and Computer Science (IJMECS)*, 8(8), 1–10, doi:10.5815/ijmeecs.2016.08.01.
- Moreno, J. y Robles, G. (2015).** Analyze your Scratch projects with Dr. Scratch and assess your Computational Thinking skills. En Scratch conference 2015 (Scratch2015AMS). Amsterdam, Netherlands. Recuperado de: <http://jemole.me/replication/2015scratch/InferCT.pdf>

- Oluk, A. y Korkmaz, Ö. (2016).** Comparing Students Scratch Skills with Their Computational Thinking Skills in Terms of Different Variables. En *International Journal of Modern Education and Computer Science*, 8(11), 1–7, doi:10.5815/ijmeecs.2016.11.01.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico. (2016).** PISA 2015 Resultados Clave. Recuperado de: <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-ESP.pdf>
- Ouazzani, I. (2012).** Manual de creación de videojuego con Unity 3D. Recuperado de: [http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16345/PFC\\_Iman\\_Ouazzani.pdf?sequence=1](http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16345/PFC_Iman_Ouazzani.pdf?sequence=1)
- Secretaria de Educación Pública. (2016).** Programas de estudio Primaria. Recuperado de: <http://www.curriculobasica.sep.gob.mx/index.php/prog-primaria>
- Unity. (2016).** Sitio web Unity - Overview. Recuperado de: <https://unity3d.com/es/unity>
- Wing, J. (2006).** Computational Thinking. En *Commun. ACM*, 49(3), 33–35. doi:10.1145/1118178.1118215.
- Wing, J. (2008).** Computational Thinking and Thinking about Computing. En *Philos. Trans. A Math. Phys. Eng. Soc.*, 366, 3717-3725, doi:10.1098/rsta.2008.0118.
- World Internet Project. (2013).** Estudio 2013 de hábitos y percepciones de los mexicanos sobre Internet y diversas tecnologías asociadas. Recuperado de: <http://www.wip.mx>
- Weintrop, D., y Wilensky, U. (2013).** Robobuilder: a computational thinking game. En *Sigcse'13*, 736, doi:10.1145/2445196.2445430.
- Weintrop, D., Holbert, N., Horn, M. S., y Wilensky, U. (2016).** Computational Thinking in Constructionist Video Games. En *International Journal of Game-Based Learning (IJGBL)*, 6(1), 1–17, doi:10.4018/IJGBL.2016010101.
- Wing, J. (2011).** Research notebook: Computational thinking—What and why? The Link Magazine. Recuperado de: <https://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why>.

### Información de los autores.



**Allan Eduardo Ojeda Pat** es pasante de la licenciatura en Ciencias de la computación por la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán, en la Unidad Multidisciplinaria Tizimín. Sus áreas de interés se relacionan con el desarrollo de software, procesamiento de imágenes y desarrollo de videojuegos educativos.



**Cinthia Maribel González Segura** es Licenciada en Ciencias de la Computación por la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán. Maestra en Ciencias de la Computación por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Cuenta con estudios de Doctorado en Sistemas y Ambientes Educativos de la Universidad de Guadalajara y actualmente está desarrollando una tesis orientada al modelado de evaluación de competencias en entornos b-learning. Es profesora titular de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Yucatán desde 2002, donde imparte asignaturas del área de robótica, desarrollo web, teoría computacional y metodología de la investigación. Colabora con las líneas de investigación orientadas al software educativo, aplicación de nuevas tecnologías computacionales y desarrollo de software de aplicación.



**Michel García García** es Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Acapulco. Maestro en Ciencias de la Computación por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Cuenta con estudios del Doctorado en Sistemas y Ambientes Educativos de la Universidad de Guadalajara. Es profesor titular de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Yucatán desde 2006. Sus áreas de interés son la implementación de algoritmos inteligentes y su aplicación en la educación superior, la tecnología robótica aplicada a la enseñanza, el desarrollo de algoritmos de inteligencia artificial en la solución de problemas de robótica móvil y la aplicación de técnicas de minería de datos para la búsqueda de patrones.

# Aplicación web para difusión de efectos adversos en infecciones nosocomiales en lengua tsotsil.

## Web application for dissemination of adverse effects in nosocomial infections in tsotsil language.

Eder Oswaldo Ramírez Martínez (1).

Estudiante, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México, Chiapas, México.  
[ederramirezmtz@gmail.com](mailto:ederramirezmtz@gmail.com)

Rafael Rosales Pérez (2), estudiante, I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [rafarosles94@gmail.com](mailto:rafarosles94@gmail.com).

Aida Guillermina Cossío Martínez (3), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [acossio\\_m@yahoo.com.mx](mailto:acossio_m@yahoo.com.mx).

Jorge Humberto Ruiz Ovalle (4), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [jruizovalle@ittg.edu.mx](mailto:jruizovalle@ittg.edu.mx).

Imelda Valles López (5), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [imevalles@yahoo.com.mx](mailto:imevalles@yahoo.com.mx).

Jorge Octavio Guzmán Sánchez (6), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [jogs78@gmail.com](mailto:jogs78@gmail.com).

**Artículo recibido en septiembre 26, 2017; aceptado en diciembre 18, 2017.**

### Resumen.

*La aplicación documentada en este artículo va dirigida a personal médico, estudiantes de medicina, tutores y pacientes con características multiculturales (hablantes de lengua tsotsil), que presentan la necesidad de conocer las infecciones nosocomiales y sus efectos adversos, previniendo un reingreso hospitalario. El sistema presenta conocimientos de las infecciones más comunes dentro del hospital, antecedentes de las infecciones nosocomiales y prevención de infecciones nosocomiales. El sistema web puede ser utilizado en cualquier dispositivo que cuente con un navegador web y conexión a internet, tiene un menú principal y considera a personas hablantes del tsotsil pues tiene audios para personas que no saben leer ni escribir y poder informarse de un proceso de cómo evitar efectos adversos en las infecciones nosocomiales más comunes. Este trabajo se realizó con personas inmersas en hospitales públicos de Tuxtla Gutiérrez y está disponible en el sitio [www.desarrolladoresti.club/iaas](http://www.desarrolladoresti.club/iaas).*

**Palabras clave:** Salud pública, infecciones nosocomiales, lengua tsotsil.

### Abstract.

*The application described in this article is aimed at doctors, medical students, medical assistants and patients with multicultural characteristics (tsotsil speakers), who need to know about nosocomial infections and their adverse effects, preventing a hospital readmission. The system presents knowledge of the most common infections within the hospital, a history of nosocomial infections and the prevention of nosocomial infections. The web system can be used in any device that has a web browser and internet connection, has a main menu and considers tsotsil speakers because it has audios for people who can not read or write and in this way can be informed of a process of how to avoid adverse effects in the most common nosocomial infections. This work was carried out with people immersed in public hospitals in Tuxtla Gutiérrez and is available on the website [www.desarrolladoresti.club/iaas](http://www.desarrolladoresti.club/iaas).*

**Keywords:** Public health, nosocomial infections, web application, tsotsil language.

## 1. Introducción.

La Organización Mundial de la Salud hace mención a lo siguiente con respecto al tema “La seguridad del paciente es un principio fundamental de la atención sanitaria”. Hay un cierto grado de peligrosidad inherente a cada paso del proceso de atención de salud. (Organización mundial de la salud, 2003).

Las infecciones asociadas a la atención de la salud se asocian con altas tasas de morbilidad y mortalidad, lo que se traduce no sólo en un incremento en los días de hospitalización y los costos de atención, sino también en un incremento en los *DALYS* (años de vida ajustados por discapacidad) en la población. En un estudio de prevalencia de infecciones nosocomiales realizado en México durante el 2011 a instancia de la Secretaría de Salud, en hospitales generales de las principales instituciones públicas de salud en el país, se encontró una prevalencia puntual de 21%, lo cual es prácticamente el doble de los estándares internacionales. Las tasas de incidencia de las IAAS (Infecciones Asociadas a la Atención de la Salud) de una unidad hospitalaria son un indicador de la calidad y la seguridad de la atención. La vigilancia epidemiológica permite monitorear esas tasas y constituye el primer paso indispensable para puntualizar las prioridades locales y nacionales y evaluar la eficacia de las actividades de control de infecciones (Secretaría de Salud, 2011).

Las infecciones asociadas a la atención de la salud (IAAS), anteriormente llamadas infecciones nosocomiales, son un problema relevante de salud pública de gran trascendencia económica y social, por lo que constituyen un desafío para las instituciones de salud y el personal médico responsable de su atención.

El estado de Chiapas, cuenta con una población de 5,217,908 habitantes, de los cuales 417,462 hablan alguna la lengua tsotsil y de cada 100 personas que hablan alguna lengua indígena 14 no hablan español (INEGI, 2017).

En los hospitales de Chiapas, especialmente en el sector público de Tuxtla Gutiérrez hay una afluencia importante de pacientes hablantes del tsotsil, esto representa un problema al momento de darle atención a los pacientes pues los tutores desconocen las maneras en las que deben cuidar al paciente y en algunas ocasiones el personal médico responsable del paciente no tiene el cuidado requerido para realizar la limpieza de los artículos a usar o a cambiar, otro objetivo es el de informar a los tutores de los cuidados que deben de tener con los pacientes al ser dados de alta del hospital.

Este proyecto es una propuesta de los diferentes desarrollos realizados por el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en la línea de investigación “Tecnologías de información y base de datos” orientado al desarrollo de aplicaciones con la intención de apoyar a personas con necesidades de conocimiento en factores de riesgo, seguridad del paciente e infecciones nosocomiales.

La aplicación consiste en el desarrollo de una aplicación web que permite al usuario un proceso de aprendizaje en infecciones nosocomiales y sus efectos adversos cubriendo la necesidad de portabilidad y fácil acceso al conocimiento de los procedimientos en el cuidado de infección de tipo endémica. El software es un sistema que contiene audios en tsotsil que fueron grabados profesionalmente en una cabina de grabación y almacenados en una base de datos que permiten ser editados y eliminados para su actualización.

## 2. Métodos.

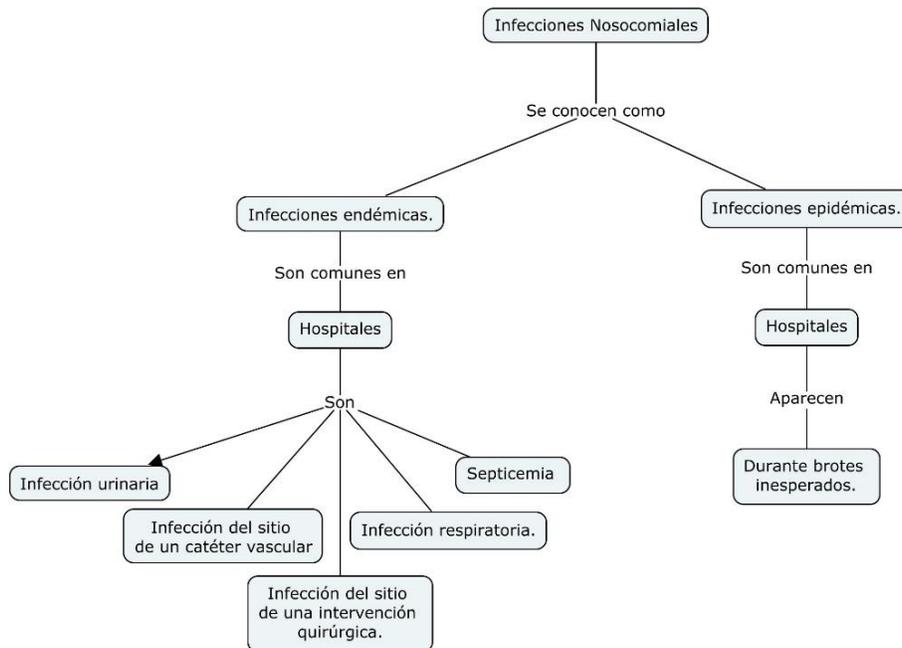
### Herramientas utilizadas.

Las herramientas utilizadas corresponden a software libre, *WAMP* como servidor, *PHP* para la programación de los datos del lado del servidor, *MySQL* como gestor de base de datos, *CSS* para la presentación del sitio y *JavaScript* como lenguaje de programación desde el navegador.

**Técnicas.**

Las infecciones nosocomiales son infecciones contraídas durante una estadía en el hospital que no se habían manifestado ni estaban en período de incubación en el momento del internado del paciente. Las infecciones que ocurren más de 48 horas después del internado suelen considerarse nosocomiales. Se han establecido definiciones para identificar las infecciones nosocomiales en determinados sitios del organismo (por ejemplo, infecciones urinarias, pulmonares, etc.). Se derivan de las definiciones publicadas por los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) en los Estados Unidos de América o durante conferencias internacionales y se usan para vigilancia de las infecciones nosocomiales. Se basan en criterios clínicos y biológicos y comprenden unos 50 sitios de infección potenciales (Salud, 2016).

Las infecciones nosocomiales también pueden considerarse endémicas o epidémicas. Las infecciones epidémicas ocurren durante brotes, definidos como un aumento excepcional superior a la tasa básica de incidencia de una infección o un microorganismo infeccioso específico. Los cambios en la prestación de servicios de salud han redundado en menores períodos de hospitalización y ampliado la atención ambulatoria. Se ha señalado que los términos infecciones nosocomiales deben comprender infecciones que ocurren en pacientes tratados en cualquier establecimiento de atención de salud. Las infecciones contraídas por el personal o por visitantes al hospital o a otro establecimiento de esa índole también pueden considerarse infecciones nosocomiales.



**Figura 1.** Clasificación de las infecciones nosocomiales.

**Contenido del sitio.**

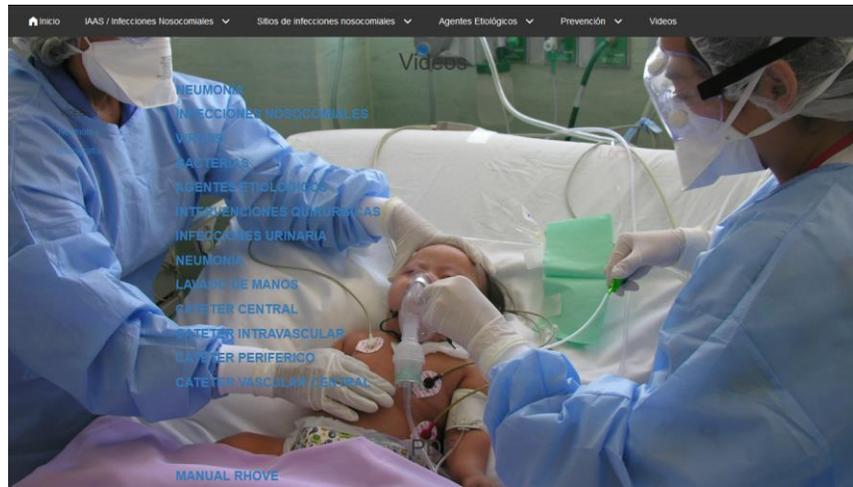
El contenido de la información está agrupado en menús los cuales representan la manera adecuada para agrupar la información, estos menús fueron propuestos por los doctores colaboradores. A continuación, se presenta el menú ordenada de manera alfabética.

1. **Agentes etiológicos:** Definición de que son los agentes etiológicos, definición de las bacterias, definición de los virus, definición de los parásitos y hongos.

2. **IAAS/Infecciones nosocomiales:** definición de las IAAS, historia de las IAAS, cuales son los factores de riesgo de las IAAS.
3. **Prevención:** explicación del cuidado que hay que tener con los catéteres y los pasos que hay que seguir para tener un lavado de manos correcto.
4. **Sitios de infecciones nosocomiales:** explicación de cómo se puede producir una infección respiratoria una infección de intervención quirúrgica y una infección urinaria.
5. **Videos:**
  - a. Video 1: Explicación de la neumonía.
  - b. Video 2: Explicación Infecciones nosocomiales.
  - c. Video 3: Explicación sobre los virus.
  - d. Video 4: Explicación sobre las bacterias.
  - e. Video 5: Explicación sobre los agentes etiológicos.
  - f. Video 6: Explicación sobre intervenciones quirúrgicas.
  - g. Video 7: Explicación sobre infecciones urinarias.
  - h. Video 8: Explicación sobre neumonía.
  - i. Video 9: Explicación sobre lavado de manos.
  - j. Video 10: Explicación sobre catéter central.
  - k. Video 11: Explicación sobre catéter intravascular.
  - l. Video 12: Explicación sobre catéter periférico.
  - m. Video 13: Explicación sobre catéter vascular central.



Figura 2. Menú Agentes Etiológicos y sub-menús.



**Figura 3.** Menú Videos.

### 3. Desarrollo.

El desarrollo del sistema está basado en un modelo de cliente servidor. Un método habitual de organizar el software que se desea ejecutar en sistemas distribuidos consiste en separar las funciones en dos partes: clientes y servidores.

- Un *cliente* es un programa que utiliza los servicios que proporcionan otros programas.
- El cliente realiza una petición de un servicio, y un servidor lleva a cabo ese servicio.
- Los servidores son los encargados de proporcionar los servicios.
- Las funciones de servidor a menudo requieren alguna gestión de recursos, en que un servidor sincroniza y gestiona el acceso al recurso, y responde a las peticiones de cliente con datos o información de estado.

Los programas de cliente normalmente manejan las interacciones del usuario y con frecuencia solicitan datos o inician alguna modificación de datos en nombre de un usuario (IBM, 2017).

Actualmente la portabilidad la rapidez y fácil acceso a los recursos informáticos es una realidad, el uso de dispositivos móviles es la tendencia a satisfacer por lo que un diseño responsivo adaptable a cualquier celular, Tablet, Laptop, etcétera es relevante en este proyecto.

La aplicación web busca facilitar el conocimiento de infecciones nosocomiales ya sean endémicas o epidémicas basándose en procesos de cuidado y prevención. La aplicación está compuesta por menús que orientan la información de texto y audios orientados a hablante de lengua tsotsil

## Prototipo.



Figura 4. Información IAAS en español y tsotsil.



Figura 5. Historia de las IAAS.

## Conclusiones.

La aplicación para identificación de pacientes y efectos adversos en etnias tzotzil se llevó bajo condiciones estrictas de normas y apego a las necesidades que médicos, enfermeras, pacientes y tutores tienen.

Coadyuvar en la seguridad del paciente dentro y fuera del hospital y retribuir en el no reingreso de gravedad y hasta mortal fue la principal condición de este trabajo.

El sistema web fue implementado en un dominio público al cual podrán acceder celulares, Tablet, laptop y cualquier tipo de dispositivo que esté conectado a internet y contenga un navegador web. La condición de adaptabilidad está presente permitiendo que toda persona pueda adquirir un conocimiento sobre el procedimiento del cuidado y prevención sobre infecciones de tipo endémicas.

## Créditos.

Los autores agradecen y dan créditos al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez perteneciente al Tecnológico Nacional de México por todas las facilidades y apoyo para la realización de este proyecto.

## Referencias Bibliográficas.

**IBM. (2017).** Recuperado de:

[www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSAL2T\\_7.1.0/com.ibm.cics.tx.doc/concepts/c\\_clnt\\_sevr\\_model.html](http://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSAL2T_7.1.0/com.ibm.cics.tx.doc/concepts/c_clnt_sevr_model.html)

**INEGI. (2017).** Recuperado de:

[cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/chis/poblacion/diversidad.aspx?tema=me&e=07](http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/chis/poblacion/diversidad.aspx?tema=me&e=07)

**Organizacion Mundial de la Salud. (2003).** Recuperado de:

[www.who.int/csr/resources/publications/ES\\_WHO\\_CDS\\_CSR\\_EPH\\_2002\\_12.pdf](http://www.who.int/csr/resources/publications/ES_WHO_CDS_CSR_EPH_2002_12.pdf)

**Secretaria de Salud. (2016).** Recuperado de:

[187.191.75.115/gobmx/salud/documentos/manuales/28\\_Manual\\_RHoVE.pdf](http://187.191.75.115/gobmx/salud/documentos/manuales/28_Manual_RHoVE.pdf)

**Secretaria de Salud. (2011).** Recuperado de:

[www.dged.salud.gob.mx/contenidos/dess/descargas/estudios\\_especiales/NOSOCOMIAL\\_IF.pdf](http://www.dged.salud.gob.mx/contenidos/dess/descargas/estudios_especiales/NOSOCOMIAL_IF.pdf)

Secretaria de Salud. (2016). Recuperado de:

[187.191.75.115/gobmx/salud/documentos/manuales/28\\_Manual\\_RHoVE.pdf](http://187.191.75.115/gobmx/salud/documentos/manuales/28_Manual_RHoVE.pdf)

## Información de los autores.



**Eder Oswaldo Ramírez Martínez** es egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en marzo del 2017, de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, se especializa en el área de desarrollo de web, actualmente programador jr. en Creativa Softline.



**Rafael Rosales Pérez** es egresado del instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en marzo del 2017, de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, se especializa en el área de desarrollo de web, actualmente programador web.



**Aída Guillermina Cossío Martínez** es Maestra en Ciencias en Administración por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2002. Es profesora de tiempo completo del área de Ingeniería en Sistemas Computacionales desde 1994. Se especializa en la formulación y evaluación de proyectos, así como el emprendimiento y desarrollo de planes de negocio.



**Imelda Valles López.** Desde 1991 profesora del área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Maestro en Administración por el I.T.T.G., en 2001 e Ingeniero en Sistemas Electrónicos por el ITESM en 1990. Docente de las materias de Redes, Teoría Matemática de la Computación y Compiladores. Fundador de la línea de trabajo "Desarrollo de software para hablantes en lenguas nativas del estado de Chiapas" (2010). Líder de la línea de investigación "Cómputo Educativo" desde 2012. Integrante del cuerpo académico "Tecnología computacional para el desarrollo regional" desde 2011. Profesora de tiempo completo con perfil deseable (2013-2016). Miembro del Sistema Estatal de Investigadores desde 2012.



**Jorge Humberto Ruiz Ovalle** es Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Maestro en Ciencias Computacionales con especialidad en Bases de Datos y Sistemas de Información por la Universidad Valle del Grijalva, Maestro en Comercio Electrónico por la Universidad del Sur, Maestro en Administración Estratégica por el Centro de Estudios de Posgrado Iberoamericano, Maestro en Ingeniería Administrativa por el Instituto de Estudios Universitarios y Doctor en Sistemas Computacionales por la Universidad del Sur. Es profesor de Asignatura en la Universidad Autónoma de Chiapas y el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, especialista en desarrollo de aplicaciones web y móviles, bases de datos y minería de datos.



**Jorge Octavio Guzmán Sánchez** tiene la Maestría en Ciencias de la Computación, especialidad bases de datos y sistemas de información, es Ingeniero en Sistemas Computacionales, profesional certificado por *Microsoft* en la administración de servidores con *Windows*. Ejerce la docencia desde hace más de una década, actualmente docente del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, así como en la Universidad Descartes.

# Asistente virtual para personas con discapacidad neuromusculoesquelética sin afección cognitiva ni de lenguaje.

## Virtual assistant for people with neuromusculoskeletal disability without cognitive or language conditions.

Eduardo Roblero Jiménez (1).

Estudiante, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México, Chiapas, México.  
[roblero\\_je@outlook.com](mailto:roblero_je@outlook.com)

Imelda Valles López (2), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [imevalles@yahoo.com.mx](mailto:imevalles@yahoo.com.mx).

Octavio Ariosto Ríos Tercero (3), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [oarios\\_oarios@yahoo.com.mx](mailto:oarios_oarios@yahoo.com.mx).

Héctor Guerra Crespo (4), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [hgcrespo@hotmail.com](mailto:hgcrespo@hotmail.com).

Rosy Ilda Basave Torres (5), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [rbasave@ittg.edu.mx](mailto:rbasave@ittg.edu.mx).

Francisco de Jesús Suárez Ruiz (6), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [franciscosuares@prodigy.net.mx](mailto:franciscosuares@prodigy.net.mx).

**Artículo recibido en agosto 08, 2017; aceptado en diciembre 04, 2017.**

### Resumen.

*La discapacidad neuromusculoesquelética es una distrofia producida de forma congénita, por enfermedades o traumatismos que con el paso del tiempo dicha discapacidad le quita al paciente "independencia" perdiendo movimiento en pies, manos, brazos y cuerpo entero. Esta discapacidad se presenta en su mayoría a personas del sexo masculino a una edad de 2 a 20 años. Las personas que portan esta discapacidad pierden oportunidades de estudiar, investigar, aprender e incluso de socializar. Dentro del CRIT CHIAPAS se ofrece la posibilidad de hacer uso de las computadoras como herramienta didáctica y de entretenimiento pero por falta de movimiento en el cuerpo es imposible utilizarla. Con la ayuda profesional de doctores, médicos y fisioterapeutas del CRIT CHIAPAS surge el asistente virtual para personas con discapacidad neuromusculoesquelética sin afección cognitiva ni de lenguaje el cual funciona por medio de la voz, donde el usuario realiza peticiones al software y éste ejecuta la petición evitando así el uso del teclado y mouse, logrando tener independencia a la hora de hacer uso de una computadora proporcionando una herramienta que permita aprender así como socializar.*

**Palabras clave:** Asistente virtual, discapacidad neuromusculoesquelética, software educativo.

### Abstract.

*The neuromusculoskeletal disability is a dystrophy that occurs either congenitally, by trauma or disease. Over time the disability detracts from the patient "independence", losing the movement of feet, hands, arms and even of the entire body. This disability occurs mostly to males at an age of 2 to 20 years. People who carry this disability lose opportunities to study, investigate, learn and even socialize. CRIT CHIAPAS offers the possibility of using computers as a didactic and entertainment tool, but due to lack of movement in the body's patient, it is impossible to use it. With professional help from doctors and physiotherapists of CRIT CHIAPAS, the virtual assistant for people with neuromusculoskeletal disabilities without cognitive or language conditions arises. This virtual assistant works through voice, allowing the user to make requests to the software. This executes the request, thus avoiding the use of the*

*keyboard or mouse, allowing the user to have independence when using a computer, providing a tool that allows learning and socializing.*

**Keywords:** Virtual assistant, educational software, neuromusculoskeletal disability,

## 1. Introducción.

En México, de acuerdo con los resultados del Censo de Población y Vivienda 2010 en su cuestionario ampliado, 5 millones 739 mil personas en el territorio nacional declararon tener dificultad para realizar al menos una de las siete actividades evaluadas: caminar, moverse, subir o bajar (en adelante caminar o moverse); ver, aun usando lentes, hablar, comunicarse o conversar (hablar o comunicarse); oír, vestirse, bañarse o comer, poner atención o aprender cosas sencillas; limitación mental, es decir, son personas con discapacidad. Cifra que representa 5.1% de la población total del país. (INEGI, 2014).

El presente proyecto tiene como eje central el estudio y búsqueda de solución alterna a una discapacidad en particular, a la que se le nombró: Discapacidad neuromusculo-esquelética sin afección cognitiva ni de lenguaje, la cual tiene como características propias el impedimento de movimiento en las manos, piernas, o cuerpo entero.

Una de las principales instituciones dedicadas al tratamiento de pacientes con discapacidades neuromusculo-esqueléticas que engloban distrofias como: distrofia muscular progresiva, distrofia muscular de Duchenne, distrofia muscular facioescapulohumeral, distrofia muscular de la cintura escapulohumeral o pélvica, distrofia muscular oculofaríngea, Artritis Rematoidea juvenil, Amputación congénita, es la Fundación Teletón México AC, CRIT Chiapas.

La institución TELETÓN representa la oportunidad de renovar la confianza en las personas y en las instituciones, simboliza la unión y el compromiso de diferentes sectores de la sociedad en torno a esta causa social. El Teletón cuenta con series de CRITS ubicados dentro de toda la república mexicana. El CRIT en el estado de Chiapas cuenta con 3 clínicas en las cuales alberga 1352 pacientes con diferentes discapacidades. (Teletón, 2017).

La mayoría de los pacientes que tienen distrofia muscular cuentan con una edad aproximada de 3 a 25 años, desafortunadamente no es posible que el paciente pueda manipular una computadora con las manos, dedos u otro músculo, perdiendo la oportunidad de usar la computadora como medio de aprendizaje o relacionarse con amigos y familiares por medios como Facebook, Whatsapp, Skype, etc.

Para este tipo de problemas, la implementación de un programa basado en Inteligencia Artificial, capaz de emular el diálogo que un usuario mantendría con una persona real (Dorfman, M., Grondona, A., Mazza, N. & Mazza, P., 2011) haciendo uso de la computadora por medio de la voz se considera novedosa, en la actualidad se están desarrollando Asistentes virtuales que benefician la calidad de vida, educativa y social.

## 2. Métodos.

Junto con la Lic. Susana Carolina Brañas quien es jefa del área de terapia de lenguaje y tiene a cargo a pacientes con diferentes discapacidades se definió el procedimiento para probar que un asistente virtual permite a los pacientes tener independencia a la hora de usar una computadora. Al hablar de independencia, se hace referencia a que el paciente pueda desempeñar actividades en la computadora donde pueda socializar haciendo actividades como leer notificaciones de Facebook mediante el asistente virtual, escribir mensajes vía whatsapp usando web.whatsapp.com, leer artículos en internet, investigación académica, escritura o redacción de documentos, logrando esto mediante órdenes a la computadora por medio de la voz. El software podrá ser aplicado a personas de distintas edades, de distinto sexo, siempre y cuando su discapacidad le impida poder hacer uso de una computadora.

El procedimiento definido es el siguiente:

### **1. Selección de una muestra.**

La discapacidad neuromusculoesquelética sin afección cognitiva ni de lenguaje es una discapacidad severa la cual afecta al cuerpo completo dejándolo inmóvil no perdiendo así la capacidad de escuchar, hablar y aprender. Todos los pacientes con esta discapacidad son identificados a temprana edad por los médicos y especialistas en genética. Una vez identificada la discapacidad en el paciente, este tiene que aprender a realizar sus quehaceres con la discapacidad en proceso ascendente perdiendo su independencia desde un 0% a un 100% no afectando su nivel cognitivo. (Teletón, 2017).

Para seleccionar a los pacientes candidatos usar el software se usaron los siguientes cuatro filtros:

#### **Selección vía cuestionario:**

Este método se aplicó a todos los pacientes del CRIT Chiapas los cuales tenían una edad de 6 a 22 años, en donde se les preguntaba acerca del uso anterior de una computadora o software similar a un asistente virtual, del conocimiento básico en la usabilidad de una computadora, acerca del desarrollo que el paciente tenía al pronunciar palabras.

#### **Selección vía cognitivo:**

El proceso del desarrollo de este método fue llevado por el Médico Oscar Fiesco especialista en Genética, donde se involucraron fisioterapeutas para la elaboración de estudios con el fin de obtener un muestra de pacientes los cuales pudieran, tener movimiento de cuello y sobre todo tener la capacidad de razonar, de pensar y aprender.

#### **Selección vía lingüística:**

Este método de selección lo desarrollaron los fisioterapeutas que laboran en el área de “terapia de lenguaje” analizando a los pacientes que tenían la capacidad de hablar, gesticular y los que tenían fuerza en las mandíbulas.

#### **Selección vía Psicológica:**

Los Psicólogos involucrados con el proyecto tuvieron a bien realizar la selección partiendo de la opinión de los padres de cada paciente, comentándoles el proyecto y los beneficios que este tenía. Una vez aprobado el proyecto por los padres de familia, se analizó el compartimiento de los pacientes y la reacción posible que cada uno de ellos tendría a la hora de escuchar que la computadora “emitiría una voz robótica obedeciendo a lo que el usuario quería”, analizaron el impacto que tendría un asistente virtual en la vida social de los pacientes y sobretodo analizaron la libertad que los pacientes tendría a la hora de navegar en internet.

### **2. Análisis y Diseño.**

Después de aplicar todos los posibles métodos de selección a los pacientes del CRIT Chiapas, se reúnen todas las áreas para diseñar el asistente virtual que permita al paciente independencia en el uso de la computadora, tomando en cuenta las posibles desventajas:

1. Distracción de los pacientes por la interfaz.
2. Uso indebido de las aplicaciones web en Internet.
3. Uso indebido del asistente virtual.

### **3. Programación.**

En esta etapa, se parte del diseño para generar el código necesario.

Reducir un diseño a código puede ser la parte más obvia del trabajo en el desarrollo del software. La complejidad y la dirección de esta etapa están íntimamente relacionada al o a los lenguajes de programación utilizados, así como el diseño previamente realizado. (Pressman, 2010).

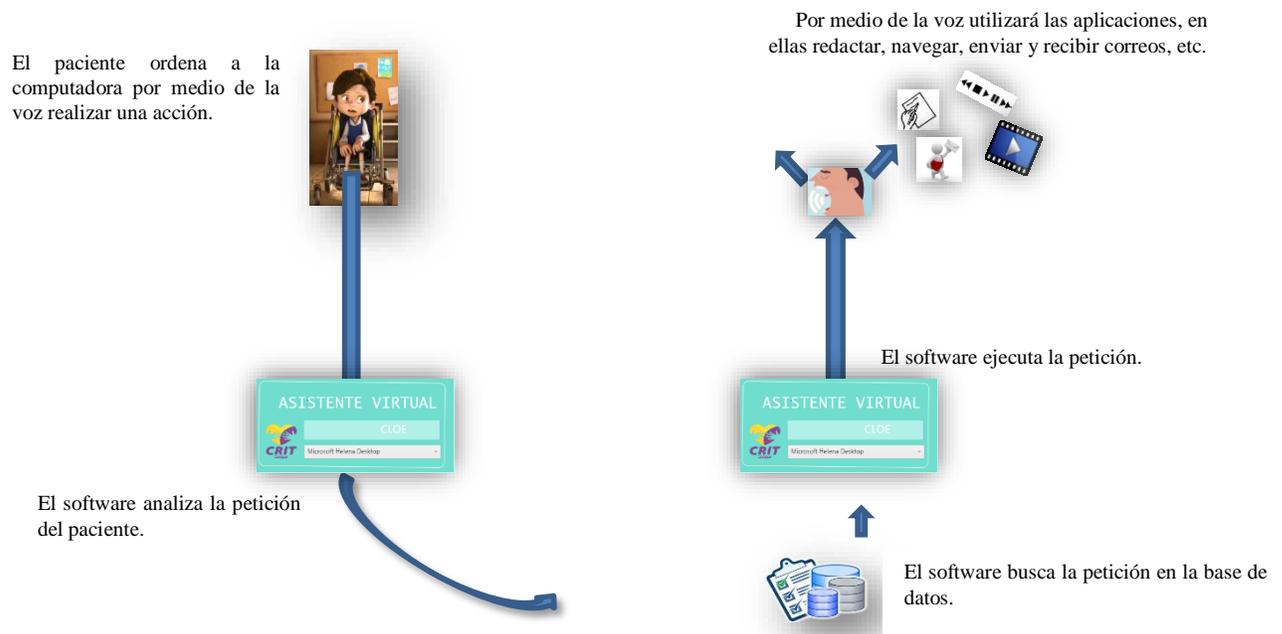
### **4. Prueba.**

En esta etapa se usa el asistente virtual por los pacientes seleccionados utilizando todas las opciones definidas en el asistente.

### 3. Desarrollo.

En la fase de análisis y diseño, en consenso, se propone desarrollar el software con la funcionalidad representada en la figura 1; cuando el usuario comience a utilizar el asistente virtual, por medio de la voz, las solicitudes del paciente una vez analizadas por el asistente se ejecutarán. El asistente virtual permitirá que el usuario pueda:

1. Abrir aplicaciones dentro del sistema operativo (Paquetería Microsoft Office en los cuales destacan Word, Excel, Power Point, etc.), Aplicaciones multimedia (Música, Imágenes, Documentos, Descargas, Unidad c: etc.), etc.
2. Abrir aplicaciones de internet (Wikipedia, YouTube, Facebook, Hotmail, Gmail, etc.)
3. Páginas web que el usuario desee, páginas como www.ittg.com, www.teleton.com, www.codewebdesig.com, etc.
4. Realizar documentos mediante la voz, usar el teclado por medio de la voz, navegar en internet por medio de la voz.



**Figura 1.** Proceso de funcionalidad del usuario – software.

Se necesitará de un asistente físico que en este caso lo fungen los médicos, terapeutas o papás únicamente para:

1. Prender la computadora.
2. Llenar la base de datos de las aplicaciones que necesite abrir el usuario.
3. Apagar la computadora.

En la fase de análisis y diseño, en consenso, se propone usar una interfaz sencilla del asistente virtual usando colores pasteles, dejando la interfaz como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Interfaz principal.

Se analizaron todas las ventajas y desventajas por todos los médicos involucrados y se dio paso al diseño de la interfaz para los doctores o padres de familia como se muestra en la figura 3. Donde se muestra ampliamente las 3 opciones principales, la parte de “carpetas”, “aplicaciones” y “páginas web” donde el doctor y/o el padre será capaz de agregar nuevos comandos.

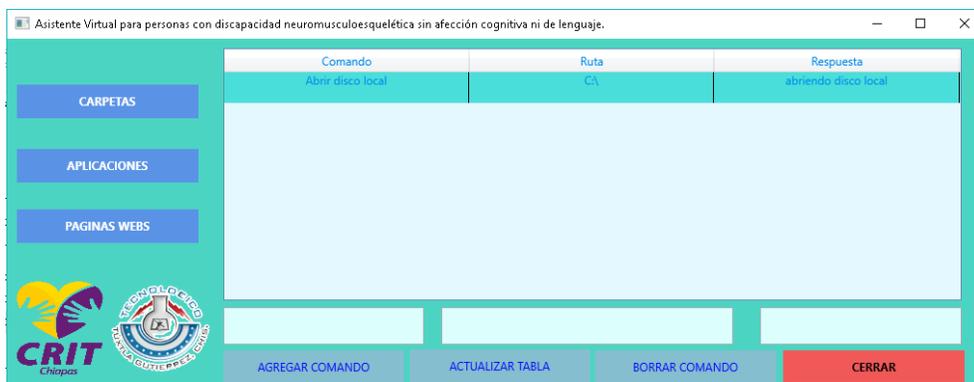


Figura 3. Interfaz principal para doctores y padres de familia.

Para que el paciente pudiera hacer uso del asistente virtual se generó una interfaz sencilla, sin animaciones, usando colores pasteles como se muestra en la figura 4 y así evitar distracciones a la hora de hacer uso del software. El paciente no necesita interactuar con la interfaz haciendo uso del mouse o teclado ya que se comunicará mediante la voz.



Figura 4. Interfaz de usuario.

La base de datos en la que se desarrollará el proyecto es Microsoft Access ya que es una herramienta que permite crear rápidamente aplicaciones de base de datos para Windows, almacenando los datos automáticamente en una base de datos SQL. De igual manera para la realización de interfaces y programación del asistente virtual se utilizará Visual Studio C# que permiten a los implementadores de clases de colección definir comportamientos de iteración personalizados que el código cliente puede utilizar fácilmente.

Para implementar la voz se utilizó Microsoft Speech Platform, ésta sección de la biblioteca de MSDN ofrece recursos para ayudarle a comenzar el desarrollo de voz redistribuibles que utilizan la plataforma Microsoft Speech. La

plataforma del habla Microsoft consiste en un kit de desarrollo (SDK), un tiempo de ejecución y tiempo de ejecución de Idiomas (paquetes de Idiomas que permiten el reconocimiento de voz o de texto a voz para un Idioma específico) que se puede distribuir con sus aplicaciones. La voz de Microsoft Platform SDK proporciona un conjunto completo de herramientas de desarrollo para la gestión de la plataforma de ejecución de voz en aplicaciones de voz habilitado. Añadir la capacidad de reconocer palabras habladas (reconocimiento de voz) y para generar voz sintetizada (text-to-speech o TTS) para mejorar la interacción de los usuarios con sus aplicaciones. El Speech Platform SDK incluye la Microsoft.Speech.VoiceXml espacio de nombres para soportar aplicaciones de voz de autor utilizando el lenguaje de marcado VoiceXML estándar de la industria. La Plataforma Runtime incluye un tiempo de ejecución VoiceXML. También se incluye en el SDK, las herramientas de Microsoft Gramática Desarrollo ofrece un conjunto completo de aplicaciones en línea de comandos con la que puede validar, analizar y ajustar sus gramáticas de reconocimiento de voz. (Microsoft, 2017).

### Conclusiones.

Realizar un proyecto como la creación del asistente virtual para personas con discapacidad neuromusculoesquelética sin afección cognitiva ni de lenguaje es de gran magnitud y de gran alcance por el impacto social que este genera. Para crear este asistente virtual se necesitó de demasiados estudios dentro del CRIT Chiapas, donde se involucraron psicológicos, doctores generales, fisioterapeutas, médicos expertos en el área de genética, fisioterapeutas especialistas en terapia de lenguaje, todos con el propósito de escoger adecuadamente a los pacientes y ver en qué área el asistente podría ser funcional.

Se seleccionó un paciente para utilizar el asistente virtual, observando una completa independencia a la hora de usar una computadora, por lo que se concluye que el paciente es completamente favorecido con el asistente, ayudándolo a realizar actividades que realizan las personas sin discapacidad alguna. A parte de lograr hacer independiente a los usuarios finales, se logró abrir puertas sociales a los pacientes, se logró junto a los psicólogos permitir a los pacientes con discapacidades diferentes una mayor autoestima.

El proceso de elaboración se terminó pero el de aplicación será constante por lo que se tomarán ciertas recomendaciones y serán aplicadas de acuerdo a los criterios de la institución con la que se trabajó (CRIT Chiapas).

### Créditos.

Se agradece la colaboración para el proyecto a la Lic. Susana Carolina Brañas, M.C Imelda Valles López y al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por todas las facilidades y apoyo para la realización de este proyecto.

### Referencias Bibliográficas.

**INEGI. (2004).** “Las personas con discapacidad en México: Una visión censal”.

**Teletón (2017).** Fundación Teletón México. Recuperado de [www.teleton.org](http://www.teleton.org).

**Dorfman, M., Grondona, A., Mazza, N., & Mazza, P. (2011).** Asistentes Virtuales de Clase como complemento a la educación universitaria presencial. SADIO-40 JAIIO Mayo.

**Pressman, R. (2010).** Ph. D. University of Connecticut, Séptima Edición. Ingeniería de software. Un enfoque práctico. ISBN: 978-607-15-0314-5.

**Microsoft. (2017).** Microsoft Speech Platform. Recuperado de: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/office/hh361572%28v=office.14%29.aspx>

### Información de los autores.



**Eduardo Roblero Jiménez** es egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales y se especializa en el desarrollo de software. Sus principales intereses son las áreas del desarrollo web especializado en front-end, ha participado en concursos internos como: Innovación con el proyecto “Alarmas SAT GSM”, ha emprendido una empresa con el nombre Codewebdesign asesorado por catedráticos del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



**Imelda Valles López** desde 1991, profesora del área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Maestro en Administración por el I.T.T.G., en 2001 e Ingeniero en Sistemas Electrónicos por el ITESM en 1990. Docente de las materias de Redes, Teoría Matemática de la Computación y Compiladores. Fundador de la línea de trabajo "Desarrollo de software para hablantes en lenguas nativas del estado de Chiapas" (2010). Líder de la línea de investigación "Cómputo Educativo" desde 2012. Integrante del cuerpo académico "Tecnología computacional para el desarrollo regional", ITTUXG-CA-4. Desde 2011. Profesor de tiempo completo con perfil deseable (2013-2016). Miembro del Sistema Estatal de Investigadores desde 2012.



**Héctor Guerra Crespo** es profesor en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, es Doctor en Sistemas Computacionales por la universidad del Sur, en 2011, es Maestro en Administración por el I.T. de estudios Superiores de Monterrey, Campus Chiapas, en 2000 e Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Mérida, Yucatán en 1994. Su especialidad en docencia son las materias de Programación, Estructura de Datos, Teoría Matemática de la Computación, Compiladores y Graficación. Ha publicado tres libros.



**Octavio Ariosto Ríos Tercero** es profesor en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales, es Maestro en Ciencias en Ciencias Computacionales egresado del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico CENIDET. Su experiencia en docencia es en el área de ingeniería de software, matemáticas discretas y programación. Pertenece al cuerpo académico “tecnologías de información para el desarrollo regional”. Es líder de la línea de investigación en Inteligencia Artificial.



**Francisco de Jesús Suárez Ruiz** es profesor en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales, es Maestro en Ciencias en Ciencias Computacionales egresado de la Universidad Pablo Guardado Chávez. Su experiencia en docencia es en el área de programación, matemáticas discretas, redes de computadoras y teoría de compiladores. También es profesor en el Colegio de Educación Profesional Técnica en el área de Redes de Computadoras, Sistemas Operativos y Matemáticas Discretas.

# Control de un sistema optomecánico de un polarizador óptico.

## Control of an optomechanic system of an optical polarizer.

Nohely Isabel De la Cruz Vázquez (1).

Estudiante, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México, Chiapas, México.  
[nehiky\\_16@hotmail.com](mailto:nehiky_16@hotmail.com).

Jorge Luis Camas Anzueto (2), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [jcamas@ittg.edu.mx](mailto:jcamas@ittg.edu.mx).

Madaín Pérez Patricio (3), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [madperez@hotmail.com](mailto:madperez@hotmail.com).

Héctor Ricardo Hernández de León (4), I. T. de Tuxtla Gutiérrez. [hhernandezd@ittg.edu.mx](mailto:hhernandezd@ittg.edu.mx).

Rafael Mota Grajales (5), I. T. de Tuxtla Gutiérrez. [rmota@ittg.edu.mx](mailto:rmota@ittg.edu.mx).

Salomón Velasco Bermudez (6), I. T. de Tuxtla Gutiérrez. [svelasco@ittg.edu.mx](mailto:svelasco@ittg.edu.mx).

**Artículo recibido en octubre 31, 2017; aceptado en diciembre 07, 2017.**

### Resumen.

*En este trabajo se presenta la construcción de un prototipo optomecánico con la finalidad de girar con el movimiento de un motor a paso un polarizador de luz. Este sistema alineaba dos polarizadores: uno se encontraba fijo y el otro con movimiento. El sistema optomecánico alineaba a un láser de modo que permita ver la cantidad de luz que traspase conforme al movimiento del giro del polarizador con movimiento de 0 a 90 grados. La interface de usuario permitió obtener datos en tiempo real y graficarlos.*

**Palabras clave:** Control de polarizador, Programación de sistemas optomecánicos, Mecatrónica

### Abstract.

*In this work, we present the construction of an optomechanic prototype with the objective of rotate with a step motor a lighth polarizer. This system align two polarizers: one fix, and the other with angular movement. Also, the optomechanic system was align with a laser, which allows the incidence lighth on the polarizer according to the its rotation from 0 to 90 grades. The user interface was designed to obtain dates in real time, then graph.*

**Keywords:** Polarizer control, programming optomechanic system, mechatronic.

## 1. Introducción.

Dentro de la óptica, es necesario tener arreglos experimentales alineados y controlados con la ayuda de la mecatrónica para obtener resultados físicos importantes y confiables. Para ello, uno de ellos es el prototipo de robot cartesiano que permite realizar movimientos controlados por un PC, de acuerdo a una matriz de coordenadas ingresada. En este caso, se llevó a cabo la construcción de las tarjetas para el control de los motores de pasos, para entender sin necesidad de utilizar microcontroladores y de programarlos (Washington, 2005). Es importante mencionar que dentro de las aplicaciones de la optomecánica y la optomecatrónica es necesario manipular la forma en que viaja la luz hacia un objetivo, entender el proceso de interacción luz-materia y detectar los cambios que se

producen de dicha interacción. Uno de los parámetros de importancia que producen cambios al interactuar la luz con algún objeto en particular es la polarización. La luz puede polarizarse cuando se hace pasar a través de un polarizador lineal, el cual transmite selectivamente luz que tiene su plano de polarización paralelo al eje de transmisión del polarizador. La luz que tiene su plano de polarización perpendicular al eje de transmisión que queda bloqueada. (Juárez, 2000). Un sistema de control automático para un mocromador óptico del tipo Mini-chrom fue diseñado y construido capaz de obtener el espectro de una señal de luz, realizando barridos desde una longitud de onda menor hasta otra longitud de onda mayor, de manera automatizada. Esto se logra registrando las intensidades de luz en cada longitud de onda por la que atraviesa durante este proceso, y guardándolos en un archivo de texto para ser analizados a futuro (Saquimux, 2005). Se desarrolló y fabricó mecanismos autónomos, implementados con un sistema de control, para que permita interactuar con el entorno de una forma confiable y controlada (Budines, 2007). Para iniciar el desarrollo del instrumento estimador de torque en tiempo real, primero se efectúa un estudio teórico sobre los motores paso-a-paso, el cual deriva a un modelo no-lineal del comportamiento electromecánico del mismo. Con este modelo se encontró que la relación corriente-torque, piedra angular para el desarrollo del instrumento deseado, era dependiente además de la posición angular del rotor (Delgado, 2012). En el presente trabajo se diseñó un sistema optomecánico, para controlar el movimiento angular de un polarizador. La polarización que se obtuvo fue lineal y se llevó a cabo el diseño de una interfaz de usuario para almacenar la información y graficar los resultados de caracterizar el comportamiento de la luz polarizada.

## 2. Métodos.

Los pasos que se propusieron para llevar a cabo el diseño de control de mecanismo fueron: diseñar un dispositivo optomecatrónico donde debe ir incluido la fuente de luz, polarizadores, foto detector y la base en la cual debe de estar contenida la muestra a analizar. Debido a la existencia de polarizadores lineales y circulares, es necesario definir el tipo de polarizador a utilizar. La forma de caracterizar es hacer incidir la luz al polarizador y rotar angularmente para observar los máximos y mínimos. En este caso se diseñó el sistema mecánico que contendrá uno de los polarizadores. A este polarizador se le llama sistema optomecánico de detección y que debe tener un movimiento angular. La rotación angular del sistema mecánico u opto mecánico que contiene el polarizador, debe estar automatizado para que el movimiento angular sea constante. Cabe mencionar que la mejor opción en este tipo de aplicación es rotar con el menor Angulo de rotación en el orden de 0.1 grados. El solo hecho de obtener movimientos pequeños angulares hace complejo un sistema de movimiento. La caracterización del movimiento angular se obtiene con la programación del sistema de automatización, ya que se obtendrá una curva de la potencia a la salida del polarizador como función del movimiento angular.

Solidwork es un software CAD (diseño asistido por computadora) para modelado mecánico en 3D, desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp., una filial de Dassault Systèmes, S.A. (Suresnes, Francia), para el sistema operativo Microsoft Windows. El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en traspasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.

En la figura 1 se presenta un diseño de SolidWorks, llamado coplee que se acomodó en el motor a pasos y va acoplado con un sistema de engranes a la banda con la finalidad de hacer girar el polarizador, además se encuentra la base de la banda que va hasta abajo del ensamble y es el número 3 de pieza del engranaje para que pueda girar la rueda donde va el polarizador.



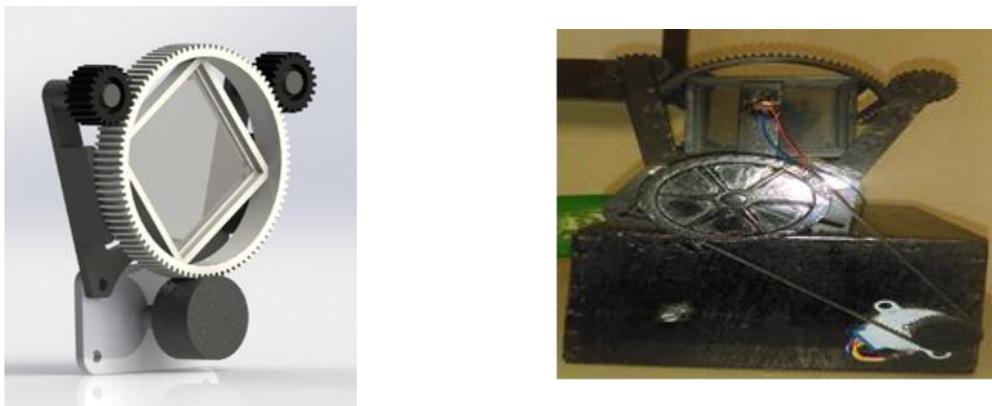
**Figura 1.** Coplee.

En la figura 2 se presenta un diseño tipo herradura, que es la que sostiene una rueda de engranaje que se introduce el polarizador, la cual consiste de un juego de engranaje formado por 3 piezas.



**Figura 2.** Herradura modelo para sujeción de polarizador.

En la figura 3 se presenta el ensamble del sistema optomecánico donde se encuentra sujetado con la herradura y el juego de engranaje que nos sostiene la rueda metida con el polarizador como se ve en la imagen.



**Figura 3.** Ensamble de los 3 engranes de movimiento angular.

## 2.1 Diagrama a bloques.

En la figura 4 se muestra el diagrama a bloques donde se observa el funcionamiento del sistema óptico, con todos los componentes que lo integran, así como la interfaz gráfica visualizada en la computadora.

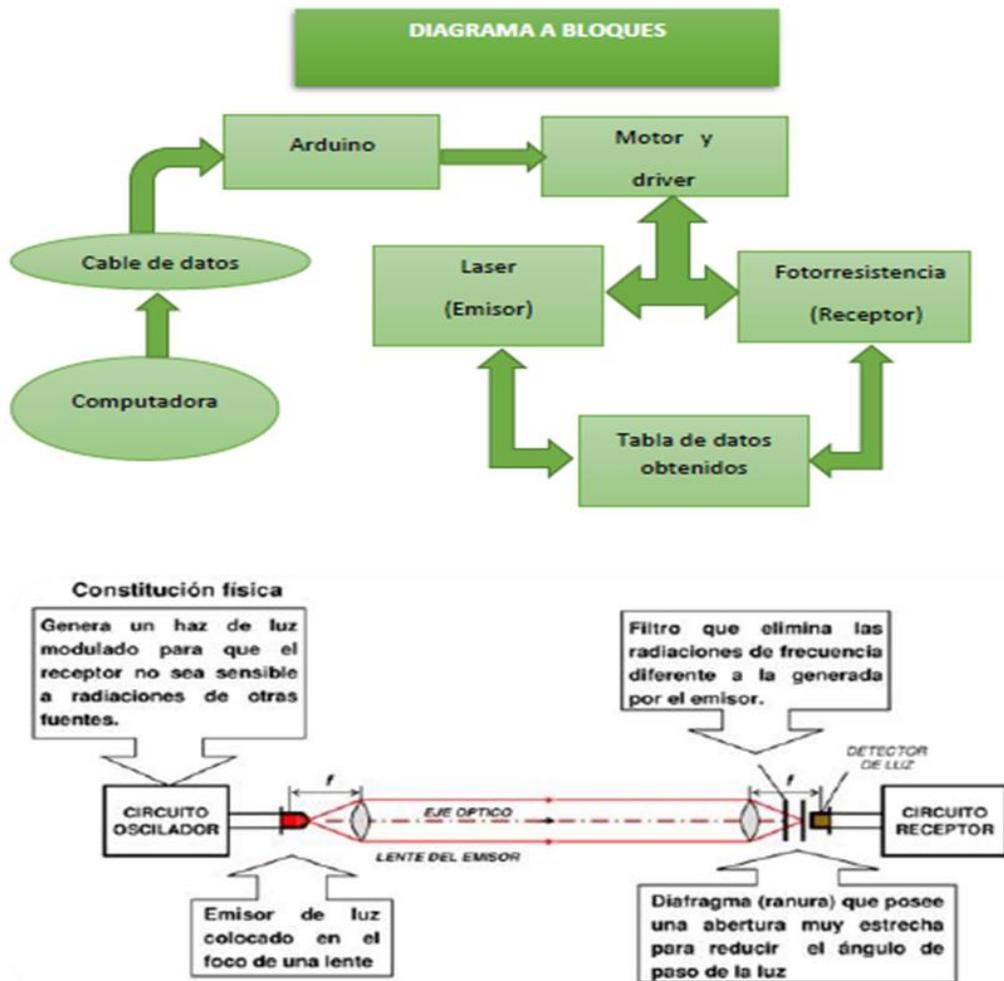


Figura 4. Diagrama a bloques.

El algoritmo 1 presenta la programación del sistema de control de forma resumida. En este algoritmo incluye cada uno de los dispositivos que contribuyen al movimiento del polarizador.

---

**Algoritmo 1.** Programación del sistema de control resumido.

---

*/\* Motor Paso a Paso ajustado a grados y velocidad.*

Arduino Driver ULN200

- 8 IN1
- 9 IN2
- 10 IN3
- 11 IN4 \*/

```
int retardo=5;           // Tiempo de retardo en milisegundos (velocidad del motor)
int dato_rx;           // Valor recibido en grados
int numero_pasos = 0;  // Valor en grados donde se encuentra el motor
```

```

String leeCadena;           // Almacena la cadena de datos recibida
int motorSpeed = 0;        // Variable to set stepper speed
int potPin = 2;           // Potentiometer connected to A2
int potValue = 0;         // Variable to read A0 input
const int sensorLuz = A1;
int luminosidadMedia;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);      // Inicializamos el puerto serie a 9600 baudios
  pinMode(11, OUTPUT);    // Pin 11 conectar a IN4
  pinMode(10, OUTPUT);    // Pin 10 conectar a IN3
  pinMode(9, OUTPUT);     // Pin 9 conectar a IN2
  pinMode(8, OUTPUT);     // Pin 8 conectar a IN1
  pinMode(sensorLuz, INPUT);
}

void loop()
{
  while (Serial.available()) // Leer el valor enviado por el puerto serial
  {
    delay(retardo);
    char c = Serial.read(); // Lee los caracteres
    leeCadena += c;         // Convierte caracteres a cadena de caracteres
  }
  if (leeCadena.length() > 0)
  {
    dato_rx = leeCadena.toInt(); // Convierte cadena de caracteres a enteros
    //motorSpeed = leeCadena.toInt();
    Serial.print(dato_rx);       // Envia valor en Grados
    Serial.println(" Grados");
    delay(retardo);
    dato_rx = (dato_rx * 1.422222222); // Ajuste de 512 vueltas a los 360 grados
  }
  while (dato_rx > numero_pasos) // Giro hacia la izquierda en grados
  {
    paso_izq();
    numero_pasos = numero_pasos + 1;
  }

  while (dato_rx < numero_pasos) // Giro hacia la derecha en grados
  {
    paso_der();
    numero_pasos = numero_pasos - 1;
  }

  leeCadena = ""; // Inicializamos la cadena de caracteres recibidos
  apagado();     // Apagado del Motor para que no se caliente

  ..
  ..
  ..
} //////////////////////////////////////////////////// Fin del Loop //////////////////////////////////////

```

```

void paso_der()    // Pasos a la derecha
{
  const int sensorLuz = A1;
  float luminosidad;

  luminosidad = analogRead(A1);
  luminosidad = (luminosidad * 100) / 1023;
  digitalWrite(11, LOW);
  digitalWrite(10, LOW);
  digitalWrite(9, HIGH);
  digitalWrite(8, HIGH);
  Serial.print(luminosidad);
  ..
  ..
  ..
}

void paso_izq()   // Pasos a la izquierda
{
  const int sensorLuz = A1;
  float luminosidad;

  luminosidad = analogRead(A1);
  luminosidad = (luminosidad * 100) / 1023;
  digitalWrite(11, HIGH);
  digitalWrite(10, HIGH);
  digitalWrite(9, LOW);
  digitalWrite(8, LOW);
  Serial.print(luminosidad);
  ..
  ..
  ..
}

void apagado()    // Apagado del Motor
{
  digitalWrite(11, LOW);
  digitalWrite(10, LOW);
  digitalWrite(9, LOW);
  digitalWrite(8, LOW);
}

```

---

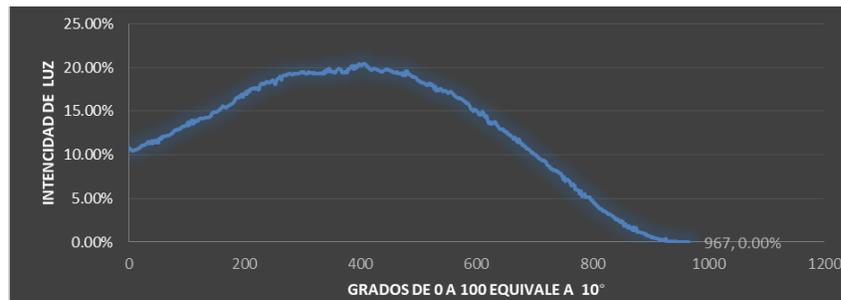
### 3. Resultados.

La forma en que inicia el proceso de caracterización del polarizador, el motor debe de estar programado en 90°. De esta manera se abre el puerto serial y se le agrega 680 que equivale a los 90°, obteniendo un movimiento del polarizador. En el puerto serial es adquirida la información es para ir observando el comportamiento de la intensidad de luz a través de la generación de la fotocorriente generada por una fotorresistencia.

En este caso para poder hacer otras pruebas después de que allá terminado su giro de 0 a 90° se tiene que estabilizar a su movimiento real es decir se le agrega el 0 donde hace lo contrario de 90° a 0°.

En dado caso de que se llegue a olvidar de regresar a 0° no servirá la siguiente prueba, ya que al darle los 680°=90° lo tomará como un error porque el movimiento hará lo contrario marcara de 90° a 0° y todos los resultados comenzaran de 0 % de intensidad de luz hasta llegar a la intensidad máxima de luz que se esté captando al momento.

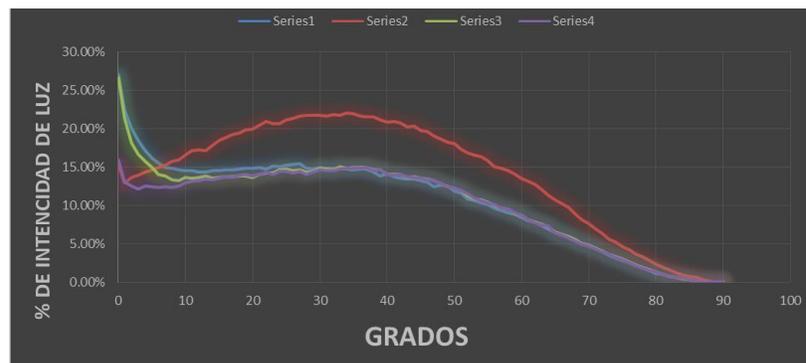
Se presenta los datos obtenidos de la intensidad de luz en función al movimiento angular de uno de los polarizadores. Como se puede ver en la figura 5 la variación de la intensidad en función al movimiento angular que se le va ejerciendo al polarizador. Cabe mencionar que dicho movimiento fue controlado por un sistema electrónico donde se observa el intervalo de 0 a 1000. Estos valores representan el número de paso de que se le ejerce al motor. Estos valores corresponden 1° a 46 números de pasos.



**Figura 5.** Caracterización con número de pasos de 46.

En las siguientes tres gráficas podemos observar de como se ve la intensidad de luz dependiendo de cada grado que va rotando es decir de 0° a 90.

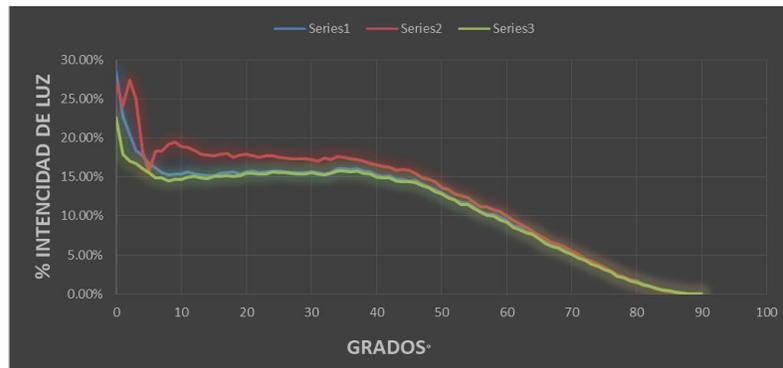
En la figura 6 el color azul y amarillo se muestra captando la intensidad de luz hablando del estado luz ambiental y naranja y amarillo es cuando le toca la claridad del día. Como se puede observar la gran diferencia que hay entre estas gráficas como en el caso azul y amarillo cuando están en 0° esta en 26.69% de intensidad de luz es precisamente el mismo porcentaje, y respecto a la gráfica rojo y morado si hay una diferencia de intensidad de luz, como se observa la diferencia en este caso cuando el rojo esta en 0° la intensidad de luz es de 15.25%, mientras que la gráfica morada cuando está en 0° es de 15.93% la intensidad de luz.



**Figura 6.** Comparación de los resultados obtenidos a diferentes números de pasos.

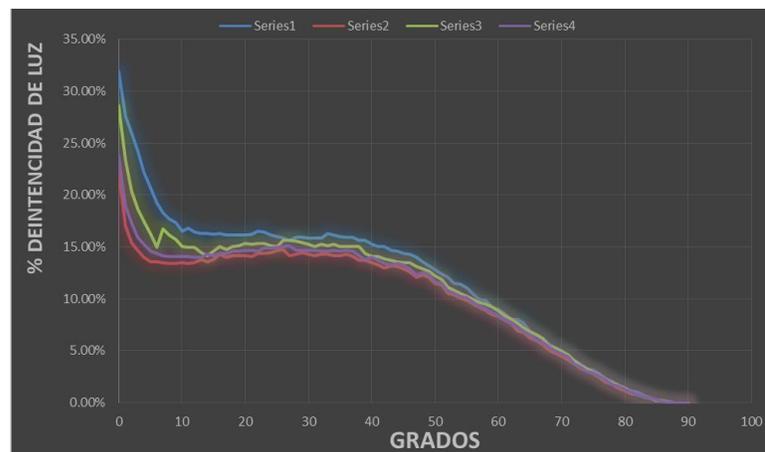
En la figura 7 se ve un gran cambio a la gráficas anteriores es decir en esta grafica se ve la diferencia de la gráfica roja marcada como serie 2, se puede ver que cuando está en 0° la intensidad de luz es de 26.98%, y hace muchos bajones a diferencias de la gráfica azul y amarilla, en el caso de la gráfica azul cuando está en 0° la intensidad de luz

es de 28.45%, la intensidad es más alto, pero en el caso de la gráfica amarilla la intensidad de luz es más bajo a diferencias de los otros, cuando está en  $0^\circ$  la intensidad de luz es de 22.58%.



**Figura 7.** Comparación de los resultados cuando se empieza a calibrar.

En la figura 8 se ve el comportamiento de cada gráfica y la diferencia que hay entre cada una de ellas es mínima en este caso la gráfica azul cuando está en  $0^\circ$  la intensidad de luz es de 31.96%, la gráfica amarilla cuando está en  $0^\circ$  es de 28.64% la intensidad de luz, la gráfica morada cuando está en  $0^\circ$  la intensidad de luz es de 23.85%, y la gráfica roja cuando está en  $0^\circ$  la intensidad de luz es de 22.39%.



**Figura 8.** Comparación obtenida finalmente calibrada.

## Conclusiones.

En conclusión este proyecto fue realizado con sistemas ópticos que necesitan de un bien sistema de alineación. Este sistema de alineación se construyó con material ABS proveniente de una impresora 3D. El movimiento angular propuesta desde los objetivos fue obtenido, sin embargo nos crea un problema a resolver en un futuro de mejorar el movimiento de la banda que ejerce el movimiento del engranaje para reducir el movimiento angular a 0,1 grados, ya que éste presenta pequeños saltos a la hora de ejecutar. El polarizador incrustado en el diseño fue simple con un diseño de sujeción fuerte para que el movimiento angular no afectase su alineación. Finalmente, que los resultados presentados en el capítulo 4, fueron satisfactorios ya que se ve como la intensidad del láser va disminuyendo en función al movimiento angular de un máximo de  $90^\circ$  a un mínimo de  $0^\circ$  dependiendo del movimiento que hace se ve el comportamiento de la intensidad de luz como incremento y decremento.

### Créditos.

Al Tecnológico Nacional de México y al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por financiamiento parcial de éste proyecto, con número 6360.17-P.

### Agradecimientos.

Los autores agradecen a la carrera de Ingeniería Electrónica y a la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por el apoyo otorgado en la realización de éste proyecto.

### Referencias Bibliográficas.

**Budines Lara Rodrigo.** (2007). *Diseño y simulación de un instrumento para la estimación de torque de un motor paso a paso*. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Eléctrica, 5460., 2007.

**Delgado Miranda Fabián.** (2012). *Automatización de un taladro fresador*. Master's thesis, Universidad de Santiago de Chile Facultad de Ciencia Departamento de Física, 60-65.

**Juárez Reyes Antonio.** (2000). *Diseño y automatización de un monocromador óptico*. Master's thesis, Universidad la Salle Cuernavaca, 63-65.

**Saquimux Batz Cesar.** (2005). *Diseño y construcción de un brazo robótico*. Master's thesis, Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniera Escuela de Ingeniera en Ciencias y Sistemas, 100-110.

**Washington Jiménez Brito.** (2005). *Diseño, construcción y control de un prototipo de corte en el plano horizontal con motores de pasos, controlados por pc*. Escuela Politécnica del Ejército, 7075.

### Información de los autores.



**Nohely Isabel De la Cruz Vázquez**, Graduada como Ingeniero en electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Realizó su residencia profesional en el laboratorio de optomecatrónica de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica. Actualmente labora en la empresa Soluciones Estratégicas en el desarrollo de software y publicidad. Su área de interés es electrónica, optoelectrónica y optomecatrónica.



**Jorge Luis Camas Anzueto** es graduado como Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, graduado como Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias con la Especialidad en Óptica y subespecialidad Optoelectrónica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1, miembro honorífico del Sistema Estatal de Investigadores. Actualmente docente-investigador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica, Doctorado en Ciencias de la Ingeniería y de la carrera Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés es Sensores ópticos, sensores de fibra óptica, optoelectrónica y optomecatrónica.



**Madain Pérez Patricio** es graduado como Doctor en Ciencias en Automatización y Computación Industrial en 2005, por la Universidad de Ciencias y Tecnologías de Lille, Francia. Investigador y Docente desde 1997 en el Departamento de Posgrado y la Carrera en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés incluye visión por computadora y computación reconfigurables.



**Héctor Ricardo Hernández de León** es graduado como Ingeniero En Electrónica por el Instituto Politécnico Nacional, Doctorado en Ciencias en Sistemas Automatizados por el Instituto de Ciencias Aplicadas INSA-Toulouse-Francia. Actualmente investigador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica y la Carrera de Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés es Control Inteligente y diagnóstico de fallas en plantas de agua potable.



**Rafael Mota Grajales** es graduado como Ingeniero Industrial Eléctrico por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica por el Instituto Tecnológico de la Laguna y Candidato a Doctor en Control Industrial por la Universidad Claude Bernard, Lyon 1, Lyon, Francia. Su área de interés es aplicaciones industriales, automatización e instrumentación de procesos y control automático.



**Salomón Velasco Bermúdez** es graduado como Ingeniero en electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Jefe del departamento de actividades extraescolares en el periodo comprendido de enero 2010 a septiembre 2016, colaboró con el Departamento de Ciencias Básicas impartiendo las asignaturas de Probabilidad y Estadística, Algebra Lineal, Métodos Numéricos y Fundamentos de Física. Actualmente es Jefe del Departamento de Servicios Escolares y docente de la carrera Ingeniería Electrónica. Su área de interés es el diseño de sistemas electrónicos y sus aplicaciones.



# **Diseño y desarrollo de la línea de ensamble para el proyecto latam aplicado a los *shelf* series FF.**

## **Design and development of the assembly line for the latam project applied to the shelf series FF.**

Hernán Valencia Sánchez (1).  
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México, Chiapas, México.  
[hvalencia@ittg.edu.mx](mailto:hvalencia@ittg.edu.mx).

Roberto Carlos García Gómez (2). I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [rgarcia@ittg.edu.mx](mailto:rgarcia@ittg.edu.mx).

Lorenzo Marciano Vázquez (3). I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [lmarciano@live.com.mx](mailto:lmarciano@live.com.mx).

Mario Alberto de la Cruz Padilla (4). I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [mpadilla@ittg.edu.mx](mailto:mpadilla@ittg.edu.mx).

Mauricio Aquino Ocaña (5). Estudiante, I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [aquino.imec@gmail.com](mailto:aquino.imec@gmail.com).

**Artículo recibido en octubre 20, 2017; aceptado en diciembre 08, 2017.**

### **Resumen.**

*El proyecto consiste en el diseño y construcción de un prototipo que ayude a disminuir el tiempo de ensamble, el número de herramientas y la mano de obra; que intervienen en el proceso de ensamble de los tres tipos de parrillas (Shelf) de la serie FF para bottom freezer.. Este proyecto se desarrolla dentro de la línea de ensamble cumpliendo con los lineamientos para el diseño e instalación y con las normas que rigen este tipo de procesos. El desarrollo de este prototipo toma en cuenta la carencia de dispositivos comerciales para estos ensambles, lo que permite crear nuevas máquinas y así como metodologías que ayuden a disminuir el tiempo que se emplea en armar manualmente las parrillas de vidrio.*

**Palabras claves:** Diseño, Ensamblaje, Innovación.

### **Abstract.**

*The project consists of the design and construction of a prototype that helps reduce assembly time, the number of tools and the workforce; that intervene in the assembly process of the three types of grills (Shelf) of the FF series for bottom freezer. This project is developed within the assembly line complying with the guidelines for the design and installation and with the rules that govern this type of processes. The development of this prototype takes into account the lack of commercial devices for these assemblies, which allows creating new machines and methodologies that help reduce the time spent manually assembling the glass grills.*

**Keywords:** Design, Assemble, Innovation.

## 1. Introducción.

El proyecto consiste en: a) Diseño y construcción de una máquina prototipo que ayude a disminuir el tiempo de ensamble, el número de herramientas y la mano de obra; que intervienen en el proceso de ensamble de los tres tipos de parrillas (Shelf) de la serie FF para bottom freezer. b) Diseñar un proceso dentro de la línea de ensamble que permita ensamblar tres tipos de parrillas diferentes en una sola máquina y que cumpla con las normas de calidad y especificaciones del cliente.

Los productos que se manejarán son tres tipos de ensamble con diferentes dimensiones de vidrios y perfiles:

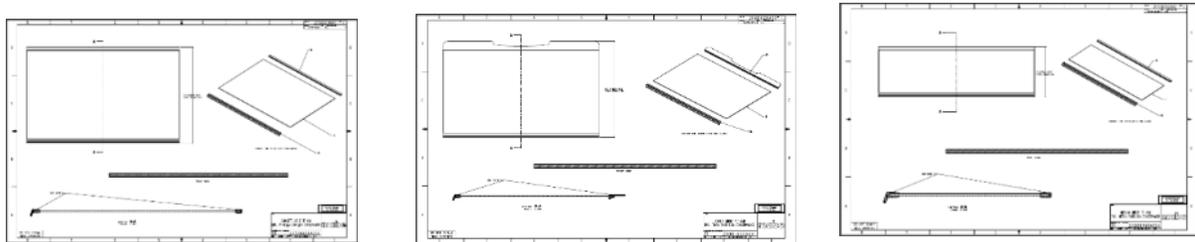
- Medium shelf FF ASM.
- Cover shelf FF ASM.
- Complete shelf FF AS.

El problema surge porque estas parrillas se ensamblaban a mano, la producción es muy lenta y la calidad no es la deseada y con esto surge la idea del proyecto de la línea de ensamble del proyecto latam, el cual consiste en un dispositivo que ensamble los tres tipos de parrillas diferentes y los 3 perfiles diferentes, mejorando la producción y calidad.

## 2. Métodos.

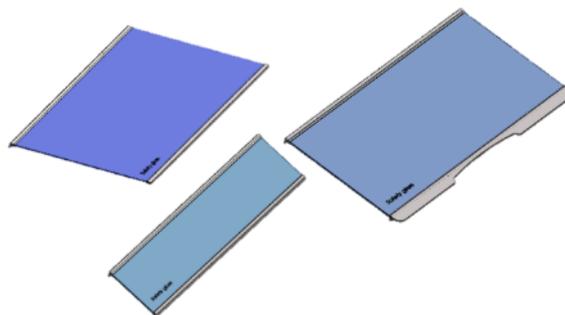
### 1. Diseño de parrillas bottom freezer.

Planos bottom freezer, realizado en el software AutoCAD.



**Figura 1.** Planos de parrillas de vidrio.

Este proyecto es un sistema creado para la prueba de funcionamiento. Se trata de un equipo que interactúe dentro de la línea de ensamble para el proyecto latam, el cual consiste en ensamblar 3 diferentes números de partes y maximizar el tiempo de producción en un 90 % (Gómez ,2012).



**Figura 2.** Diseño de parrillas SolidWorks.

Los diseños fueron creados con el software SolidWorks. Estas parrillas fueron sometidas a pruebas de impacto y choque térmico.

La prueba de choque consiste en dejar caer una bola de acero de 225 gr a una altura de 1.8 m, y el cristal debe soportar esta fuerza con la que es impactada.

## 2. Cálculos de la prueba de impacto.

Una prueba objetiva de las virtudes de este moderno cristal templado se puede observar al someter un placa de 3mm de espesor, al impacto directo de una bola de acero de 225 gr en caída libre, desde una altura de 1.8m y observar su resistencia; en tanto que un cristal normal se rompe con un impacto, a sólo 60cm en las mismas condiciones (Budynas,2012).

Datos:

Masa de la bola: 0.225 kg

Altura: 1.8 m

En la posición inicial antes de soltar la bola de impacto tienen una energía potencial

En la posición inicial antes de soltar la bola de impacto tienen una energía potencial

$$EP = mgh \text{ --- Ecuación 1}$$

Donde:

$h$  = Altura inicial (m)

$m$  = Masa de la bola.(kg)

$g$  = Aceleración de la gravedad. ( $\frac{m}{s^2}$ )

En el momento del impacto sobre el plano del vidrio toda la energía potencial se habrá transformado en cinética.

$$E_p = mgh_1 = \frac{1}{2} mv^2 \text{ --- Ecuación 2}$$

Donde  $v$  es la velocidad de la bola en el momento del impacto ( $\frac{m}{s}$ ). Despejando  $v^2$  en la ecuación 2 nos queda.

$$v^2 = \frac{mgh_1}{\frac{1}{2} m} = 2gh_1 \text{ --- Ecuación 3}$$

Despejando  $v$  de la ecuación 3.

$$v = \sqrt{2gh_1} \text{ --- Ecuación 4}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 4.

$$v = \sqrt{(2 * 9.8 * 1.8)} = 5.9396 \text{ m/s}$$

Sustituyendo en la ecuación 2 el valor de la velocidad.

$$E_p = mgh_1 = \frac{1}{2} (0.225)(5.9396)^2 = 3.969 \text{ J}$$

Esto nos permite calcular la fuerza de impacto. Como hay una pequeña penetración en el cristal de 0.1m de debe calcular la fuerza de impacto, usando el principio –trabajo- energía.

$$Fuerza\ de\ Impacto(N) * Distancia\ recorrida(m) = Energia\ Cinética(J) \text{ --- Ecuación 5}$$

Aplicando la siguiente ecuación.

$$F = \frac{E_p}{0.1} = \frac{3.969\ J}{0.1\ m} = 39.69\ N \text{ --- Ecuación 6}$$

Si el cristal soporta una fuerza de impacto de 39.69 N , el vidrio pasa la prueba.

El tiempo que tarda la bola en impactar el cristal se calcula de acuerdo a la ecuación 7.

$$h = \frac{1}{2} g t_0^2 \text{ despejando la ecuación tenemos ; } t_0 = \sqrt{\frac{2h}{g}} \text{ --- Ecuación 7}$$

Sustituyendo los valores.

$$t_0 = \sqrt{\frac{2(1.8m)}{9.81 \frac{m}{s^2}}} \text{ por lo tanto } t_0 = 0.602\ s$$

### 3. Diseño de la línea de ensamble.

En base a la descripción del proyecto antes mencionado, se hizo el diseño de la máquina; cabe destacar que la línea de ensamble ya está normalizada por el cliente así que esta no tiene mayor relevancia, ya que el diseño en que se enfocó este proyecto fue en los ensambles de las parrillas. Las imágenes que se ilustran a continuación son del ensamble del diseño hecho en SolidWorks.

### 4. Cálculo de soporte de la línea de ensamble.

Para el cálculo utilizamos PTR de 1 ½ in y PTR de 1 in. El peso total del mecanismo es de 10.3 kilogramos el cual estará soportado sobre los rieles de la línea de ensamble, y calcularemos la deformación que sufren los rieles con el programa SolidWorks (Gómez ,2012).

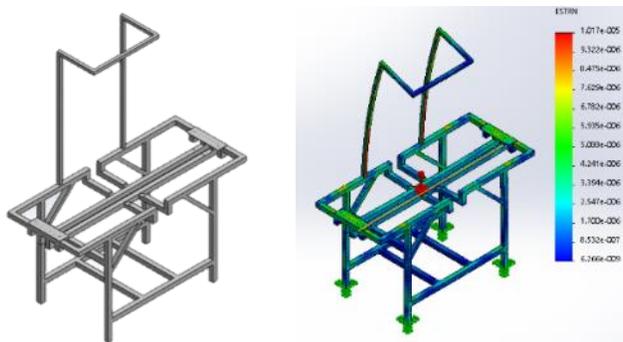


Figura 3. Simulación de deformación.

Para el análisis estático sujetamos las 4 patas de la mesa y colocamos una masa distribuida en la mesa de 10.3 kilogramos que es el peso de todo el mecanismo.

Resultado de la simulación por deformación.



Figura 4. Resultados reales de deformación.

El resultado es demasiado pequeño para que falle la estructura metálica.

### 5. Cálculo de deformación de la barra Thomson en SolidWorks.

La barra Thomson tiene un diámetro de 16 mm por 1.4 m de longitud y está hecha de acero al carbón. El problema es saber si la barra se deforma con el peso de la base de aluminio móvil, por lo recurrimos al software SolidWorks para la simulación estática (Gómez ,2012).

El peso de la base móvil es de 9.2 kilogramos, y se calculó en la mitad de la barra Thomson ya que ahí se concentra la mayor deformación de la barra circular.

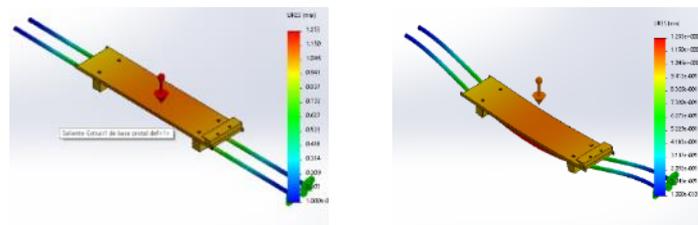


Figura 5. Simulación de deformación barra Thomson.

Se determinó una masa de 9.2 kilogramos, y se anclan los bordes de la barra para hacer un empotre y simular la deformación.

### 6. Resultado de la deformación.

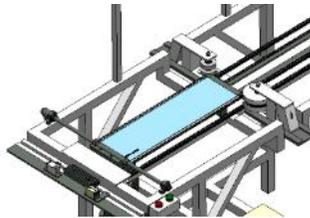


Figura 6. Resultado de deformación.

El resultado fue una deformación muy pequeña la cual no afecta a la barra Thomson.

### 7. Diseño del mecanismo de ensamble.

Para el diseño del mecanismo se proponen 3 cadenas, un soporte de vidrio y unas virolas que ensamblarán las parrillas.

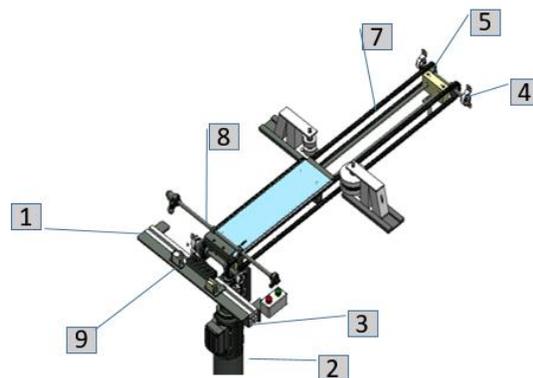


**Figura 7.** Diseño de mecanismo.

Este diseño está constituido por los accesorios que se indican en la siguiente tabla.

**Tabla 1.** Accesorios de máquina.

Nº	Material	Cantidad
1	Chumacera Caja con casquillo de bolas para un eje de Ø 16 mm	4
2	Manivela :Asa de mando, versión taladro roscado, M16, Longitud 118mm	1
3	Perfil Thomson: Ø 16 mm , Acero 60 Rockell C, Long: 1.4 M	2
4	Flecha Lineal Templada, Ø 16 mm	2
5	Tornillos Ale: M6X 20mm, M6X30mm	4
6	Placa de aluminio: 914 X 2438, Espesor 1/2	1
7	Motor de corriente alterna, 0.5 HP	1
8	Sensor de proximidad	1
9	Cadena con Ø de paso 1/2 in	1
10	Cadena motriz con Ø de paso 1/2 in	3.160m
11	Sprockets con diámetro de paso 1 1/2 in	65.79cm
12	Variador de velocidad de motor de 0.5 hp	1
13	Ptr de 1 1/2 in	16m
14	Botones de retroceso y adelanto	2
15	Tornillo sin fin de Ø 16 mm	1
16	Perfil Bosch de 5 x 5 cm	16.8cm
17	Nylamid negro (maquinados de soporte de barras Thomson)	80x50x60cm
18	Nylamid beige (maquinados de virola de ensamble y Fixture de cristal.)	80x50x60cm



**Figura 8.** Numeración de mecanismos.

### 8. Cálculo de la potencia del motor.

Se determinó la fuerza que ocupa el motor mediante un dinamómetro jalando el mecanismo manualmente. Esta es la fuerza que se requiere para mover la base móvil a través del rodillo ya que estos están a una longitud menor a una parrilla (Russell,2011).



**Figura 9.** Dinamómetro.

Para encontrar la fuerza se jaló manualmente la base lineal a través de las virolas para saber que fuerza se aplica.

La fuerza que se obtuvo es de 390 N con la que se determinará la potencia mecánica del motor. Se propone un reductor de motor de 0.5 hp, con un diámetro de flecha de ½ in y 1370 rpm, obtenido de la tabla (Russell, 2011).

Datos:

$$D = \frac{1}{2} \text{ pulg} = 12.70\text{mm}$$

$$Rpm = 1370 \text{ rev}$$

Ecuaciones de la potencia mecánica es:  $P = T * W$  ----- Ecuación 8

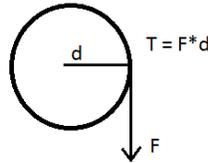
Donde:

$$T = \text{Torque } N.m$$

$$W = \text{velocidad angular } \text{rad/s}$$

El torque de acuerdo a la ecuación 9 y a la figura 10 se obtiene:

$$T = F * d \text{ ----- Ecuación 9}$$



**Figura 10.** Diagrama para representar el Torque.

Resolviendo la ecuación 9 se tienen los siguientes resultados.

$$D = 12.7mm \left( \frac{1m}{1000mm} \right) = 0.0127 m, d = \text{al radio de la fig. 10 ; } d = \frac{D}{2}; \text{ sustituyendo valores se tiene:}$$

$$T = F * d = 390N * .00635m = 2.476 Nm$$

La potencia es igual al torque por velocidad angular, las condiciones iniciales nos proporcionan las rpm y se debe realizar la conversión adecuada; por lo tanto tenemos lo siguiente:

$$rpm = 1370 \left( \frac{rev}{min} \right) \left( \frac{2\pi rad}{1 rev} \right) \left( \frac{1 min}{60 s} \right) = 143.4660 rad/s$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 8.

$$P = T * W = 2.4756 N.m * 143.4660 \frac{rad}{s} = 355.73 Watts$$

$$P = 355.73 Watts \left( \frac{1 HP}{745.699 Watts} \right) = 0.4770 HP \approx 0.5 HP$$

Este resultado nos indica el motor a utilizar.

### 9. Reductor para un motor de 0.5 hp.

Obtenida la potencia del motor, necesitaremos un reductor de velocidad. Si tenemos una relación de velocidad de 17:1 por especificación del motor reductor y una potencia nominal de 0.55/0.65 kW con un factor de servicio de 2.5 y una velocidad de entrada de 1370 rpm, podemos conocer la velocidad a la salida del reductor y así determinar el torque disponible.

Datos.

$$Potencia = 0.5 Hp$$

$$n_1 = 1370 rpm$$

$$P_{nom} = 55/0.655 kW$$

$$F_s = 2.5$$

$$Rv = 17:1$$

$$\text{Relación de velocidad} = \frac{n_1}{n_2} \text{-----Ecuación 10}$$

Despejando  $n_2$  la ecuación 10 y sustituyendo los valores tenemos:

$$n_2 = \frac{1370 \text{ rpm}}{17} = 80.58 \text{ rpm}$$

El torque disponible será:

$$T = \frac{HP * 716}{rpm} = \frac{0.5 * 716}{80.58} = 4.4427 \text{ kg.m}$$

De estos resultados podemos diseñar la trasmisión de la cadena, sabiendo que la velocidad de entrada es de 30.44 rpm y la potencia transmitida serán los 0.5 hp (Mott,2006).

Por lo tanto:

$$P_{trs} = 0.5 \text{ hp}$$

Velocidad del motor = velocidad inicial 30.44 rpm, en este caso se toma la velocidad del reductor como primera velocidad, y se calcula la segunda velocidad.

Para el sistema de movimiento usaremos dos catarinas de 12 dientes.

Tenemos la relación.

$$N_1 Z_1 = N_2 Z_2 \text{-----Ecuación 11}$$

Donde:

$$N_1 N_2 = \text{Velocidad de entrada y salida rpm.}$$

$$Z_1 Z_2 = \text{Numero de dientes de entrada y salida.}$$

Queremos obtener la velocidad de salida del sistema por lo que.

$$N_2 = \frac{N_1 Z_1}{Z_2} = \frac{30.44 * 12}{12} = 80.58 \text{ rpm}$$

La velocidad es la misma ya que tienen el mismo número de dientes y no existe un cambio de velocidad a lo largo de la trasmisión.

### 10. Selección del tipo de cadena.

La selección del tipo de cadena se realiza utilizando la tabla 2 con los siguientes valores:

Potencia corregida de cálculo (Pc): 0.55 kW;

Cadena simple;

Velocidad de giro del piñón: 80.50 r.p.m.

Con estos valores resulta una cadena Tipo 40; de paso, p = 12.70 mm.

**Tabla 2.** Selección de cadena.

Velocidad de la catarina, rpm	Número ANSI de cadena.					
	25	35	40	41	50	60
50	0.05	0.16	0.37	0.20	0.72	1.24
100	0.09	0.29	0.69	0.38	1.34	2.31
150	0.13	0.41	0.99	0.55	1.92	3.32
200	0.16	0.54	1.29	0.71	2.50	4.30
300	0.23	0.78	1.85	1.02	3.61	6.20
400	0.30	1.01	2.40	1.32	4.37	8.03
500	0.37	1.24	2.93	1.61	5.71	9.81
600	0.44	1.46	3.45	1.90	6.72	11.6
700	0.50	1.68	3.97	2.18	7.73	13.3
800	0.56	1.89	4.48	2.46	8.71	15.0
900	0.62	2.10	4.98	2.74	9.69	16.7
1000	0.68	2.31	5.48	3.01	10.7	18.3
1200	0.81	2.73	6.45	3.29	12.6	21.6
1400	0.93	3.13	7.41	2.61	14.4	18.1
1600	1.05	3.53	8.36	2.14	12.8	14.8
1800	1.16	3.93	8.96	1.79	10.7	12.4
2000	1.27	4.32	7.72	1.52	9.27	10.6
2500	1.56	5.28	5.51	1.10	6.58	7.57
3000	1.84	5.64	4.17	0.83	4.98	5.76

### 11. Cálculo del diámetro de las ruedas.

Según la lista de formulaciones que aparecen en el anexo A1 se puede obtener los diámetros primitivos ( $D_p$ ) de las ruedas mediante la expresión:

$$D_p = \frac{p}{\text{sen } \pi/Z} \quad \text{--- Ecuación 12}$$

Donde:

$p$  = paso en mm.

$Z$  = número de dientes.

En este caso se tiene que:

$$D_{P_1} = \frac{12.7}{\text{Sen } \pi/12} = 49.22 \text{ mm}$$

Las ruedas son las mismas en el sistema con la misma potencia y velocidad que tiene el diseño.

### 12. Longitud de cadenas.

La longitud de cadena no fue necesaria calcularla ya que con el programa SolidWorks se tiene la operación de ensamble de cadena y matriz de cadena, ya que el programa da automáticamente las longitudes de las 3 cadenas

(Gómez ,2012).



Figura 11. Longitud de cadenas.

**Diseño completo de la línea de ensamble.**

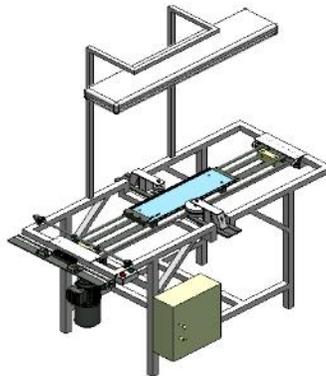


Figura 12. Diseño terminado.

### 3. Desarrollo.

#### 13. Prototipo para la evaluación del Funcionamiento.

Con el fin de corroborar las condiciones de diseño, dispuestas para el equipo diseñado, se construyó un prototipo que permitió caracterizar el comportamiento del ensamble simulando las carreras de la parte móvil mediante un riel.



Figura 13. Prototipos del proyecto.

Para este prototipo se utilizaron cadenas para transmitir el movimiento mecánico del motor, se construyó sobre una

mesa de tubular con diámetro de 50 mm y se construyó un riel con ángulos de 1 ½ in en la que se simularía el recorrido de la barra Thomson. Sobre ella se construyó una especie de patineta que transportará el cristal hacia las virolas para ensamblar el perfil, y un centrador de vidrios.

Se usó un motor de 0.5 hp para poder ensamblar las parrillas con el dispositivo antes mencionado.

El mecanismo prototipo fue validado, ya que se ensamblaron las parrillas con buena calidad y en buen tiempo.

#### 14. Construcción de línea de ensamble.

Una vez validado el prototipo se construye el proyecto final correspondiente al diseño hecho en SolidWorks, en el cual se utilizó: PTR de 1 ½ in, perfil Bosch y una fuente de soldadura (Russell,2011).



**Figura 14.** Construcción final de la máquina.

Después de construir la estructura se montaron los accesorios mecánicos del diseño como: cadena, base de vidrio, sprockets, gabinete de control.

#### 15. Resultados obtenidos.

La línea de ensamble del proyecto ha sido diseñada bajo normas de seguridad en su funcionamiento. No obstante, se deben observar normas de precaución.

La máquina está diseñada para trabajar con modelos diferentes.

Los elementos comerciales que se utilizaron (cadena con diámetro de paso ½ in, sensores inductivos, variador de velocidad para motor de 0.5 hp, motor de 0.5 hp etc.) ya están normalizados y cumplen con las especificaciones que el cliente solicitó.

El diseño ya fue aprobado internamente con el cliente, en este caso se trata de la empresa MABE.

La máquina ya está en producción, para realizar las pruebas de funcionamiento con el producto para detectar que todo esté en orden y, en caso de ser necesario realizar algún tipo de ajuste en él.

### Conclusión.

Comparando los datos obtenidos del análisis por elementos finitos con los valores teóricos, se encuentra que los porcentajes de error son relativamente pequeños, lo que indica la consistencia del método. Los porcentajes de error son debidos a que para el análisis por elementos finitos el modelo matemático usado (Von Mises), linealiza las deformaciones estructurales, lo que induce la diferencia entre este análisis y la simulación. Al obtener porcentajes de error relativamente pequeños en la simulación de la prueba, se vislumbra otra ventaja del método, y es el hecho de

que en un momento dado se pueda remplazar la prueba real por la simulación, reduciendo costos en uso de equipos y materiales en el laboratorio.

Este tipo de análisis permite también mostrar las bondades del análisis por elementos finitos a la hora de trabajar en la simulación de eventos mecánicos y como esta técnica trabajada correctamente se convierte en una gran herramienta para la labor del Ingeniero actual, dándole ventajas competitivas frente a aquellos que siguen diseñando con las herramientas de diseño Mecánico tradicional.

### Referencias Bibliográficas.

**Budynas, R., & Nisbett, J. (2012).** Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. New York: Mc Graw Hill.

**E.R, B. F. (1992).** Mecánica de materiales . Mexico: Editorial Mc Graw Hill .

**Gómez González Sergio, (2012).** “SolidWorks”, Ed. Alfaomega México, 12da.

**Hibbeler Russell C., (2011).** “Mecánica de materiales”, Ed. Pearson México, 8va.

**Mott, R. (2006).** Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson.

### Información de los autores.



**Hernán Valencia Sánchez** tiene la Licenciatura en Ingeniería Mecánica y un Posgrado en Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica Egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Jefe de Proyectos de Investigación del Departamento de Metal-Mecánica, Docente del Departamento de Metal-Mecánica del Instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



**Roberto Carlos García Gómez** tiene la licenciatura en Ingeniería Mecánica, con tres posgrados: Especialidad en Mecatrónica, Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica, Doctorado en Procesos de Manufactura. Egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Jefe de Proyectos de Vinculación del Departamento de Metal-Mecánica, Docente del Departamento de Metal-Mecánica del Instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



**Lorenzo Marciano Vázquez** tiene la Licenciatura en Ingeniería Industrial en Mecánica en el Instituto Tecnológico de Veracruz, Maestría en Ingeniería Mecánica en la Universidad Veracruzana, Docente en el Departamento de Metal-Mecánica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



**Mario Alberto De la Cruz Padilla** tiene la Licenciatura en Ingeniería Mecánica con un posgrado en Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica. Egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, coordinador de la carrera de Ingeniería Mecánica, docente del departamento de Metal-Mecánica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



**Mauricio Aquino Ocaña** alumno De 10° Semestre De Ing. Mecánica del Instituto Tecnológico De Tuxtla Gutiérrez. Técnico en construcción y certificación en construcción

# Diseño y fabricación de un prototipo de cortador láser para el grabado de placas electrónicas.

## Design and manufacturing of a laser cutter prototype for electronic boards engraving.

Hernán Valencia Sánchez (1).

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México, Chiapas, México.  
[hvalencia@ittg.edu.mx](mailto:hvalencia@ittg.edu.mx)

Roberto Carlos García Gómez (2). I.T. Tuxtla Gutiérrez, [rgarcia@ittg.edu.mx](mailto:rgarcia@ittg.edu.mx)

Diego Guadalupe Díaz Santiago (3). Estudiante del I.T. Tuxtla Gutiérrez, [diego08ds@hotmail.com](mailto:diego08ds@hotmail.com)

José Luis García Hernández (4). Estudiante del I.T. Tuxtla Gutiérrez, [joseighrain@hotmail.com](mailto:joseighrain@hotmail.com)

Carlos Eduardo Juárez Hernández (5). Estudiante del I.T. Tuxtla Gutiérrez, [carlos\\_ejh96@hotmail.com](mailto:carlos_ejh96@hotmail.com)

**Artículo recibido en septiembre 02, 2017; aceptado en octubre 09, 2017.**

### Resumen.

*El proyecto se realiza a partir de una necesidad, en la cual se solicita el diseño de placas de circuitos electrónicos. Por lo tanto, se requiere diseñar un prototipo de cortador láser con mesa cartesiana para automatizar el proceso de corte o grabado de: placas electrónicas, grabado de madera, acrílico, etc. El grabado con láser es un proceso especial de índole térmica que no genera viruta, presentando mejor precisión y acabado superficial. En el desarrollo de este diseño, usamos el software Solidworks para dimensionar el prototipo, así como para simular el movimiento de los mecanismos previstos y su funcionalidad. Se instrumentó el prototipo cuidando que la interfaz de este equipo fuera compatible con el software ESTLCAM, el cual permite el uso de diferentes formatos gráficos permitiendo reducir el tiempo de diseño previo a los patrones de corte o grabado. Cabe hacer mención que este proyecto en su conjunto puede considerarse como un equipo de CNC, el cual brindará a los usuarios una ventaja competitiva sobre el uso de equipo tradicional para el corte o grabado en placas.*

**Palabras claves:** Cortador láser, grabado de placas, control numérico (CNC), viruta.

### Abstract.

*The project is based on a need, in which the design of electronic circuit boards is requested. It is therefore necessary to design a laser cutter prototype with Cartesian table to automate the process of cutting or engraving electronic plates, wood, acrylic, etc. Laser engraving is a special thermal process that does not generate chip, showing better precision and surface finish. During the development of this design we used Solidworks software to dimension the prototype, as well as to simulate the movement of the mechanisms provided and its functionality. The prototype was implemented considering that the interface of this equipment was compatible with the ESTLCAM software, which allows the use of different graphic formats, reducing the design time prior to the cutting or engraving patterns. It should be noted that this project as a whole can be considered as a CNC equipment, which will provide a competitive advantage to users regarding the use of traditional equipment for cutting or etching.*

**Keywords:** Laser cutter, engraving board, numerical control (CNC), shaving.

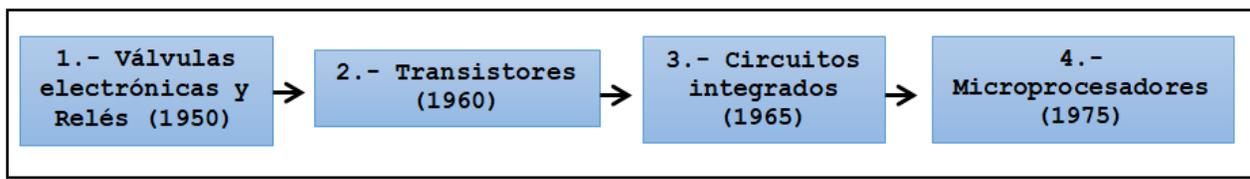
## 1. Introducción.

Una grabadora o maquina CNC es una máquina herramienta que graba sobre piezas mediante movimientos cartesianos a través de una amplificación de luz mediante emisión estimulada de radiación, a los que se denomina láser, se controla por software y en teoría no necesita de supervisión para trabajar, dado que una vez parametrizada la pieza, el láser se ocupa de realizar los movimientos necesarios hasta finalizar la pieza. Las máquinas-herramienta hacen el trabajo industrial más sencillo, práctico y económico para la organización o industria que las emplea. Es una forma de hacer un trabajo eficaz. (Arriaga, 1999).

El grabado con láser es un proceso especial o proceso no convencional de mecanizado de índole térmica, que no genera viruta, en el que la eliminación del material se provoca por la fusión y vaporización del mismo al concentrar en zonas localizadas elevadas temperaturas, comparado con los procesos convencionales de arranque de viruta, presenta una mejor precisión y acabado superficial (rugosidad), siempre y cuando no lo comparemos con los procesos de súper-acabado.

Los primeros equipos de CN con electrónica de válvulas, relés y cableados, tenían un volumen mayor que las propias máquinas-herramientas, con una programación manual en lenguajes máquina muy complejo y muy lenta de programar.

Puede hablarse de cuatro generaciones de máquinas de control numérico de acuerdo con la evolución de la electrónica utilizada:



**Figura 1.** Generaciones de piezas para el control.

La primera instalación comercial de equipo de control numérico fue en 1957. Las máquinas originales de control numérico fueron estándar como las fresadoras y taladros. Tecnología de control fue desarrollada en paralelo con computadoras digitales, desde tubos de vacío pasando por transistores y circuitos integrados para los más capaces y confiables minicomputadoras, mini procesadores, basados en control de unidades los cuales son referidos como computadora de control numérico (CNC). (Alique, 1981).

## 2. Métodos.

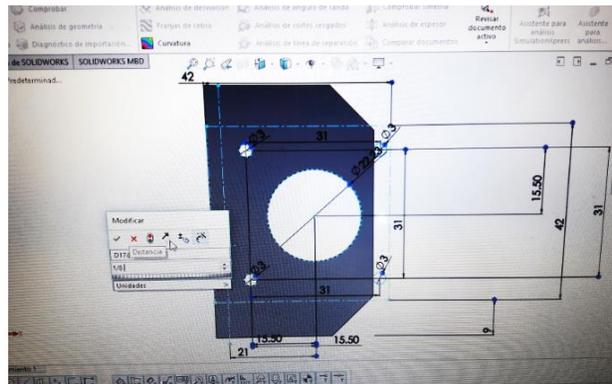
### Etapas de fabricación.

El proceso de fabricación de este proyecto se dividió en 3 etapas:

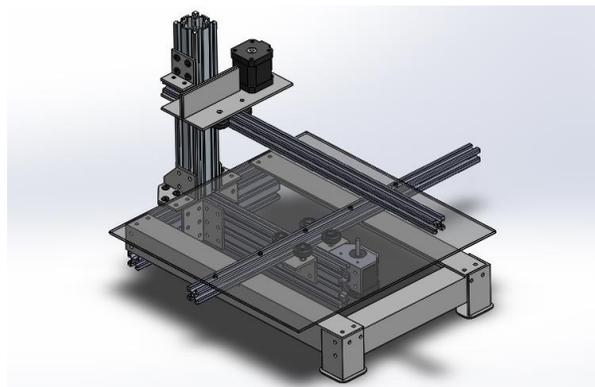
#### Etapas de diseño.

Se toma en cuenta que en desarrollo de todo prototipo se tiene que comenzar con la ayuda de un diseño virtual o de un diseño a escala, con la finalidad de delimitar ciertas dimensiones, cantidad de elementos a utilizar, localización de estos elementos en el prototipo, elementos de unión a utilizar y una perspectiva del prototipo disminuyendo errores y gastos en la fabricación. (Gómez, 2012).

En el prototipo laser de control numérico utilizamos la herramienta de Solidworks, puesto que es un software el cual dominamos y da un diseño virtual manipulable, además de ser aún más barato de hacer que una maqueta a escala. Gran parte de la estructura se elaboró desde cero, mientras que otras piezas como motores se consiguieron a través de paquetes ya estandarizados.



**Figura 2.** Diseño de piezas en Solidworks.



**Figura 3.** Diseño final del prototipo en Solidworks.

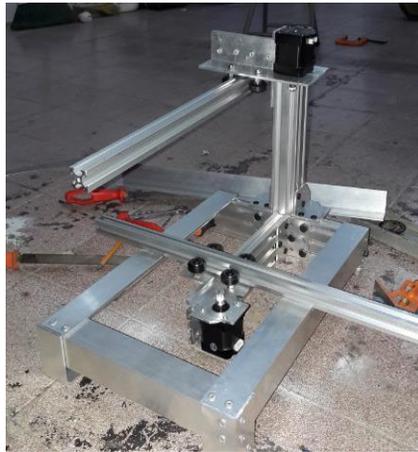
### **Etapas de fabricación.**

Se elabora el prototipo pieza a pieza, teniendo en cuenta que ya se cuenta con el diseño con las dimensiones especificadas, habrá que cortar, soldar, unir, lijar y hasta programar correctamente el dispositivo y con este procedimiento se va adquiriendo experiencia en el uso de este tipo de tecnología de control numérico.

Lo primero que se realiza es la recopilación de las piezas a utilizar, preparar el equipo necesario para elaborarlo. Por ejemplo, el uso de torno, cortadora de mesa, talado, vernier, regla, esmeril, machuelos, todo con su respectivo equipo de protección (Hibbeler,2011).

Algunas de las piezas adquiridas son los Motores a pasos NEMA 17, bandas y poleas, llantas de desplazamiento y balero, ángulo de aluminio, perfiles de aluminio, sensores de límite de carrera, etc.

Se inicia uniendo la estructura base, la cual son los perfiles de aluminio, uniéndolos con tornillos y con partes del ángulo de aluminio adquirido. Después, se elaboran las bases de los motores, y la base donde va montado el láser y el ventilador. Dichas piezas se van adhiriendo a la base con tornillos de distintos diámetros, dependiendo del tamaño de la pieza a agregar.



**Figura 4.** Elaboración física y mecánica terminada.

### **Etapas de control y montaje.**

Cuando lo mecánico está completamente terminado, se procede a montar los dispositivos de control, como es la fuente de energía, el láser, los sensores de límite de carrera y el Arduino con su respectivo controlador.

Cuidando que ningún circuito se encuentre a tierra o abierto, para esto nos apoyamos de un multímetro, posteriormente se monta el Arduino con la programación correcta y el controlador, el cual les dará las señales a los sensores de límite de carrera y a los motores para que la base se desplace (González, 1985).



**Figura 5.** Montaje del láser en el disipador de calor y conexión de los motores y sensores al Arduino.

## **3. Desarrollo.**

### **Proceso de fabricación física.**

- **Recolección y compra de piezas a utilizar.**

Nos apoyamos en dos fuentes para conseguir las piezas, la primera es en forma de envío a través de mercado libre por ejemplo al adquirir el láser, ya que además de ser más barato es más accesible que en una tienda local o física. Para piezas más fáciles de obtener iremos a diferentes tiendas dependiendo de qué pieza queramos conseguir.

- **Proceso de trazado y corte.**

En esta etapa al contar con los materiales necesarios, en especial con el ángulo de aluminio al cual se realizaron los primeros trazos y cortes necesarios, con una cortadora idónea para esto. Estos cortes fueron hechos dependiendo de las longitudes marcadas en el diseño virtual, teniendo las partes del tamaño adecuado se continuó en el trazado de cada

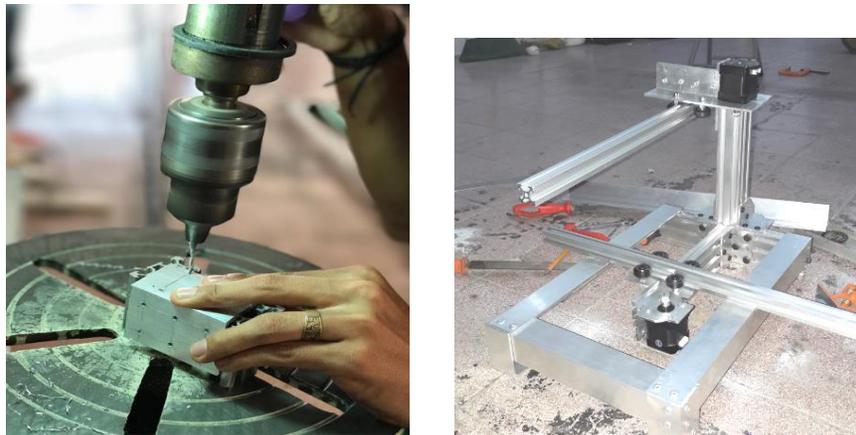
una de las piezas obtenidas, ya que de estas dependerá la estructura del prototipo. El trazo en las piezas de aluminio marcadas, se siguió mediante las especificaciones realizadas en el diseño, y estos trazos se realizaron para poder adecuarlas a la posición, ubicación y orificios adecuados (Gómez ,2012).



**Figura 6.** Corte de aluminio y trazado en piezas de aluminio.

- **Fresado y taladro.**

Al tener las piezas con el tamaño requerido y marcado, se continuó con el maquinado mediante una máquina de fresa y taladro. Permitiendo tener los orificios y características necesarias para adecuarlas a la ubicación de uso y estas permitan un ensamble correcto y sin obstrucciones.



**Figura 7.** Taladro en las piezas y fresado en piezas.

- **Ensamble de la estructura.**

El proceso de ensamble se realizó una vez teniendo todas las piezas preparadas y maquinadas con anterioridad. Teniendo algunas piezas como el motor a pasos y llantas de desplazamiento se ensambló con las piezas de aluminio, mediante tonillos y espaciadoras excéntricas para poder utilizarlas más adelante, después de tener la base del CNC ensamblada (Chernov, 1974).

En el ensamble de la estructura base, se utilizaron los perfiles de 20x20 y 20x40, estos perfiles fueron ensambladas por uniones temporales con junto con las piezas de aluminio, en las cuales se usaron tornillos alién y tuercas. Los perfiles y piezas fueron ubicados en la posición especificada y adecuadas a los orificios señalados en el diseño. Con las cuales se logró la estructura principal en la cual trabajaran los motores y desplazamiento de llantas, con piezas de aluminio también se logró sustentar los apoyos y la armadura completa, en las cuales se acudieron a remaches (Hibbeler, 2011).

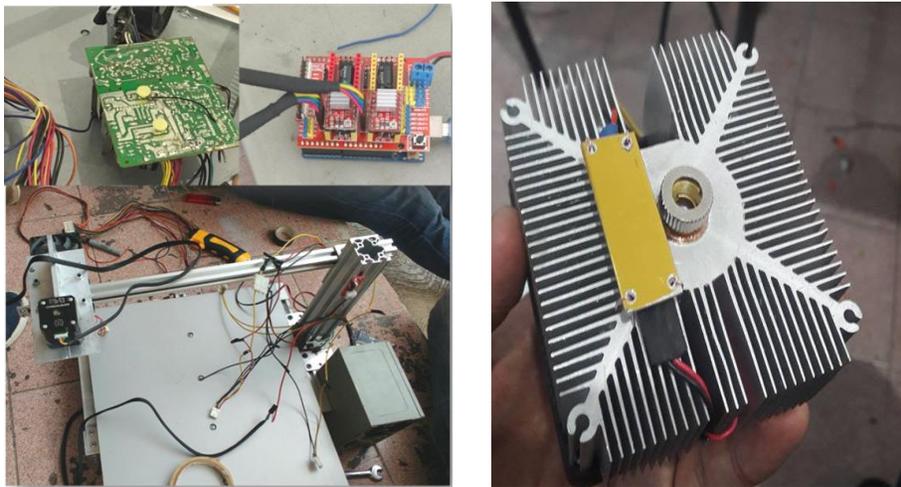


**Figura 8.** Ensamble de piezas de aluminio y perfiles y ensamble mecánico terminado.

- **Adaptación de control electrónico.**

En la etapa de control electrónico, se agregaron las piezas compradas faltantes para usar, como motores, bandas, driver, fuente, etc. en las cuales se unieron una tarjeta de adquisición de datos con el driver para poder realizar la conexión de los motores y límites de carrera que se montarán en los perfiles y ver que estos cumplan el movimiento y funcionamiento adecuado.

Para el funcionamiento adecuado y deseado de los motores se tuvieron que establecer los pasos por milímetro, adecuados para la banda. Continuando con la instalación electrónica, se conectaron los límites de carrera que determinarían el límite de alcance para la grabadora láser. y posteriormente se agregó el láser ajustado a un disipador y ventilador, en la cual también se realizó la conexión del control PWM del láser y todas estas añadidas a la fuente de energía (González, 1985).



**Figura 9.** Instalaciones de T. de Ad. de datos, fuente y driver; conexión láser, disipador y PWM.

- **Prototipo láser terminado.**

Con tanto con la base y las conexiones necesarias para la utilización y funcionamiento del láser, el prototipo estaba completo, por lo cual mediante la tarjeta de adquisición de datos y un ordenador se mantiene el contacto para que el láser y motores se desplacen en el sentido, dirección e intensidad que se requiere y así lograr el funcionamiento que se esperaba.

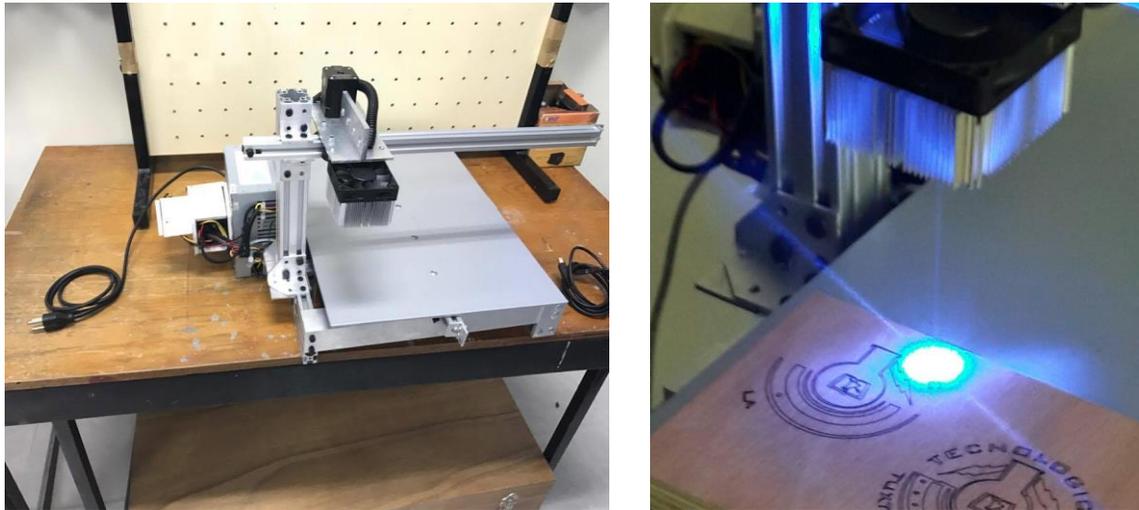


Figura 10. Presentación final del prototipo.

### Proceso de prueba y ajustes.

El proceso de prueba de funcionamiento del láser, es una parte esencial para poder cerciorarse de cualquier anomalía que pueda existir, la cual se presentó en la primera prueba de grabado en madera del CNC, en la cual la banda no tenía el ajuste de tensión necesario lo que propició que el diseño grabado no fuera el más óptimo y tuviera un desfase en la visualización. Y por lo cual se hicieron los ajustes pertinentes (Krar, et al. ,2002).

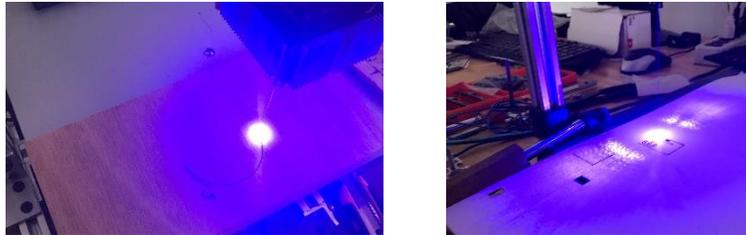


Figura 11. Proceso de pruebas finales.



Figura 12. Resultados obtenidos.

### Conclusiones.

El área de conocimiento del control numérico es bastante extensa puesto que incluye herramientas, principios de funcionamiento y demás aplicaciones de las máquinas de control numérico. Así, de la misma manera se ve su amplia importancia en el sector industrial y también educativo. Las máquinas-herramienta hacen el trabajo industrial más sencillo, práctico y económico para la organización que las emplea. Es una forma de hacer un trabajo eficaz, eficiente y efectivo. Con esta técnica se han podido lograr diferentes objetivos con más exactitud y precisión que antes, cuando

se utilizaba la mano de obra humana.

Se logró fabricar un dispositivo que graba sobre distintos materiales a través de un láser y el control numérico por computadora, el cual posee una excelente relación entre tamaño y precio. Además de ser preciso y eficiente.

### Referencias Bibliográficas.

**Alique, Ramón. (1981).** Control Numérico de las máquinas herramienta. UNAM. pp.221.

**Arriaga, Leobardo. (1999).** Las máquinas herramienta con control numérico. IPN. pp.172.

**Chernov. (1974).** Máquinas herramientas para metales. Editorial Mir. pp.44.

**Gómez González Sergio. (2012).** “SolidWorks”, Ed. Alfaomega México, 12da.

**González, Juan. (1985).** El control numérico y la programación manual de las máquinas-herramienta con control numérico. Editorial Urmo. pp.134.

**Hibbeler Russell C., (2011).** “Mecánica de materiales”, Ed. Pearson México, 8va.

**Krar, et al. (2002).** Tecnología de las máquinas herramienta. Editorial Alfa omega. 5ª edición. pp.869.

### Información de los autores.



**Hernán Valencia Sánchez,** Licenciatura en Ingeniería Mecánica y con un Posgrado en Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica Egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Jefe de Proyectos de Investigación del Departamento de Metal-Mecánica, Docente del Departamento de Metal-Mecánica del Instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



**Roberto Carlos García Gómez,** Licenciatura en Ingeniería Mecánica, con tres posgrados: Especialidad en Mecatrónica, Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica, Doctorado en Procesos de Manufactura. Egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Jefe de Proyectos de Vinculación del Departamento de Metal-Mecánica, Docente del Departamento de Metal-Mecánica del Instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



**Diego Guadalupe Díaz Santiago**, Alumno de séptimo semestre de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, su participación en el proyecto fue en el área de ensamblaje, así como también en la aplicación del software utilizado.



**José Luis García Hernández**. Alumno de séptimo semestre de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, su aporte fue en la etapa de elaboración física del prototipo, colaboración bibliográfica, programación Arduino y diseño en Solidworks.



**Carlos Eduardo Juárez Hernández** Alumno de séptimo semestre de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Su participación en el aporte de elaboración física del prototipo, en conjunto con la aplicación del software Solidworks en el área de diseño virtual.



# **Estimación de posición y control de un vehículo aéreo no tripulado para su aplicación en sistemas de aterrizaje de emergencia.**

## **Estimation of position and control of an unmanned aerial vehicle for its application in emergency landing systems.**

Joaquín Domínguez Zenteno (1). Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México, Chiapas, México. [quinolalo@gmail.com](mailto:quinolalo@gmail.com).

Julio Alberto Guzmán Rabasa (2). Estudiante I. T. de Tuxtla Gutiérrez. [quinolalo@gmail.com](mailto:quinolalo@gmail.com).

Francisco Ronay López Estrada (3). I. T. de Tuxtla Gutiérrez. [frlopez@ittg.edu.mx](mailto:frlopez@ittg.edu.mx).

José Ángel Zepeda Hernández (4). I. T. de Tuxtla Gutiérrez. [jzepeda@ittg.edu.mx](mailto:jzepeda@ittg.edu.mx).

Álvaro Hernández Sol (5). I. T. de Tuxtla Gutiérrez. [ing\\_sol10@yahoo.com.mx](mailto:ing_sol10@yahoo.com.mx).

**Artículo recibido en septiembre 20, 2017; aceptado en diciembre 18, 2017.**

### **Resumen.**

*Este trabajo está dedicado al estudio y control de vehículos aéreos no tripulados. El trabajo considera el diseño de sistemas de estimación de posiciones angulares y rotacionales en tiempo para el diseño de controladores de vuelo. El control tiene como objetivo incrementar la seguridad del vehículo y evitar que este caiga (se accidente) ante fallas de sus motores, además para demostrar la aplicabilidad de los métodos propuestos se considera ruido de medición, lo cual a su vez afecta la estabilidad y control de la aeronave. Estos algoritmos son implementados en tiempo real mediante y aplicado a un cuadrotor. Los resultados muestran la efectividad y aplicabilidad de los algoritmos propuestos.*

**Palabras clave:** Vehículo aéreo no tripulado, VANT, control PID, drones aéreos.

### **Abstract.**

*This paper is dedicated to the study and control of Unmanned Aerial Vehicles (UAV). Angular and lineal position estimation systems are considered in order to develop flight controllers. With the goal of shown the applicability of the proposed methods, measured noise is considered, which affects the stability and controllability of the UAV. These algorithms are implemented in real-time in a quadrotor UAV. The results show the effectiveness and applicability of the proposed algorithms.*

**Keywords:** Unmanned aerial vehicle, UAV, PID control, aerial drones.

## **1. Introducción.**

De manera general, los vehículos aéreos son clasificados por su aplicación (militar o civil), peso (micro, medio) y por su forma de ser operados (vehículo aéreo tripulado o no tripulado). Específicamente los vehículos aéreos no tripulados (VANT) o drones aéreos han adquirido gran atención en los años recientes debido principalmente a los avances tecnológicos que facilitan su construcción y control.

Los vehículos aéreos no tripulados (VANT) han sido usados principalmente para uso militar en aplicaciones de vigilancia o ataque de territorio enemigo. Sin embargo, en los últimos años se ha extendido su uso en aplicaciones civiles, por ejemplo, para la detección y monitoreo de incendios en bosques y ciudades (Salvo, 2014), inspección en la construcción de infraestructuras (Roca, 2014), toma de mediciones atmosféricas, inspección de líneas de alta tensión (Jiang, 2013), entre otros (Zhang, 2013). La ausencia total de piloto al interior de los VANT en conjunto con las nuevas tecnologías de diseño, por ejemplo, el uso de impresoras 3D ha permitido su miniaturización. En el mercado se pueden encontrar VANT de diferentes tamaños que van desde unos pocos centímetros de radio hasta algunos metros.

Entre los VANT más populares se encuentran los helicópteros, aviones de ala fija y los cuadrotoros. Este último se ha popularizado debido a que no requiere de constante mantenimiento, y además debido a que el diámetro individual de los rotores es más pequeño (comparado con un helicóptero) por la presencia de cuatro actuadores en lugar de uno solo. Esta característica permite que los cuadrotoros sean más estables que los helicópteros lo cual facilita su modelado y control (Zhang, 2013; Montes de Oca, 2012). Por otro lado, las ecuaciones diferenciales que describen su dinámica son altamente no lineales e inestables debido a que deben considerarse perturbaciones aerodinámicas (Raffo, 2010, Flores, 2014). Una de las desventajas de los cuadrotoros es el alto consumo de energía lo cual limita el tiempo de vuelo del vehículo. Esta desventaja es potencialmente subsanada en los vehículos de ala fija, sin embargo, el diseño de sistemas de control autónomo de este tipo de vehículos es más complejos debido a que elementos de control dependen de las alas, estabilizadores, alerones, rudders, elevadores, flaps, spoilers y del sistema de propulsión, mientras que en un cuadrotor depende de los rotores.

Por otro lado, los modelos matemáticos que representan las características dinámicas de este tipo de vehículos son altamente complejos y no lineales. Más allá del problema de modelado surge también el reto de diseñar VANT con sistemas de vuelo confiable y seguro. Como fue reportado por la secretaría de la defensa de los Estados Unidos, el desarrollo de sistemas que permitan detectar averías (fallas) y que contribuyan al desarrollo de sistemas de vuelo inteligentes es un paso crucial en el desarrollo de VANT autónomos y confiables (Secretary of Defense, 2002). Este tipo de comportamientos anormales pueden ser identificados, y en su caso aislados, mediante sistemas de detección de fallos, de manera que pueda garantizarse el desempeño y la seguridad del sistema durante todo el tiempo de vuelo (López-Estrada, 2014).



**Figura 1.** Vehículos aéreos diseñados en Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Sobre la base de conocimiento del proponente del proyecto, en el ITTG se diseñan vehículos aéreos no tripulados de diferentes clases (multirotores, helicópteros y aviones), así mismo sistemas de control de vuelo autónomo. Importante remarcar que este tipo de sistemas no ha sido investigado a fondo, y representa un área de oportunidad para desarrollar investigación de frontera (a nivel teórico y aplicada) que conlleve al desarrollo de sistemas que mejoren la confiabilidad y seguridad, que puedan ser aplicados no solo en VANT, sino también en sistemas similares. Este es el tipo de investigación que se desarrolla en este trabajo.

## 2. Métodos.

En ingeniería se utilizan modelos matemáticos para describir sistemas físicos, su iteración con el mundo real y su dinámica a través de relaciones matemáticas. En ingeniería de control existen dos razones principales para obtener el modelo matemático, por ejemplo, en el caso de VANT; un modelo permite evaluar las características del futuro de la aeronave en cuestión o su comportamiento en diferentes condiciones. Por otro lado, el modelo matemático permite diseñar algoritmos de control que garanticen el desempeño y la confiabilidad del dron aéreo en diferentes situaciones y condiciones, optimizar recursos, evitar daños o pérdidas totales del vehículo en experimentos reales, reducir los costos del mismo, explorar nuevas soluciones de control, incrementar los ciclos de innovación, entre otros. Lo anterior hace que las técnicas de control basados en modelos se vuelvan muy atractivas para la industria ya que se logra un ahorro de dinero y tiempo en el desarrollo de nuevos prototipos que acelerara la validación y ensamblaje de los mismos.

Los VANT usualmente son modelados como un conjunto de ecuaciones diferenciales de la forma siguiente (Bresciani, 2008):

$$\dot{x}(t) = f(x(t), u(t)) \quad (1)$$

Donde  $x(t)$  es el vector de estados,  $u(t)$  es la entrada de control y  $f$  es una función de  $x(t)$ ,  $u(t)$  y el tiempo  $t$ .

El modelo de un VANT está formado por tres partes principales que comprenden la dinámica de los motores, la aerodinámica y la dinámica del cuerpo. De forma general, las entradas del sistema son: las velocidades de los rotores o la entrada de voltaje a éstos motores, las velocidades actuales de los rotores, la dinámica de las propelas, fuerzas y momentos aerodinámicos actuando sobre el cuerpo y la velocidad rotacional. Sin embargo, debido a que un VANT tiene más grados de libertad que entradas de control, éste pertenece a una clase particular de sistemas subactuados (Zheng, 2014). Esta condición hace de un dron aéreo un sistema altamente inestable, no obstante el sistema sobreactuado puede estabilizarse y controlarse. Más aún, debido a la dinámica rápida del motor con respecto a la dinámica del cuerpo, éste no es necesario introducirlo en el diseño del controlador principal. En un enfoque inicial, un VANT se modela como un cuerpo rígido el cual se encuentra inmerso en un fluido y cuyo desplazamiento se realiza en un espacio tridimensional el cual es controlado mediante la fuerza de empuje a lo largo de una dirección que genera el movimiento de traslación y un torque que genera el movimiento de rotación. En un VANT real, estas entradas de control son generadas mediante propelas (por ejemplo cuadrotores y hexadrotores), elevadores o alerones (por ejemplo aviones), o mecanismos *swashplate* (por ejemplo helicópteros).

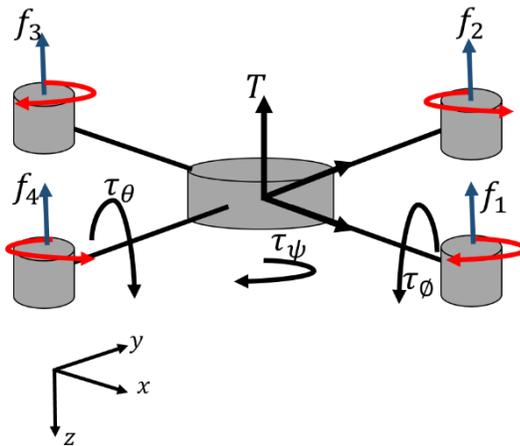
La dinámica traslacional se modela como la dinámica de un cuerpo rígido con masa  $m$ , el cual está sujeto a fuerzas externas aplicadas al centro de masa del vehículo. Estas ecuaciones son deducidas aplicando la segunda ley de Newton, de manera tal que:

$$\sum F_i = m\dot{v} \quad (2)$$

Donde  $F_i$  son las fuerzas externas aplicadas al vehículo,  $v=(v_x, v_y, v_z)$  las velocidades en cada uno de los ejes. Por otro lado, la dinámica rotacional se deduce mediante la aplicación de la suma de momentos, de manera que:

$$\sum M_B = J\dot{\Omega} + \Omega \times \Omega \quad (3)$$

Entre los VANT, el más popular es el de tipo cuadrotor. Este vehículo está compuesto por cuatro rotores, los cuales al cambiar la velocidad de cada motor producen el desplazamiento inercial y rotacional del vehículo. Por ejemplo, las fuerzas y momentos que actúan sobre un cuadrotor se aprecia en la figura 2.



**Figura 2.** Diagrama de fuerzas y momentos actuando sobre un cuadrotor.

Las ecuaciones de movimiento son obtenidas tras aplicar la sumatoria de fuerzas y momentos (2) y (3). El vector de posición es representado mediante las siguientes variables  $(x,y,z)$ , el vector de velocidad es dado por  $(v_x, v_y, v_z)$ , los ángulos con respecto a los movimientos “roll”, “pitch” y “yaw” están representados por  $(\phi, \theta, \psi)$ , de manera que la dinámica del vehículo es representada mediante un conjunto de 12 estados y cuatro entradas de control

$$x = [x, y, z, v_x, v_y, v_z, \phi, \theta, \psi, p, q, r], u = [T, \tau_\phi, \tau_\theta, \tau_\psi]$$

Considerando lo anterior, el modelo no lineal se obtiene de la forma

$$\left. \begin{aligned} \dot{x} &= v_x \\ \dot{y} &= v_y \\ \dot{z} &= v_z \\ \dot{p} &= \frac{\tau_\phi}{I_x} + \frac{I_y - I_z}{I_x} qr + \tau_{Ax} + \frac{I_r}{I_x} q\Omega_r \\ \dot{q} &= \frac{\tau_\theta}{I_y} + \frac{I_y - I_x}{I_y} pr + \tau_{Ay} + \frac{I_r}{I_y} p\Omega_r \\ \dot{r} &= \frac{\tau_\psi}{I_z} + \frac{I_y - I_x}{I_z} pq + \tau_{Az} \\ \dot{\phi} &= r \tan \theta \cos \phi + p + q \tan \theta \sec \phi \\ \dot{\theta} &= q \cos \phi - r \sin \phi \\ \dot{\psi} &= r \sec \theta \cos \phi + q \tan \theta \sec \phi \\ v_x &= F_{Ax} - (\cos \psi \sin \theta \cos \phi + \sin \psi \sin \phi) \frac{T}{m} \\ v_y &= F_{Ay} - (\cos \psi \sin \phi - \sin \psi \sin \theta \cos \phi) \frac{T}{m} \\ v_z &= F_{Az} + g - (\cos \theta \cos \phi) \frac{T}{m} \end{aligned} \right\} (4)$$

Donde  $\Omega_r$  representa las velocidades angulares  $I_r$  los momentos de inercia sobre los ejes (Hamel, 200; Jurado, 2008; Mahony, 2012). Note que el modelo dinámico en (4) es altamente no lineal y complejo.

Una variable importante a considerar en el diseño de sistemas de control de VANT es la medición de la posición rotacional y traslacional en tiempo real. En entornos abiertos esta información es proporcionada por el sistema de posicionamiento global (GPS), sin embargo en entornos cerrados o cuando se encuentran árboles o edificios cercanos no es posible obtener información de estos sensores.

Existen trabajos importantes que han logrado medir la posición de un VANT en un entorno cerrado mediante cámaras con alto grado de exactitud. Existen sistemas completos para este propósito como lo son los sistemas de cámaras infrarrojas de VICON, u OPTITRACK; su principal desventaja son los elevados costos, de alrededor de \$800,000 (ochocientos mil pesos), la versión modesta.

Una alternativa a estos sistemas es la utilización de la información que es proporcionada por el sistema inercial del cuadrotor, el cual mide desplazamientos angulares y lineales en pequeños instantes de tiempo. Asumiendo que la información de los sensores es transmitida en tiempo real hacia un centro de control, es posible estimar con aceptable grado de exactitud la posición y orientación del vehículo mediante la llamada matriz de inercia descrita por la siguiente ecuación:

$$R_I = \begin{bmatrix} \cos \psi \cos \theta & \cos \psi \sin \theta \sin \phi - \sin \psi \cos \theta & \cos \psi \sin \theta \cos \phi + \sin \psi \sin \phi \\ \sin \psi \cos \theta & \sin \psi \sin \theta \sin \phi + \cos \psi \cos \theta & \sin \psi \sin \theta \cos \phi + \cos \psi \sin \phi \\ -\sin \theta & \sin \phi \cos \theta & \cos \theta \cos \phi \end{bmatrix} \quad (5)$$

Debido a la naturaleza inestable del VANT es necesario diseñar un sistema de control tanto para la parte rotacional como traslacional. En trabajos previos presentados en (López-Estrada et al, 2014, López-Estrada et al, 2015) se propuso un esquema de control retro-alimentado para seguimiento de trayectorias, detectar y compensar fallas como se muestra en la fig. 2. En este tipo de controlador la respuesta del sistema tiene la siguiente función objetivo:

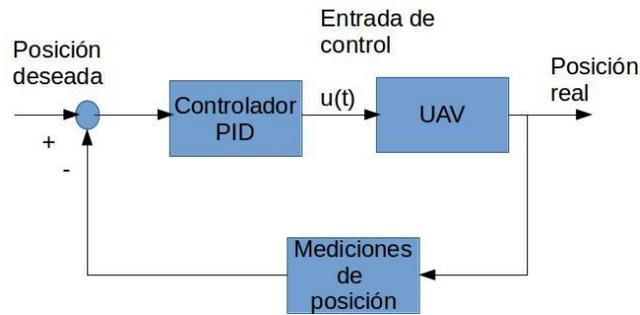
$$\lim_{t \rightarrow \infty} y(t) := \omega(t) \quad (6)$$

Donde  $\omega(t)$  representaba la posición deseada.

Debido a que este tipo de sistemas dinámicos es afectado por perturbaciones externas o ruidos, por lo cual un sistema de control debe ser capaz de permanecer estable aún bajo éstas condiciones. Además, un sistema de control debe eliminar o atenuar estas perturbaciones, condiciones más importantes de robustez que deben de alcanzarse son:

- Perturbaciones aerodinámicas
- Ruido de medición

Para alcanzar estos objetivos las técnicas de control robusto  $H_\infty$  han demostrado ser las más eficientes como se discute en (López-Estrada, 2015). Una desventaja de los métodos  $H_\infty$  es que son difíciles de implementar en forma práctica. Una alternativa viable y fácil de implementar es mediante un controlador PID. Un controlador PID es un controlador de tres términos que tiene una larga historia en el campo de control automático, el nemónico PID se refiere a las primeras letras de los nombres de sus términos individuales, estos son P por la parte proporcional, I por la parte integral y D por la parte derivativa. Un esquema de control retroalimentado aplicado al cuadrotor considera mediciones en tiempo real de las posiciones lineales y angulares (ver Figura 3), y con base a esta información se realiza una acción de control para alcanzar una posición o posiciones deseadas de la aeronave.



**Figura 3:** Sistema de control retroalimentado.

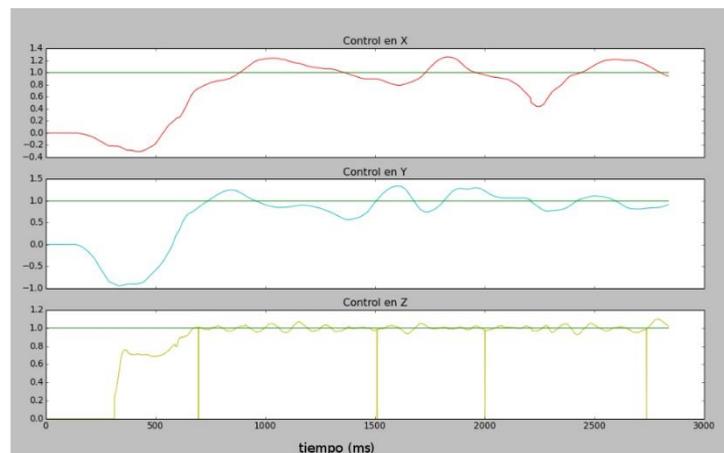
El éxito de los controladores PID también es debido al hecho de que usualmente representan el componente fundamental de sistemas de control más sofisticados, que pueden ser implementados cuando una ley de control básica no es suficiente para obtener el desempeño requerido. La siguiente ecuación define la acción de control de un controlador PID digital:

$$u(t) = K_p(X_{des} - X_{t-1}) + K_D(\dot{X}_{des} - \dot{X}_{t-1}) + K_I \int_0^t (X_{des} - X_{t-1}) dt' \quad (7)$$

Donde  $u(t)$  es la entrada de control al VANT,  $K_p$ ,  $K_D$ , y  $K_I$  son las ganancias proporcional, integral y derivativa, respectivamente.  $X_{des}$  es la posición deseada y  $X_{t-1}$  las posiciones reales estimadas por la matriz de rotación.

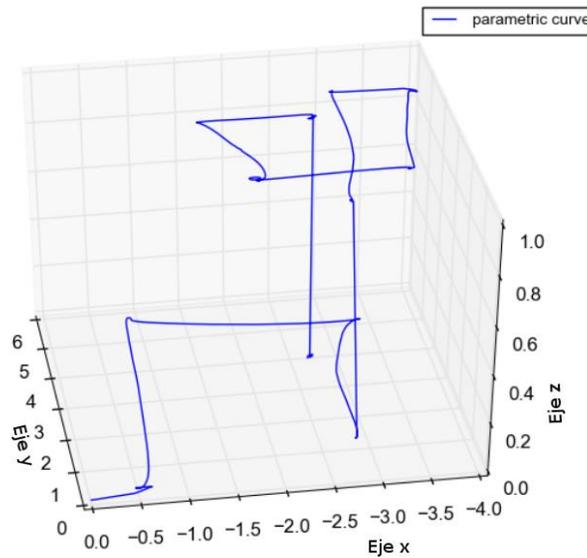
### 3. Resultados.

Con el objetivo de mostrar la efectividad del algoritmo de control en tiempo real se realizó un experimento considerando posiciones deseadas  $(x, y, z) = (1, 1, 1)$  metros. Los resultados se muestran en la Figura 4,



**Figura 4:** Resultados de control PID en tiempo real.

La Figura 5, muestra resultados obtenidos en tiempo real de la estimación de las posiciones del VANT.



**Figura 5:** Estimación de las posiciones rotacional y traslacional mediante la matriz de rotación.

En esta prueba a cada punto de trayectoria se le asigno 5m como referencia. Como se observa es posible estimar la posición en un espacio 3D utilizando la ecuación de rotación. Para validar los datos estimados, la trayectoria real fue medida con un flexómetro, el error entre las mediciones reales y estimadas es de 2%, el porcentaje de error es aceptable y por lo tanto muestra la efectividad de los algoritmos de estimación diseñados.

Como puede observarse en la figura 5 el VANT al realizar el desplazamiento necesario de forma autónoma para alcanzar las posiciones de referencia. A pesar de que existe un error en cuanto al control de posición en los ejes x y, este sigue siendo pequeño por lo que no afecta la efectividad del algoritmo propuesto.

Importante destacar que estos resultados fueron obtenidos en tiempo real. Para mejorar los resultados se realizarán trabajos futuros implementando controladores más avanzados como un  $H_{\infty}$  para reducir el error provocado por las perturbaciones aerodinámicas.

## Conclusiones.

Como se estudió en secciones anteriores, el uso de vehículos aéreos no tripulados con fines lúdicos o de investigación se ha extendido ampliamente en los últimos años. Esto ha generado el uso de drones aéreos en entornos urbanos donde la seguridad es un factor importante. La poca confiabilidad de los VANT actuales representa un obstáculo para aplicaciones que requieren alto grado de confiabilidad y precisión; por ejemplo, la toma de muestras en ambientes extremos (calor, viento, salinidad), misiones de reconocimiento, superstición de cultivos, paquetería, entre otros. La secretaría de la defensa de los Estados Unidos (EUA) reconoce esta deficiencia e identifica el desarrollo de sistemas de auto-reparación y control de vuelo inteligente como un paso crucial para lograr la autonomía de los VANT. Concluye que “mejorar la fiabilidad de los VANT es la única forma de garantizar su éxito a mediano y largo plazo” (Oficina de la Secretaría de la Defensa, 2002). Por su parte La Dirección General de Aeronáutica Civil de la Secretaría de Comunicaciones y transporte (SCT) emitió la circular CO AV-23/10 R2, en donde actualizó los criterios que regulan la operación de los drones aéreos a fin de preservar la seguridad del público y de los operadores. Para lograr estos objetivos es importante el diseño de controladores seguros y confiables que puedan implementarse en tiempo real como los presentados en este trabajo. En ese mismo sentido parte un aspecto fundamental es la aplicación de sistemas de aterrizajes de emergencia el cual es un tema de interés por el impacto en la seguridad de las personas, el vehículo y terceros que puedan estar en peligro potencial.

Como se demostró a través de los resultados presentados, mediante la información proporcionada por la central inercial y algoritmos matemáticos, es posible diseñar sistemas de vuelo seguro. Estos sistemas representan un paso importante al desarrollo de sistemas completamente autónomos que nos permitan navegar en entornos cerrados y abiertos. Al respecto en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, se realiza investigación de frontera incluyendo a estudiantes de licenciatura y posgrado, con los cuales se han obtenidos resultados prometedores en el diseño de sistema autónomos.

### Agradecimientos.

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto, por las facilidades y los materiales otorgados para llevar a cabo este trabajo a través del proyecto 6210.17-P de la convocatoria de Apoyos a la Investigación Científica y Tecnológica 2017.

### Referencias Bibliográficas.

- Flores Gerardo, Shuting Zhou, Rogelio Lozano, and Pedro Castillo. (2014).** *A vision and gps-based real-time trajectory planning for a mav in unknown and low-sunlight environments.* Journal of Intelligent & Robotic Systems, 74(1-2):59–67.
- Hamel, T., Mahony, R., Lozano, R., and Ostrowski, J. (2002).** *Dynamic modelling and configuration stabilization for an x4-<sub>yer</sub>.* International Federation of Automatic Control Symp. IFAC), 1(2):6.
- Jiang, W., Wenkai, F., and Qianru, L. (2013).** *An integrated measure and location method based on airborne 2d laser scanning sensor for uav's power line inspection.* In Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA), 2013 Fifth International Conference on, pages 213-217. IEEE.
- Jurado, F., Castillo-Toledo, B., and Di Gennaro, S. (2008).** *Stabilization of a quadrotor via takagi-sugeno fuzzy control.* In *The 12th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics.*
- López Estrada F. R., J. C. Ponsart, D. Theilliol, Y. Zhang, C. M. Astorga-Zaragoza, (2015).** *Robust Sensor Fault Diagnosis and Tracking Controller for a UAV Modelled as LPV System.* Submitted to the Journal of Intelligent & Robotic Systems, Springer.
- López-Estrada F.R., J.C. Ponsart, D. Theilliol, C. M. Astorga-Zaragoza, and Y. Zhang, (2014).** *Robust Sensor Fault Diagnosis and Tracking Controller for a UAV Modelled as LPV System.* The 2014 IEEE International Conference on Unmanned Aircraft Systems, ICUAS'14. Orlando, Florida, USA.
- Mahony, R., Kumar, V., and Corke, P. (2012).** **Multicopter aerial vehicles: Modeling, estimation, and control of quadrotor.** IEEE Robotics & amp Automation Magazine, (19):20-32.
- Mistler, V., Benallegue, A., & M'sirdi, N. K. (2001).** *Exact linearization and noninteracting control of a 4 rotors helicopter via dynamic feedback.* In *Robot and Human Interactive Communication, 2001.* Proceedings. 10th IEEE International Workshop on (pp. 586-593). IEEE.
- Montes de Oca, S., Tornil-Sin, S., Puig, V., & Theilliol, D. (2014).** *Fault-tolerant control design using the linear parameter varying approach.* International Journal of Robust and Nonlinear Control, 24(14), 1969-1988.
- Office of the Secretary of Defense.** *Unmanned aerial vehicles roadmap 2002-2027.* Technical report, Washington, DC, 2002.
- Roca, D. Lagüela, S. Díaz-Vilariño, L. Armesto, J. and Arias, P (2013).** *Low-cost aerial unit for outdoor inspection of building facades.* Automation in Construction, 36:128-135.

**Salvo, G., Caruso, L., and Scordo, A (2014).** *Urban traffic analysis through an UAV.* Procedia-Social and Behavioral Sciences, 111:1083–1091.

**V, Guilherme. Raffo, Manuel G. Ortega, and Francisco R. Rubio.** *An integral predictive/nonlinear  $H^\infty$  control structure for a quadrotor helicopter.* Automatica, 46(1):29–39, 2010.

**Wang, J. L. G-H. Yang, and J. Liu. (2007).** *An LMI approach to index and mixed fault detection observer design.* Automatica, 43(9):1656–1665.

**Zhang, Y.M. A. Chamseddine, C.A. Rabbath, B.W. Gordon, C.-Y. Su, S. Rakheja, C. Fulford, J. Apkarian, and P. Gosselin. (2014).** *Development of advanced FDD and FTC techniques with application to an unmanned quadrotor helicopter testbed.* Journal of the Franklin Institute, 350(9):2396–2422, November 2013.

### Información de los autores.



**Joaquín Eduardo Domínguez Zenteno** es Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Toluca, Ingeniero en Electrónica con especialidad en Instrumentación y Control por el Instituto Tecnológico de Nuevo León, en Cd. de Guadalupe, Nuevo León. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y Jefe de Proyectos de Vinculación de Ingeniería Electrónica. Es investigador desde 2009 y colabora en la línea de investigación de “Instrumentación” de Ingeniería Electrónica.



**Julio Alberto Guzmán Rabasa** tiene la Licenciatura en Ingeniería Mecánica y un Posgrado en Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica Egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, actualmente se encuentra cursando el Doctorado en Ciencias de la Ingeniería en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



**Francisco Ronay López Estrada** recibió su Doctorado en Ciencias en Control Automático por la universidad de Lorraine, France, en 2014, y su doctorado en Ciencias en Ingeniería Electrónica por el Centro Nacional de Investigación (CENIDET) en 2015. Recibió

el grado de maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica por el CENIDET en 2008. Ha sido profesor del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 2008 adjunto al departamento de Ingeniería Electrónica. Sus intereses de investigación son: Los sistemas lineales de parámetros variantes, sistemas de detección de fallas, sistemas descriptores, control de procesos y control de vehículos aéreos no tripulados.



**José Ángel Zepeda Hernández** es Ingeniero Industrial en Eléctrica y Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez e investigador desde 1999, Imparte cátedra en el área de Ingeniería Electrónica y la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica en el ITTG, donde imparte las asignaturas de Diseño con Transistores y Electrónica Básica respectivamente. Líder de la Línea de Investigación y Generación del Conocimiento “Instrumentación”.



**Álvaro Hernández Sol** es Ingeniero en electrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y es investigador desde 1997. Siendo Jefe de proyectos de investigación de ingeniería electrónica desde el 2001. Fundó y asesora el “Club de robótica del ITTG”. Colabora en la línea de investigación de “Robótica” de Ingeniería electrónica. Dirige el área de trabajo en “sistemas aéreos autónomos”. Ha realizado investigaciones en el área de los sistemas alternativos de comunicación y en sistemas robóticos, Así como en sistemas traductores de lenguaje.

# **Guante traductor de lenguaje de señas mexicano para personas sordomudas.**

## **Mexican Sign Language Translator Glove for Deaf-mutes.**

Álvaro Hernández Sol (1).

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México, Chiapas, México.

[ing\\_sol10@yahoo.com.mx](mailto:ing_sol10@yahoo.com.mx).

Gilberto Díaz Collazo (2). Estudiante, I. T. de Tuxtla Gutiérrez. [lire77@hotmail.com](mailto:lire77@hotmail.com).

Fidel Alberto Trujillo Miceli (3). Estudiante, I. T. de Tuxtla Gutiérrez. [zeta\\_musume@hotmail.com](mailto:zeta_musume@hotmail.com).

José Ángel Zepeda Hernández (4). I. T. de Tuxtla Gutiérrez. [jzepeda@ittg.edu.mx](mailto:jzepeda@ittg.edu.mx).

Raúl Moreno Rincón (5). I. T. de Tuxtla Gutiérrez. [rmoreno@ittg.edu.mx](mailto:rmoreno@ittg.edu.mx).

Francisco Ronay López Estrada (6). I. T. de Tuxtla Gutiérrez. [frlopez@ittg.edu.mx](mailto:frlopez@ittg.edu.mx).

**Artículo recibido en julio 11, 2017; aceptado en agosto 28, 2017.**

### **Resumen.**

*El presente artículo describe el diseño de un par de guantes traductor para personas sordomudas, que tienen problemas de habla, debido a enfermedades o accidentes. Al utilizar este prototipo las personas podrán establecer un medio de comunicación con todas las personas normo-oyentes que desconocen el lenguaje de señas mexicano. Los movimientos de las manos son traducidas y sintetizadas a voz. Se adaptó un par de guantes comerciales con sensores, un sistema de traducción y un sintetizador de voz. Se utiliza sensores flex, acelerómetros y giroscopios para determinar las frases que son expresadas por el movimiento de las manos. Para posteriormente ser enviadas al sintetizador de voz que las reproduce. Se realizaron pruebas con personas que tienen problemas del habla por nacimiento, logrando la traducción de 20 frases que fueron reproducidas por el sistema. Un requisito indispensable para usar este prototipo es el de tener conocimientos en el lenguaje de señas mexicano para sordo mudos. La finalidad de este prototipo es que la persona con la incapacidad de hablar pueda darse a entender a pesar de usar su propio lenguaje.*

**Palabras claves:** Guante traductor, traductor de lenguaje de señas mexicano, sordomudo.

### **Abstract.**

*This paper describes the design of a pair of translating gloves for deaf mutes people who have speech problems due to illness or accidents. When using this prototype, people will be able to establish a way of communication with all the normal-hearing people who do not know the Mexican sign language. Hand movements are translated and synthesized into voice. A pair of comercial gloves was adapted with sensors, a translation system and a voice synthesizer. It uses flex sensors, accelerometers and gyroscopes to determine the phrases that are expressed by the movement of the hands. They can then be sent to the speech synthesizer that reproduces them. Tests were performed with people who have speech problems by birth, achieving the translation of 20 phrases that were reproduced by the system. An indispensable requirement to use this prototype is to have knowledge in Mexican sign language for deaf*

*mute. The purpose of this prototype is that the person with the inability to speak can be understood despite using his own language.*

**Keywords:** Translator gloves, Mexican sign language translator, deaf-mute.

## 1. Introducción.

La comunicación es fundamental para el desarrollo social del ser humano. De hecho, la vida en comunidad no puede concebirse sin la facultad de acceder a la información que se genera en los diferentes entornos. Entre las diversas formas de comunicación, la expresión oral es la más común y acompaña a la persona, como herramienta de participación, durante toda su existencia.

Cuando, por cualquier motivo, el habla se ve impedida, la posibilidad de alcanzar una verdadera realización social se reduce de manera importante. La dificultad de las personas sordas para comunicarse disminuye su capacidad de interacción social; en consecuencia, su desarrollo educativo, profesional y humano queda restringido seriamente, lo que limita las oportunidades de inclusión que todo ser humano merece, y esto representa un acto discriminatorio.

Las estadísticas del Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática (INEGI, 2010) indican que en México existen 5,739,270 personas alguna discapacidad o problema de salud; de las cuales el 8.3% presentan problemas con el habla y de comunicación, siendo el estado de Chiapas el cuarto estado con personas con esta discapacidad. Con una población de 15714 personas, solo superado por Colima (10.2%) y Morelos (9.6%), San Luis Potosí (9.5%) y Quintana Roo (9.4%).

Como medio de socialización y mecanismo compensatorio, las personas sordas han desarrollado su propio lenguaje, la lengua de señas. Aun cuando ésta permite a las personas sordas comunicarse entre sí, no les facilita la relación con el resto de la comunidad, en especial, con los oyentes que desconocen ese lenguaje (Serafín y González, 2011). Es por esta razón que se pretende entender mejor el lenguaje de señas mexicano (LSM) y facilitar la comunicación entre personas de habla oral y lenguaje de señas.

Bell (1991), describió el competencia traductora como “los conocimientos y habilidades que debe poseer el traductor para llevar a cabo una traducción” y Hurtado (2001) como “la habilidad de saber traducir”. Además como menciona Parkinson S. (2015) “La elección del léxico también estará condicionada por el estilo, ya que lo que quizá encaje con uno determinado no encaja con otro”, es por esta razón que durante el desarrollo del prototipo se verifica las variables necesarias para lograr la identificación de la posición y movimiento de las manos para identificar que palabra o letra que se están formando y de esta forma se reproduzca en voz.

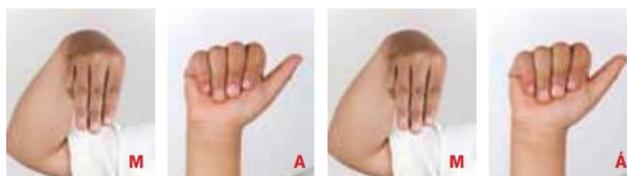
## 2. Métodos.

### Lenguaje de señas mexicano.

Cuando una persona es sorda, o bien, presenta alguna discapacidad de su sistema fono-articulador, se ve en la necesidad de recurrir a alternativas tecnológicas o médicas que le permitan compensar su deficiencia, tales como el aprendizaje del lenguaje a señas, la utilización de audífonos o intervenciones quirúrgicas. Sin embargo, no todas las operaciones resultan exitosas, ni tampoco el audífono puede hacer maravillas, en muchos casos después de algunos años tendrá que cambiarse por otro adaptado a sus nuevas necesidades y se tendrá que hacer un nuevo gasto.

Los sordos tienen un idioma nativo, el lenguaje de señas el cual les permite comunicarse con otros sordos, no se les debe privar de ese lenguaje, ya que les permite comunicarse con sus congéneres y crear comunidades, así como ser aceptados en la sociedad, las ventajas de ser sordo es que puede estar en lugares donde existe mucho ruido o puede estar a gran distancia de su interlocutor y seguirse comunicando sin ningún problema.

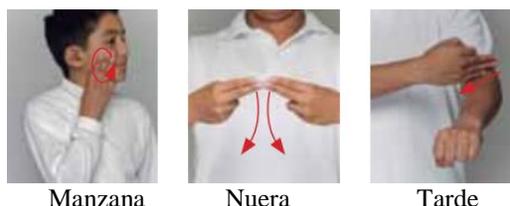
La lengua de señas mexicana está compuesta de la dactilología y los ideogramas. Se conoce como dactilología a lo que bien podría ser el deletreo en la lengua oral, y está representada en este diccionario sobre todo con el abecedario, Cada palabra se puede representar con la articulación de mano correspondiente de cada letra que la conforma. De acuerdo con esto, mamá puede representarse con cada una de sus letras, como se muestra a continuación, ver figura 1.



**Figura 1.** Dactilología.

Mientras los ideogramas representan una palabra con una o varias configuraciones de mano. En este caso entra casi todo el resto de los temas del diccionario; de acuerdo con esta realización, manzana se articula con la letra m de ideograma sobre la mejilla derecha, ver figura 2.

El lenguaje de señas es el medio de comunicación que utilizan las comunidades de sordos. Los sordos buscan una identidad lingüística y cultural al encontrarse con otros sordos, lo cual le permite tener una convivencia de naturaleza visual.



**Figura 2.** Idiogramas.

**Consideraciones.**

Para la realización de este prototipo se consideró que no todas las personas sordomudas de México tienen una sola forma de comunicación, eso quiere decir que no generan la misma simetría de sus palabras entre los mismos sordomudos, así que dentro del proyecto se tomaron en cuenta los siguientes puntos.

- La precisión de sus dedos.
- La aceleración que general el movimiento de sus manos.
- La posición exacta de la palabra que se forme.

Tomando en cuenta lo anterior se utilizaron los materiales de la tabla 1 en el desarrollo del prototipo, ver figuras 3-4.

**Tabla 1.** Dispositivos y función realizada.

Dispositivo	Función
Sensores flex	dactilología
MPU6050	Ideograma
Arduino Nano	Identificación de frases
Modulo Bluetooth	Transmisión remota de frases.
Celular	Sintetizador de voz

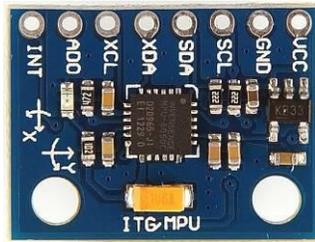


Figura 3. MPU 6050.

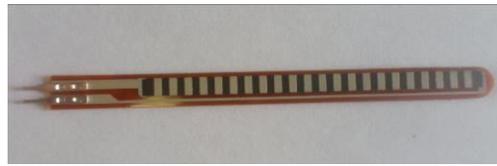


Figura 4. Sensor flex.

El diseño se basa en la elaboración de un par de guantes que envíen datos de la posición de los dedos y del movimiento de las manos a una aplicación Android de un dispositivo móvil y ésta la transforme a voz.

Fue seleccionado el sensor flex, para medir la posición de los dedos, considerando su propiedad de cambiar su resistencia en función a su curvatura (Corona, L., Abarca, G. 2010). Mientras que la medición de la velocidad y movimiento de las manos es sensada usando un acelerómetro y giroscopio.

### Pruebas del sensor flexible.

Los guantes que se diseñó utiliza 10 sensores flex, uno en cada dedo, cada sensor tiene una flexibilidad de  $180^\circ$ , con un rango de 120-10k $\Omega$ . Logrando que el guante tenga la flexibilidad necesaria para que el usuario no tenga ninguna dificultad al colocar los dedos en cualquiera de las posiciones que son necesarias dentro del lenguaje de señas mexicano. Al realizar pruebas de los sensores se graficaron el cambio de curvatura del sensor, ver figura 5. La señal analógica que arrojan es convertida a señales digitales de 0 a 1024 para ser interpretadas por el sistema de control.

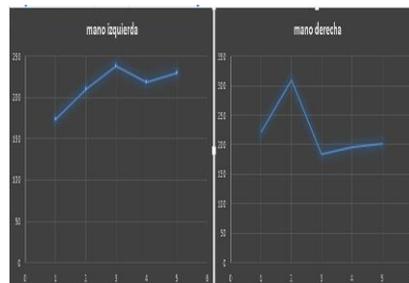
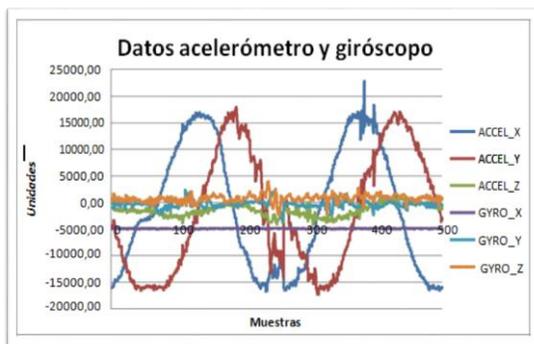


Figura 5. Medición de sensores flex.

### Giroscopio MPU 6050.

Al involucrar el movimiento de las manos se requiere determinar el movimiento de ambas en un plano tridimensional. Se realizaron pruebas del MPU 6050 se utilizaron funciones del software Parallax-DAQ, y se graficaron en Excel. Al tener realizar una serie de movimientos del sensor en su mismo eje se observa la figura 6.



**Figura 6.** Medición de giroscopio.

Las lecturas del giroscopio nos proporciona medidas de velocidad angular, para la obtención del ángulo será necesaria una función que integre dichos valores. Como dice La velocidad angular es la rapidez con la que varía el ángulo en el tiempo y se mide en radianes / segundos. Recordemos que  $2\pi$  radianes es igual a  $360^\circ$ .

La velocidad angular se calcula como la variación del ángulo sobre la variación del tiempo.

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

- $\omega$  = Velocidad angular [rad/s]
- $\Delta\theta$  = Variación del ángulo [rad]
- $\Delta t$  = Intervalo de tiempo [s]

Considerando que la frecuencia es la cantidad de vueltas sobre el tiempo, la velocidad angular también se puede expresar como:

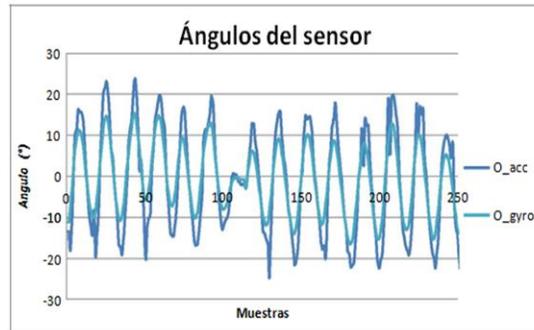
$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

- $\omega$  = Velocidad angular [rad/s]
- f = Frecuencia [Hz]

**Tabla2.** Relación de ángulo.

Núm. De vueltas/ seg	Ángulo	Radianes/seg
1	360	2π
2	720	4π
1/2	180	π

En MCU tanto la velocidad angular como la velocidad tangencial son constantes.



**Figura 7.** Ángulo.

Como se ve en la figura 7 después de eliminar el ruido intrínseco del giroscopio, dado por la velocidad de movimiento de las manos, se realiza la decodificación del movimiento. Para lo cual se considera una posición espacial de referencia que está ubicada sobre el ombligo de la persona que está usando el dispositivo. Y a partir de esta posición se toma en cuenta la trayectoria de cada movimiento de las manos para determinar la frase que se desea transmitir.

### 3. Desarrollo.

#### Red.

La comunicación entre los dispositivos se lleva a cabo utilizando una configuración de red tipo estrella, en el cual existe un maestro y varios esclavos. El maestro controla la comunicación, por medio de una verificación de estado de cada uno de los esclavos. En este caso, cada mano envía su trama a través de un módulo bluetooth esclavo (HC-05) hacia el bluetooth maestro (HC-06) que tiene el controlador maestro. Cuando el controlador determina que frase es la que se ejecutó envía esta información al bluetooth del celular (esclavo) en donde tenemos la aplicación de generación de voz. Ver figura 8.

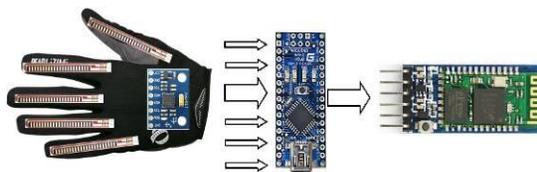


**Figura 8.** Diagrama a bloques del controlador.

#### Guantes.

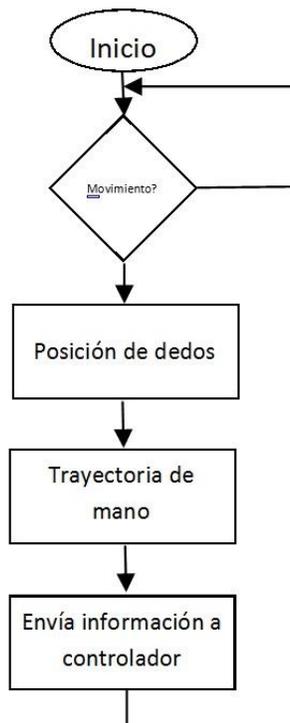
En el diseño del control de frases de los guantes se tiene identificada la posición de cada dedo y la trayectoria que debe seguir cada mano durante la generación de la frase.

Cada guante que se utiliza (2) tiene asignado un número, para identificar la procedencia de los posición de cada uno de los dedos de la mano, sea la mano derecha o izquierda. Cuando el usuario “habla” con las manos, cada guante toman las señales de sus 5 dedos (sensores flex) y del movimiento (giroscopio y acelerómetro) que es procesado por el Arduino nano, que toma estas señales y la convierte en un código de 8 bits. Este código se empaqueta en una trama para ser enviada a través del HC05 (esclavo) a un concentrador que hará la interpretación de la posición y movimientos de ambas manos y con esta información generara el código de frase que será enviada al celular a través del HC06. Ver figura 9.



**Figura 9.** Diagrama a bloques de guantes.

Si no se tiene movimiento de las manos el sistema se mantiene en modo de espera, ver diagrama de flujo de la figura 10.



**Figura 10.** Diagrama de flujo del guante.

Cuando el usuario empieza a mover las manos, se determina la posición de los dedos y se empieza a verificar la trayectoria que sigue las manos a partir de la referencia, cuando se termina el movimiento se verifica con la base de datos y se genera el código, que será enviado en la trama, que incluye un encabezado, mano derecha o izquierda, códigos de la frase y un byte de verificación. El encabezado de un byte está constituido por un identificador (código de identificación de sistema). El byte de número de guante es el código que identifica si el dato es enviado por mano izquierda o mano derecha. El bloque de códigos (posición de dedos y trayectoria de mano) está constituido por dos bytes. Mientras que al final de la trama se coloca un byte de verificación o CHECKSUM. La trama puede observarse en la figura 11.



**Figura 11.** Trama de datos utilizado.

### Controlador.

Está constituido por un Arduino nano y tres bluetooth, ver figura 12, que permiten la comunicación con los dos guantes y el celular. Este controlador siempre está preguntando si alguno de los guantes tiene trama a enviar, cuando alguno de los guantes envía su trama, se almacena. Cuando se tiene ambas tramas se obtiene la información de posición de dedos de ambas manos y sus trayectorias para determinar la frase que se ha ejecutado. Al identificar la frase se envía el código a la aplicación.

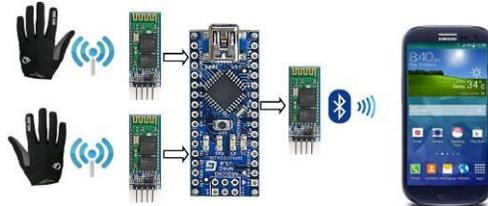


Figura 12. Diagrama del controlador.

### Aplicación Android.

Se diseñó en app inventor la aplicación de reproducción de voz de las frases que se reciben desde el par de guantes traductores de lenguaje de señas. El programa es muy simple, lo primero que hace es conectarse vía bluetooth con el controlador, para quedar en espera de que llegue algún comando de reproducción. Cuando llega el comando se pasa al sistema de reproducción de voz, además de visualizarlo en pantalla. Este comando se guarda en memoria de la aplicación considerando también el tiempo en el que se recibió.



Figura 13. Aplicación.

### Resultados.

En esta investigación se construyeron 2 guantes traductores de lenguaje de señas mexicano, un controlador y la aplicación en Android para llevar a cabo la comprobación del sistema reproductor de LSM a voz. Al utilizar los guantes no representan incomodidades en las manos ya que se diseñaron de tal forma, que son compactos y ligeros.

En la figura 14 se pueden observar los prototipos de guantes diseñados. Ambos guantes, realizan la misma función, pero en cada uno de ellos se determinan trayectorias diferentes dependiendo de las frases que se pueden reconocer.



**Figura 14.** Guantes terminados.

### Pruebas.

Para evaluar la efectividad del prototipo que se desarrolló, se buscó una persona que tuviera el conocimiento del LSM, ya que se requiere comprobar la traducción que se lleva a cabo. Luis Ángel es un joven que tiene el problema de sordera desde nacimiento y por lo consiguiente no pudo desarrollar el habla, y su única forma de comunicación es a través del lenguaje de señas. Toda su familia tuvo que aprender este lenguaje para poder comunicarse con él. Cuando se le presento el prototipo, se tuvieron varios inconvenientes, dentro de los cuales están:

- El ajuste del guante a las manos de Luis.
- La velocidad de sus brazos.

Se le hizo algo incómodo por el tamaño de los guantes que no eran de su talla, ya que se compraron sin considerar ese problema, y ocasionando que los sensores flex, no tuvieran tanta flexión al modificar la posición de sus dedos. Con respecto a la velocidad y trayectorias de las manos para las frases a traducir, Luis Ángel mueve las manos en trayectorias más cerradas y a mayor velocidad a las consideradas por el programador, lo cual ocasiono que el sistema tuviera algunos problemas para identificar las frases. Pero cuando se le pidió que no hiciera las frases tan rápido, el sistema fue capaz de reconocer el 85% de las frases consideradas, ver figura 15.



**Figura 15.** Reconociendo “buenos días”.

### Conclusiones.

Es importante el avance en la enseñanza de lenguas sobre todo cuando se nota el nivel de discriminación que se aplica a las personas sordomudas principalmente al momento de solicitar un empleo, por lo cual tratamos de fomentar que el lenguaje de señas sea tan universal como el hablado ya que así se disminuiría la poca comprensión que tenemos los norma oyentes ante una persona sordomuda. Y de esta misma forma ir reduciendo la discriminación al entender lo que realmente nos expresan y contestar de forma correcta a sus palabras.

Además que durante las pruebas tuvimos la oportunidad de usarlos con una persona sordomuda, por lo cual fue parte

fundamental del proyecto, ya que este trabajo fue especialmente hecho para ellos y por lo tanto fue de su agrado.

Durante la construcción del proyecto se pensó en el uso de los guante en la vida cotidiana y se pensó en lo estorboso que pudiese llegar a ser y por lo tanto se llegó a la conclusión del uso de los guantes de manera inalámbrica, y por lo tanto evitarse todo el cableado, y así tener mejor movilidad en una conversación común y simple, además de que los pocos cables que se llegaron a utilizar, fueron ocultadas con una capa de tela y así darle una apariencia menos tosca. Para la persona que la llegó utilizar fue muy cómodo el uso de los guantes y si se logró el cometido del cual es ayudar a las personas que carecen de sus sentidos auditivos y así puedan darse a entender frente personas normo oyentes.

### Referencias bibliográficas.

**Bell, R. T. (1991).** *Translation and translating*. London: Longman.

**Corona Ramírez Leonel G., Abarca Giménez Griselda S., Mares Carreño Jesús. 2015.** "Sensores y actuadores. Aplicaciones con arduino". Ed.Patria.

**Hurtado Albir, A. (2001).** *Traducción y traductología, introducción a la traductología*. Madrid: Cátedra.

**Parkison, S. (2015).** *Teoría de técnicas de la traducción*. Boletín AESPE no. 31. Centro virtual Cervantes.

**Serafín, María; González, Raúl. (2011).** *Manos con voz, diccionario de lenguaje de señas mexicana*. Consejo Nacional para prevenir la discriminación (CONAPRED).

### Referencias páginas de internet.

**Física Practica. (2011).** "Velocidad angular en movimiento circular uniforme". Recuperado de: <http://www.fisicapractica.com/velocidad-angular-mcu.php>

**Instituto nacional de estadística, geografía e informática (INEGI). (2010).** "Estadísticas de salud, discapacidad y seguridad social". Recuperado de: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mdis03&s=est&c=35212>

### Información de los autores.



**Álvaro Hernández Sol**, es Ingeniero en Electrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y es investigador desde 1997. Siendo Jefe de proyectos de investigación de ingeniería electrónica desde el 2001. Fundó y asesora el "Club de robótica del ITTG". Colabora en la línea de investigación de "Robótica" de Ingeniería electrónica. Y dirige el área de trabajo en "sistemas aéreos autónomos". Ha realizado investigaciones en el área de los sistemas alternativos de comunicación y en sistemas robóticos, Así como en sistemas traductores de lenguaje.



**Gilberto Díaz Collazo** es Ingeniero Electrónico egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en Enero del 2016. Se especializa en el desarrollo de aplicaciones en Android para celular. Experto en programación en APP Inventor.



**Fidel Alberto Trujillo Miceli** es Ingeniero Electrónico egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en Enero del 2016. Se especializa en el desarrollo de sistemas de control electrónico y programación en lenguaje C para Arduino.



**José Ángel Zepeda Hernández**, es Ingeniero Industrial en Eléctrica y Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez e investigador desde 1999, Imparte cátedra en el área de Ingeniería Electrónica y la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica en el ITTG, donde imparte las asignaturas de Diseño con Transistores y Electrónica Básica respectivamente. Líder de la Línea de Investigación y Generación del Conocimiento “Instrumentación”.



**Raúl Moreno Rincón**, Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica, egresado de la ESIME-IPN, en la ciudad de México, D.F. Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Toluca. Maestro en Educación Superior por la Universidad Autónoma de Chiapas. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y Jefe de Proyectos de Docencia de Ingeniería Electrónica. Es investigador desde 1999 y Colabora en la línea de investigación “Robótica” de Ingeniería electrónica, en donde ha realizado proyectos como: Sistema de alarma para personas con deficiencia auditiva basado en XBEE, robot de cafetería, araña hexápoda, entre otros.



**Francisco Ronay López Estrada** recibió su Doctorado en Ciencias en Control Automático por la universidad de Lorraine, France, en 2014, y su doctorado en Ciencias en Ingeniería Electrónica por el Centro Nacional de Investigación (CENIDET) en 2015. Recibió el grado de maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica por el CENIDET en 2008. Ha sido profesor del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 2008 adjunto al departamento de Ingeniería Electrónica. Sus intereses de investigación son: Los sistemas lineales de parámetros variantes, sistemas de detección de fallas, sistemas descriptores, control de procesos y control de vehículos aéreos no tripulados.

# Interfaz optomecatrónica para caracterización de respuesta angular de fotodetectores.

## Optomecatronic interface for angular response characterization of photodetectors.

Tomás Erisel Gómez Pérez (1).

Estudiante, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México, Chiapas, México.  
[erisel\\_goper@hotmail.com](mailto:erisel_goper@hotmail.com).

Julio Pérez Gómez (2). Estudiante, I. T. de Tuxtla Gutiérrez. [july\\_09933@hotmail.com](mailto:july_09933@hotmail.com).

Jorge Luis Camas Anzueto (3), I. T. de Tuxtla Gutiérrez. [jcamas@ittg.edu.mx](mailto:jcamas@ittg.edu.mx).

Joaquín Domínguez Zenteno (4), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [quinolalo@gmail.com](mailto:quinolalo@gmail.com).

Vicente León Orozco (5), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [vleon@ittg.edu.mx](mailto:vleon@ittg.edu.mx).

Joel Gómez Pérez (6), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [jgomezp@ittg.edu.mx](mailto:jgomezp@ittg.edu.mx).

Artículo recibido en octubre 31, 2017; aceptado en diciembre 08, 2017.

### Resumen.

*Se presenta un diseño optoelectrónico para caracterizar un fotodetector, que incluye el monitoreo y atenuación de la potencia de la luz recibida por el fotodiodo sobre una posición fija en eje específico. Como fuentes de radiación se emplean 3 diferentes fotodiodos (MWWHD1, M385D1 y MCWHD2 de la compañía Thorlabs). El fotodetector utilizado fue el FDS100 de la compañía Thorlabs. El diseño incluye una interfaz de usuario para que se pueda modificar parámetros de la fuente de luz, fotodetector y del mecanismo de movimiento angular.*

**Palabras clave:** Interfaz optomecatrónica, Caracterización, programación de dispositivos optoelectrónicos.

### Abstract.

*In this work we present an optoelectronic design to characterize a photodetector, which includes monitoring and attenuation of the light received by the photodiode in a fixed position on a particular axis. As optical sources were used three different photodiodes (MWWHD1, M385D1 y MCWHD2 from Thorlabs company), and the photodiode used was the FDS100 from the same company. An user interface was included to modify parameters of the optical source, photodiode and the angular movement mechanism.*

**Keywords:** Optomecatronic interface, Characterization, Programming of optoelectronic device.

## 1. Introducción.

Los fotodetectores pueden ser clasificados en dos categorías detectores térmicos y detectores cuánticos. La fotocorriente generada por un fotodetector es dependiente del ángulo de incidencia de la fuente de iluminación. Conocer éste intervalo es de vital importancia en el diseño de aplicaciones que contemple dispositivos optoelectrónicos como lo es el fotodetector. Los antecedentes relacionados con la medición de la respuesta angular de un fotodetector han sido estudiados con diferentes formas de caracterización utilizando radiometría y fotometría.

La irradiancia global y difusa y la iluminancia se miden con instrumentos que se supone que tienen verdaderas respuestas de coseno. Se han reportado mediciones de las respuestas de coseno para varios instrumentos comerciales y sobre la respuesta coseno de un radiómetro de banda de sombra giratoria multi-filtro. Las mediciones se realizaron con un banco de pruebas de respuesta coseno automatizado utilizando el mismo protocolo para cada instrumento. El banco de coseno mide con resolución angular variable tan fina como  $0.25^\circ$ . La rotación automática está en un plano. Una rotación manual permite mediciones en otros azimut (Michalsky et al., 1995). Un radiómetro multi-filtro de banda de sombra giratoria es un instrumento basado en tierra que utiliza detectores de fotodiodos de interferencia-filtro independientes y la técnica de banda de sombra rotativa automática para realizar mediciones espectralmente resueltas en siete bandas de longitud de onda (elegidas en el momento de la fabricación entre 350 nm y  $1.7\ \mu\text{m}$ ) de irradiancia directa-normal, total-horizontal y difusa-horizontal. Este instrumento consigue una precisión en la irradiación espectral directo-normal comparable con el de los radiómetros de seguimiento y es más preciso que los instrumentos convencionales para la determinación de las irradiaciones espectrales difusas y horizontales totales debido a que la función de aceptación angular del instrumento se aproxima estrechamente al ideal Coseno, y porque el componente medido directo-normal puede ser corregido para el error de aceptación angular restante (Harrison et al., 1994). Mediante el uso de simulaciones de Monte Carlo, se ha investigado la energía y la dependencia angular de la respuesta de los detectores de centelleo plásticos (DCP) en haces de fotones. Para la dependencia energética, la respuesta de los detectores se calcula como la cantidad del detector por unidad de dosis de agua. La perturbación causada por el vástago de fibra óptica conectado al DCP para guiar la luz óptica a un fotodetector se estudió en simulaciones utilizando diferentes materiales de fibra óptica (Lilie et al., 2010). El estudio de la respuesta angular se propone con el fin de reducir la corriente suministrada por una luminancia en píxeles de la escena y debe conocer también en sentido estricto la superficie reflexiva de este píxel, su respuesta espectral (forma y valor de pico) y su respuesta angular (para decir el cambio en su respuesta como una función del ángulo de incidencia del flujo luminoso) (Rouzo, 2007). La comprensión de la respuesta angular de los fotodetectores es crucial para mejorar la extracción de la luz. Pérdidas inducidas por las reflexiones de Fresnel en un Fotomultiplicador de Silicio resulta en una dependencia angular de la superficie detectada Señal en la luz incidente. Se ha construido un banco de pruebas dedicado al centro europeo de investigación nuclear tras haber realizado un estudio sistemático de muestras de diversas especificaciones y los fabricantes (Nemallapudi et al., 2013). Se ha estudiado el efecto de la respuesta angular de fotodiodo en la medición de la resonancia de plasmón de superficie (RPS) en películas finas metálicas usando la configuración de Kretschmann-Raether. La señal del fotodiodo depende no sólo de la intensidad de la luz sino también del ángulo de incidencia. Esto implica que la sensibilidad del fotodiodo cambia a lo largo de la curva RPS. En consecuencia, el espectro RPS medido se distorsiona, afectando así a los ajustes y análisis numéricos de las curvas RPS. Se ha analizado la magnitud de este cambio, determinado cuándo es significativo y desarrollado un método de calibración de la configuración experimental que corrige este tipo de distorsiones de la forma espectral (Galvez et al., 2012). En este artículo se presentan resultados de un fotodiodo como función de la posición angular de una fuente de luz en particular. Se describe la programación que engloba la manipulación del movimiento angular como mínimo  $0.1$  grados, la variación de la corriente que circula por la fuente de luz para variar la intensidad recibida por el fotodetector y la obtención de la fotocorriente generada y su almacenamiento para la obtención de la gráfica de interés.

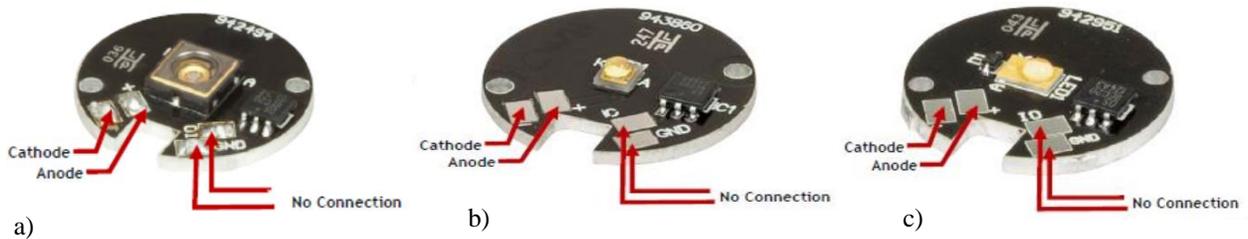
## 2. Métodos.

La metodología que se llevó a cabo en el proceso de la caracterización de la respuesta angular de fotodetectores fue la de realizar un diseño de mecanismo que incorporó a la fuente de luz que se va a utilizar en la caracterización. Este mecanismo está diseñado de tal forma que se pueda intercambiar la fuente de luz. Considerando que existen led's de diferente tamaño, es necesario diseñar un mecanismo escalable acorde a los tamaños comerciales de optoelectrónica. El movimiento angular se encuentra incorporado a un sistema de movimiento proporcionado por un sistema de control. Este movimiento es proporcionado por un motor a paso con un movimiento que permitió obtener un grado de resolución. Es necesario saber que los led's a utilizar deben ser de compañías reconocidas para que la variación de la cantidad de energía en función al tiempo permanezca constante asumiendo que la corriente eléctrica que circula por él sea constante. Estos led's fueron adquiridos en la compañía Thorlabs ya que permite cubrir un ancho espectral acorde al espectro de detección del fotodetector. Las fuentes de luz a considerar pueden ser led's, laser, lámparas de halógeno, deuterio, xenón ya que cada uno presenta diseños diferentes. La fuente de luz necesita de una fuente de

corriente constante que debe ser variable ya que cada una de las fuentes de luz presenta diferentes corrientes de operación.

El siguiente paso fue diseñar una base donde va incluido el fotodetector y que debe estar integrado al mecanismo de desplazamiento angular, trazando un eje de movimiento tomado desde el centro del fotodetector. El fotodetector debe estar integrado electrónicamente a un amplificador de transimpedancia para que se amplifique la fotocorriente y sea procesada.

Una vez obtenido el sistema optométrico es necesario diseñar una interfaz de usuario donde se le introduzca los parámetros del fotodetector a caracterizar y de la fuente de luz de iluminación, ya que cada fuente de luz tiene características propias de diseño y que cambia en función al modelo. Para ello es necesario conocer con qué tipo de fuente de luz fue caracterizado el fotodetector. En la figura 1 se presenta un esquema de cómo se encuentra ubicado el fotodetector con respecto a la fuente de luz a utilizar, la cual, inicia en una posición angular de cero grados y termina hasta los 180 grados. En la figura 1 se presenta las fuentes de luz que se encuentran disponibles para llevar a cabo la caracterización del fotodetector. Estas fuentes de luz son diodos emisores de luz de alta estabilidad temporal y que necesitan un disipador de calor para no sobre calentar el dispositivo. Cada uno de estos, tiene diferente espectro de luz y se seleccionará acorde al fotodetector a utilizar. Estos LEDs se encuentran en una placa de circuito impreso de núcleo metálico (MCPCB) y son diseñado para proporcionar potencia de luz alta en un paquete compacto y tiene una temperatura de color correlacionada promedio de 5000 K. La potencia mínima típica emitida de cada uno es de 270, 840 y 500 mW. En la figura 2 presenta el diagrama electrónico para conectar estos leds. El dispositivo que hace que se re programe el voltaje de alimentación es el LM317 junto con el potenciómetro de 10 kΩ. Además cuenta con un sistema de sobreprotección para que el voltaje no se exceda de lo proporcionado por el usuario. En la figura 3 se observa en tiempo real el monitoreo del punto de operación seleccionado por el usuario de voltaje y corriente que alimentan al LED. Todo el sistema debe estar retroalimentado con la interfaz de usuario, ya que ahí va aparecer el resultado final de la caracterización. Una vez integrada todo el sistema a la interfaz de usuario se procederá caracterizar cada uno de los fotodetectores obteniendo como resultado una gráfica en la interfaz de usuario donde se presente la respuesta angular del fotodetector. Esta gráfica presentará intensidad en función al ángulo de incidencia.



**Figura 1.** Las fuentes de luz utilizadas de la compañía thorlabs: a) MCPCB-Mounted LED, 385 nm (M385D1), b) MCPCB-Mounted LED, 6500 K (MCWHD2), c), MCPCB-Mounted LED, 3000 K (MWWHD1).

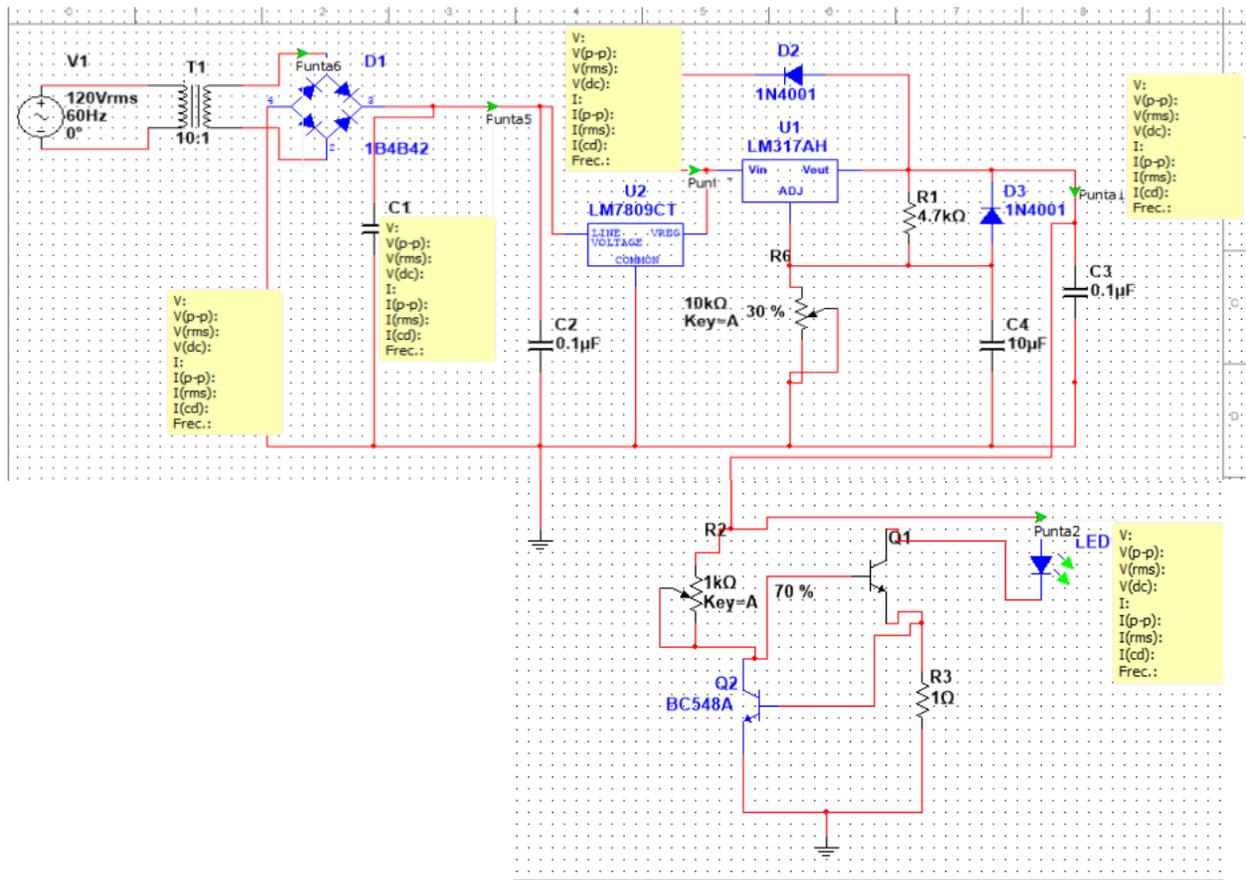


Figura 2. Diagrama electrónico de la fuente de luz con sistema de protección.



Figura 3. Monitoreo del voltaje y corriente que circula por el led.

En el algoritmo 1 se presenta la programación de los motores a pasos para que éste gire de 0 a 180 grados. En este algoritmo es posible reprogramar la resolución del movimiento angular de la fuente de luz respecto al fotodetector, así también el tiempo que tarda en realizar todo el recorrido. El fotodetector captura la intensidad de la luz proveniente de la fuente de luz y ésta es almacenada en una base de datos. El número de datos almacenados también puede ser reprogramada para ajustes y calibración del sistema.

**Algoritmo 1.** Movimiento de mecanismo optomecánico resumido.

---

```

// sistema automático del movimiento hacia adelante y hacia atrás de un motor paso a paso
int push = 0;
int entrada = 2;
int pulsador1 = 0;
int entrada1 = 3;
int p1;
int p2;

int motorPin1 = 8;
int motorPin2 = 9; // Pines del Arduino al integrado
int motorPin3 = 10;
int motorPin4 = 11;
int delayTime = 10000; // DelayTime determina la espera entre uno y otro paso
int delayTime1 = 20; // en 1800 =30 minut // DelayTime1 determina la velocidad de giro
entre un paso y otro
int delayTime2 = 10; // tiempo de retroceso el motor
int count = 0;
void setup()
{
  pinMode(2, INPUT);
  pinMode(3, INPUT);
  pinMode(motorPin1, OUTPUT); // Configuración de los pines como salida digital
  : ...
  ...
  //if (push == HIGH)
  for (count = 0; count < 250; count++) /* (variable)en donde podemos modificar la cantidad
de pulsos que se desean asignar al motor,
para variar la cantidad de giros o fraccion de giro en un sentido.
(50 pulsos para 360°)(25 pulsos para 180°)(10 pulsos
para 72°) ETC.....*/

  {
    // Punto A (Primero)
    digitalWrite(11, LOW);
    digitalWrite(10, LOW);
    digitalWrite(9, HIGH);
    digitalWrite(8, HIGH);
    delay(delayTime1); //Tiempo entre pulsos

    // Punto B (Segundo)
    digitalWrite(11, LOW);
    digitalWrite(10, HIGH);
    digitalWrite(9, HIGH);
    digitalWrite(8, LOW);
    delay(delayTime1);
    ...
    ...
    ...
    // Punto C (Tercero)
    for (count = 0; count < 250; count++) /* (variable)en donde podemos modificar la

```

*cantidad de pulsos que se desean asignar al motor,  
para variar la cantidad de giros o fraccion de giro en sentido  
contrario. (50 pulsos para 360°)(25 pulsos para 180°)(10  
pulsos para 72°) ETC.....\*/*

```
// Punto D (Cuarto)
{
...
...
}}}}
```

---

### 3. Resultados

En la caracterización de la dependencia de la intensidad que recibe el fotodetector en función al movimiento angular de una fuente de luz, se encontró que el número de datos obtenidos en el tiempo que tarda en moverse la fuente de luz desde cero grados hasta 180 grados cambiaba y distorsionaba las gráficas obtenidas al final de la caracterización.

Un receptor óptico convierte la señal óptica proveniente de la fibra óptica en la señal eléctrica y recupera los datos transmitidos. Su elemento de entrada es el fotodetector, que convierte la luz en corriente eléctrica por medio del efecto fotoeléctrico. Los receptores ópticos, en general, deben tener alta sensibilidad, respuesta rápida, bajos niveles de ruido, bajo costo y una alta confiabilidad. En el caso de sistemas de fibra óptica. El área fotosensible del fotodetector debe ser comparable con el núcleo de una fibra. Los requisitos antes mencionados son satisfechos de una mejor manera por detectores fabricados con base en materiales semiconductores.

El ancho de banda de un fotodetector está determinado por la velocidad con la cual éste responde a las variaciones de la potencia óptica incidente. El tiempo de subida se define como el lapso que la corriente tarda para pasar del 10 al 90% de su valor final cuando la potencia óptica incidente cambia abruptamente en forma de escalón.

Evidentemente, la transmisión T dependerá del tiempo que le tome a los electrones y los huecos viajar a los contactos electrónicos. También depende del tiempo de respuesta del circuito eléctrico utilizado para procesar la fotocorriente.

Para esta etapa del diseño del circuito fotodetector se empleó un fotodiodo PIN, porque se necesita un fotodiodo que tenga tiempos de transmisión muy cortos (tiempo de encendido o subida y tiempo de apagado o bajada), además que no presente mucho ruido. El circuito fotodetector debe ser capaz de tomar una lectura del funcionamiento del LED, mostrando la señal en forma óptica en una señal de forma eléctrica, por lo que debe de presentar ciertos componentes electrónicos para convertir la corriente generada por el fotodiodo al incidirle cierta cantidad de luz en un nivel de voltaje que sea capaz de ser medido. Para este caso el fotodiodo que se va a utilizar es el fotodiodo PIN FDS100, que es un diodo de silicio de alta velocidad y un área activa grande con una respuesta espectral que va de los 350 nanómetros hasta los 1100 nanómetro, es decir, abarca el espectro de luz visible hasta el infrarrojo.

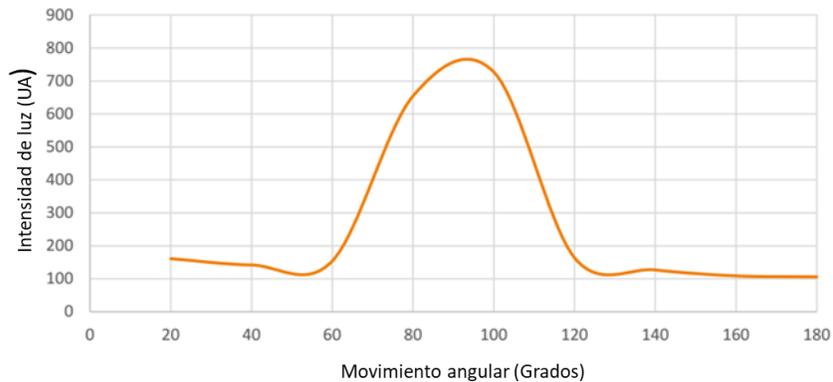
El diseño del circuito simple con el fotodiodo FDS100 fue un diseño que solamente se utiliza para el fotodiodo con una resistencia para convertir la corriente producida por el mismo en un nivel de voltaje, para esto la resistencia debe de ser lo suficiente elevada (se utilizó el valor de 1Mohms) para convertir la pequeña corriente que genera el fotodiodo que está en el orden de los nano Amperes (nA). También se le agregó un filtro pasa bajas para reducir la cantidad de ruido que pueda generar la fuente de alimentación, que en este caso se le suministra al circuito un voltaje de 5V.

En la Figura 4 se presenta una gráfica, donde se llevó a cabo con las luces apagadas con 25 datos de adquisición, cada uno con 7.2 grados de desplazamiento. En el cual podemos observar que entre menor datos capturados y con la luz apagada el comportamiento. El comportamiento tiende a estabilizarse sin embargo, no es posible utilizarla, ya que presenta variaciones que sobrepasan la relación señal a ruido permitido por el código digital.



**Figura 4.** Caracterización angular con variaciones.

En la figura 5 se presenta una gráfica mejorada con la luz apagada y con 10 datos capturados con 20 grados de desplazamiento. En este caso se observa una gráfica con un contorno estable en función al movimiento angular de la fuente.



**Figura 5.** Caracterización angular sin variaciones.

Con todos estos elementos que se analizaron fue posible realizar la medición de los tiempos de la respuesta de dispositivos emisores de luz, mediante el proceso de conversión eléctrica a óptica y viceversa. El proceso de medición de tiempos de respuesta debe de seguir una serie de etapas que son indispensables para tener la capacidad de aislar los diversos resultados que se obtengan en tales etapas, para así llegar a una conclusión acerca de lo medido.

### Conclusiones.

La respuesta espectral medida con iluminación continua presenta un máximo de responsividad que se desplaza hacia longitudes de onda más cortas. También es muy importante considerar el tipo de unión p-n y p-i-n. Se observó que cuantos más datos de adquisición de la señal proveniente del fotodiodo incrementaba el ruido. Esto debido a la alta sensibilidad del fotodiodo, por lo que se realizó caracterización en función al número de datos obtenidos. Es parte fundamental que el desplazamiento cuente con resolución de movimiento angular variable, debido a que los fotodetectores no presentan las mismas características de operación.

### Créditos.

Al Tecnológico Nacional de México y al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por financiamiento parcial de este proyecto, con número SII-2017-2.

### Referencias Bibliográficas.

- Galvez, F.**, Monton, C., Serrano, A., Valmianski, I., de la Venta, J., Ivan K. Schuller, and Garcia M.A. (2012). *Effect of photodiode angular response on surface plasmon measurements in the Kretschmann-Raether configuration*, Review of scientific instruments, 83, 093102.
- Harrison, L.**, Michalsky, J., and Berndt, J. (1994). *Automated multifilter rotating shadow-band radiometer: An instrument for optical depth and radiation measurements*, Applied Optics 33, 5118-5125.
- Judikaël Le Rouzo.** (2007). *Study of the angular and spectral response of infrared photodetectors*, Thèse soutenue le 29 novembre 2007.
- Lilie L. W.** Wang, David Klein, and A. Sam Beddara. (2010). *Monte Carlo study of the energy and angular dependence of the response of plastic scintillation detectors in photon beams*, Med. Phys. 37 (10).
- Michalsky, J.**, Harrison, L.C., and Berkheiser, W.E. (1995). *Cosine response characteristics of some radiometric and photometric sensors*, Solar Energy, 54, 6, 397-402.
- Nemallapudi, M.V.**, Gundacker, S., Knapitsch, A., Lecoq, P., Liu, Z. and Auffray, E. (2013). *Si PM Angular Response and Enhanced Light Extraction*, Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC), 2013 IEEE.

### Información de los autores.



**Tomás Erisel Gómez Pérez**, Graduado de la Carrera en Ingeniería Electrónica 2017, la residencia profesional la desarrolló en el laboratorio de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica en la línea de Investigación Sistemas Optomecatrónicos del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés es electrónica, mecatrónica, optoelectrónica.



**Julio Pérez Gómez**, Graduado de la Carrera en Ingeniería Electrónica 2017, la residencia profesional la desarrolló en el laboratorio de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica en la línea de Investigación Sistemas Optomecatrónicos del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Técnico en Mantenimiento de Equipo y Sistemas. Su área de interés es electrónica, mecatrónica, optoelectrónica.



**Jorge Luis Camas Anzueto** es graduado como Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, graduado como Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias con la Especialidad en Óptica y subespecialidad Optoelectrónica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1, miembro honorífico del Sistema Estatal de Investigadores. Actualmente docente-investigador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica, Doctorado en Ciencias de la Ingeniería y de la carrera Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés es sensores ópticos, sensores de fibra óptica, optoelectrónica y optomecatrónica.



**Joaquín Eduardo Domínguez Zenteno**, es Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Toluca, Ingeniero en Electrónica con especialidad en Instrumentación y Control por el Instituto Tecnológico de Nuevo León, en Cd. de Guadalupe, Nuevo León. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y Jefe de Proyectos de Vinculación de Ingeniería Electrónica. Es investigador desde 2009 y colabora en la línea de investigación de “Instrumentación” de Ingeniería Electrónica.



**Vicente León Orozco**, es graduado como Ingeniero Eléctrico por el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Diplomado en Telecomunicaciones por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica por el Instituto Tecnológico de Toluca. Actualmente presidente de la Academia de Electrónica y Docente de la carrera en Ingeniería Electrónica. Su área de interés es desarrollo de sistemas optoelectrónicos, sistemas de comunicaciones y fibras ópticas.



**Joel Gómez Pérez**, es Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2005 y Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2013. Ha colaborado con la Universidad Politécnica de Chiapas en el área de Ingeniería Mecatrónica. Actualmente es profesor de tiempo completo en el Instituto

Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 2010 y colaborador de la Universidad del Valle de México desde 2013. Es miembro del Sistema Estatal de Investigadores desde 2011.

# Libro virtual para el aprendizaje de señas de lenguas mexicanas para discapacidad auditiva y del habla en niños menores de seis años.

Mexican sign languages learning virtual book for children under six years old with hearing and speech disabilities.

Gil Santana Esparza (1).  
Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, Veracruz, México.  
[gilsantanae@gmail.com](mailto:gilsantanae@gmail.com)

Denisse Itzayana Flores Ríos (2). Estudiante I. T. S. de Pánuco. [denissefloresr@gmail.com](mailto:denissefloresr@gmail.com)

Itzel Concepción Cruz Herbert (3). Estudiante I. T. S. de Pánuco. [itzeluka94@gmail.com](mailto:itzeluka94@gmail.com)

Artículo recibido en abril 18, 2017; aceptado en junio 13, 2017.

## Resumen.

*El presente artículo presenta el proyecto titulado "Libro virtual para el aprendizaje de señas de lenguas mexicanas para discapacidad auditiva y del habla en niños menores de seis años", el cual consiste en una aplicación que apoya de manera eficiente al desarrollo integral del niño en la introducción a la educación básica y la incorporación a la sociedad, enseñando de manera formal el lenguaje de señas mexicanas. El proyecto diseña contenidos didácticos que sirven de apoyo en el proceso de enseñanza y formación personal del niño, incluyendo módulos interactivos que propician el aprendizaje del lenguaje de señas mexicanas a través de la interacción de padres e hijos, desarrollando temas cotidianos como son: Lazos familiares, saludos de cortesía, alimentos, números y vocales. Este proyecto se ha desarrollado utilizando tecnología de software en Visual Studio con lenguaje C# y MySQL*

**Palabras clave:** libro virtual, lenguaje de señas, discapacidad auditiva, discapacidad del habla.

## Abstract.

*This article presents the project entitled "Mexican sign languages learning virtual book for children under six years old with hearing and speech disabilities", an application that effectively supports the integral development of the child in the introduction to basic education and integration into society, formally teaching the Mexican sign language. The project allows the design of didactic contents that support the processes of teaching and personal formation of the child, including interactive modules that promote the learning of Mexican sign language through the interaction of parents and children, developing everyday topics such as: Greetings, Food, numbers and vowels. This project has been developed using software technology in Visual Studio with C # language and MySQL*

**Keywords:** virtual book, sign language, hearing disabilities, speech disabilities.

## 1. Introducción.

La educación especial en México ha seguido un patrón de enseñanza tradicional en donde el niño con problemas de discapacidad auditiva y del habla es enseñado a socializar a través del método de usos y costumbres familiares. En este sentido la tecnología no influye como herramienta creativa para la enseñanza de los niños con este tipo de problemática.

Como respuesta a lo anterior surge el proyecto “Libro virtual para el aprendizaje de señas de lenguas mexicanas para discapacidad auditiva y del habla en niños menores de seis años”, que tiene como objetivo el diseño de contenidos didácticos que sirvan de apoyo en el proceso de enseñanza y formación personal del niño. Esto se logra a través de una plataforma de software que cumple con los estándares de calidad y funcionamiento requeridos, aplicando la metodología espiral evolutiva que contempla las etapas de: Análisis de requerimientos, diseño, desarrollo, pruebas y ajustes e implantación.

Plantea como hipótesis mejorar la manera en la que las personas afectadas por estas discapacidades reciben su educación, así mismo facilitar la socialización con las personas que tengan el mismo problema dentro del entorno.

Tomando en cuenta que hasta el momento la forma de enseñar el lenguaje de señas es de forma implícita mediante la utilización de cartas, dibujos, entre otras, debido a la complejidad del aprendizaje en los alumnos, se optó por diseñar un proceso que ayude a mejorar la comprensión del niño acompañado de un software denominado *Divertiseñas* el cual consiste en contenidos didácticos que sirven de apoyo en el proceso de enseñanza y formación personal del niño funcionando en modalidad de tutorial.

El proyecto está fundamentado en el estudio y análisis de tecnología de software como lo son Visual Studio C#, Photoshop, Corel Draw y Sony Vegas complementados con los referentes teóricos de la ingeniería de software para el desarrollo de proyectos formales.

## 2. Métodos.

Es importante para todo desarrollo de software, en especial para el desarrollo de Tutoriales basados en las nuevas tecnologías, organizar y sistematizar el trabajo de desarrollo a través de una metodología que permita una solidez en el producto final que lleve al logro de los objetivos planteados en la definición del proyecto.

Para ello, se debe dar particular importancia al análisis y conocimiento de teorías para el diseño de ambientes de aprendizaje utilizando tecnologías, como las propuestas por Álvaro Galvis Panqueva o Manuel Gándara Vázquez.

La metodología propuesta por Galvis Panqueva para el desarrollo de software de enseñanza-aprendizaje (Galvis, 1992) tiene como punto de partida la identificación de necesidades reales que requieren una solución con material innovador utilizando las nuevas tecnologías, y posteriormente, la evaluación de la efectividad real del material con personas pertenecientes a la población de estudio bajo las condiciones para los cuales fue diseñado y en función de lo anterior, la realización de los ajustes necesarios. Para ello se plantea en el presente proyecto las tareas y actividades combinadas con las etapas del proceso espiral evolutivo para el desarrollo de software (Sommerville, 2005).

Tomando como referencia las actividades y tareas de la metodología de Álvaro Galvis Panqueva y utilizando entrevistas, cuestionarios y observaciones como instrumentos para la obtención de información, se han realizado las etapas descritas en el presente proyecto.

Análisis: Se tomó en consideración la necesidad o problema que justifica el desarrollo del software didáctico y los contenidos. Estableciendo una guía para el tratamiento y funciones que se desean cubrir con el software para satisfacer la necesidad.

**Diseño:** En esta etapa se hicieron explícitos los datos que caracterizan el entorno del software educativo que se está desarrollando. Se establecieron los destinatarios, áreas de contenido, necesidad, limitaciones y recursos para los usuarios, equipo y soporte lógico que se va a utilizar. Por otra parte el diseño educativo tomó en cuenta el alcance, contenido y tratamiento que debe ser capaz de alcanzar el software en desarrollo. En el diseño de comunicación se especificó cómo se comunicará el usuario con el programa y mediante qué dispositivos. En el diseño computacional se estableció la estructura lógica que se manejará en la interacción entre usuario y programa que permita el cumplimiento de las funciones definidas para el software educativo.

**Desarrollo:** Esta etapa se trabajó en función de los recursos humanos y computacionales que se disponen, se requirió un equipo multidisciplinario que incluye especialistas en contenido, en metodología y en sistemas computacionales. El especialista en sistemas computacionales elaboró los módulos en Visual Studio C# que ofrece una compatibilidad con editor de código, compilador, plantillas de proyectos, diseñadores, asistentes para código y un depurador (Groussard, 2012), y con apoyo del especialista en contenido se alimentó al sistema con la información requerida tomando en cuenta que la lengua de señas mexicana está compuesta de la dactilología y los ideogramas (González, 2011). En la dactilología, se representó cada palabra con la articulación de mano correspondiente de cada letra que la conforma. Y en los ideogramas se representaron las palabras con una o varias configuraciones de mano. Tomando en consideración a Calvo (2017) se organizó en contextos y temáticas como lazos familiares, frutas de la región, animales del entorno y no partir de una lista de palabras que no guarden relación entre sí, para de esta manera desarrollar los aspectos cognoscitivos, sociales, afectivos y culturales.

**Prueba y ajuste:** En esta etapa se verificó si los resultados son los previstos de acuerdo al diseño. Se hicieron las pruebas seleccionando una muestra de personas que cumplan con todos los requisitos deseables para el uso del software en condiciones normales. El experto en contenido determinó si los resultados son los esperados de acuerdo a la necesidad a satisfacer. El experto en metodología determinó si el tratamiento es consistente con la didáctica deseable para promover el logro de los objetivos en la población objeto.

**Implantación:** En esta etapa se determinó por el equipo de trabajo si los resultados en la etapa de prueba fueron los esperados en función del diseño y se hizo la implantación del software educativo sin perder de vista que se debe seguir evaluando de manera continua para mejorar la eficiencia del producto desarrollado.

### **3. Desarrollo.**

En la primera etapa se desarrolla el proyecto en la zona norte del estado de Veracruz y zona sur del estado de Tamaulipas. Enfocándose en el área local que es la ciudad de Pánuco, Veracruz, se pretende apoyar a las personas con discapacidad visual y auditiva que presentan dificultad de comunicación con la población restante, lo que dificulta ampliamente la interacción entre los especialistas y las personas con estos dos tipos de discapacidad, ya que, desde su nacimiento o pérdida posterior solo han aprendido y desarrollado un solo tipo de lenguaje llamado “lenguaje materno”, transmitido por sus propios padres imposibilitando la comprensión y la independencia en el entorno diario y la interacción con otras personas, por lo que esta situación acerca de su crianza, impide que los niños creen un entorno propio e independiente de sus progenitores.

#### **3.1 Análisis situacional.**

Con base en el análisis situacional se detectó que los padres de familia desconocen el lenguaje de señas oficial mexicano (LSM), lo cual genera que los niños con discapacidad auditiva y del habla adopten distintas maneras de relacionarse y expresarse en su entorno. Esta diversidad de lenguaje familiar origina que las instituciones que reciben a esta población infantil, presenten dificultad en su proceso de enseñanza-aprendizaje repercutiendo en el desenvolvimiento sociocultural del menor.

Con base en lo anterior se detecta la necesidad de fortalecer el proceso de enseñanza aprendizaje en instituciones educativas que atienden a alumnos menores de seis años y que presentan discapacidad auditiva y del habla, así como también la necesidad de apoyar en el proceso de comunicación que se da en el seno de las familias de estos niños.

El análisis situacional se llevó a cabo en la zona de Pánuco, Ver., donde se ubican 240 personas que tiene la problemática analizada para lo cual se determinó el tamaño de la muestra a entrevistar, obteniendo una muestra  $n = 148$ , a la cual se entrevistó obteniéndose, entre otros, los siguientes resultados:

a) La mayoría de los niños menores de seis años traen como método de aprendizaje el de usos y costumbres familiares.

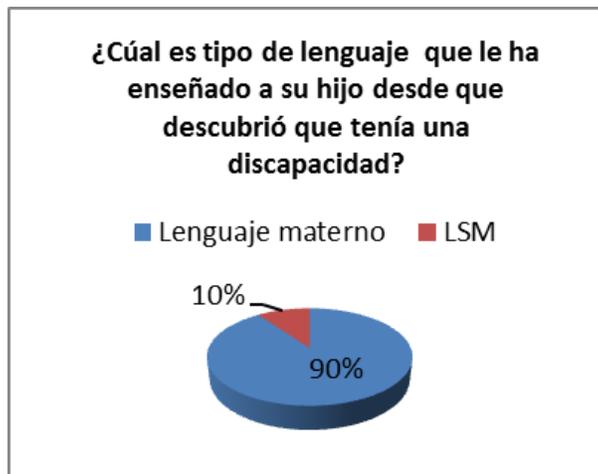


Figura 1. Métodos de aprendizaje.

b) También se obtuvo como resultado que la temática que se dificulta por parte de los docentes y padres son los lazos familiares.



Figura 2. Temas de mayor complejidad en la enseñanza.

c) Con base en los análisis se detectó que la mayoría de los docentes y padres están dispuestos a invertir en un software con el cual pueda aprender junto con su hijo LSM.



Figura 3. Disposición para invertir en el software.

d) Todas las personas encuestadas afirmaron aceptar una demostración sobre el software mencionado.

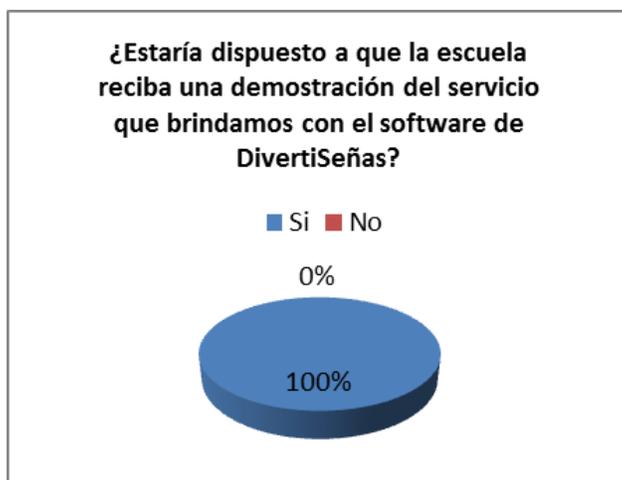


Figura 4. Demostración del servicio.

### 3.2 Arquitectura.

Se diseñó una arquitectura en tres capas cliente servidor (Sommerville, 2005) como se muestra en la figura 5.

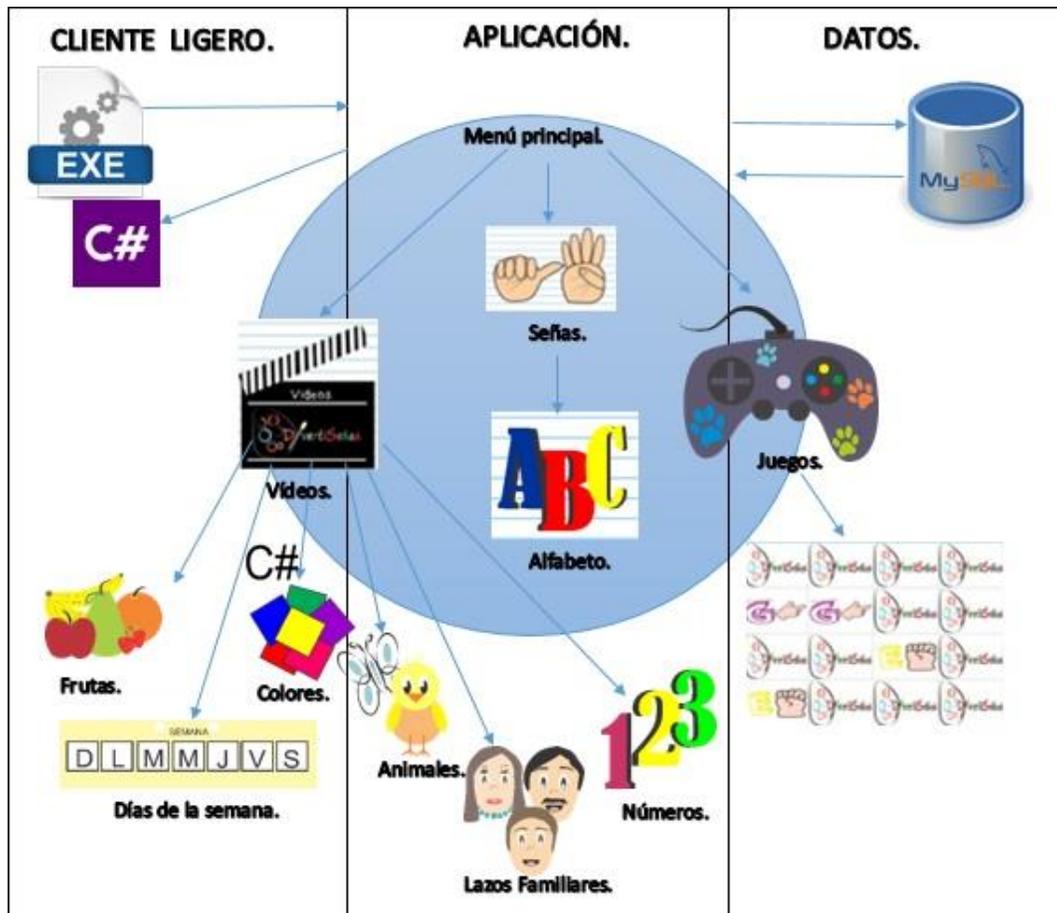


Figura 5: Arquitectura del software *Divertiseñas*.

Como resultado se obtuvo un producto software denominado *Divertiseñas* que consiste en un proceso interactivo, con imágenes agradables a la vista de un niño menor de seis años. A través de videos se le muestra cómo se “dice” la fruta, la letra, el animal, el día de la semana, el número, el color o el familiar; y posteriormente se le muestra la imagen para asociarlo mentalmente. Este proceso de enseñanza-aprendizaje se complementa con la sección de juegos donde a través de memoramas y relación de imágenes se logra un reforzamiento lúdico.

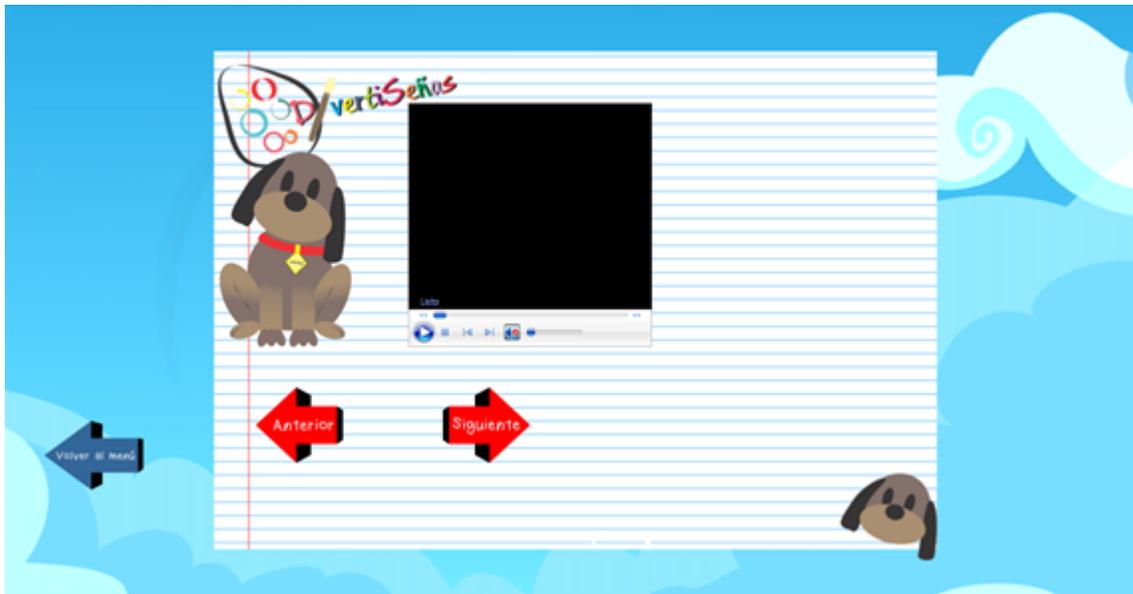
### 3.3 Prototipo.



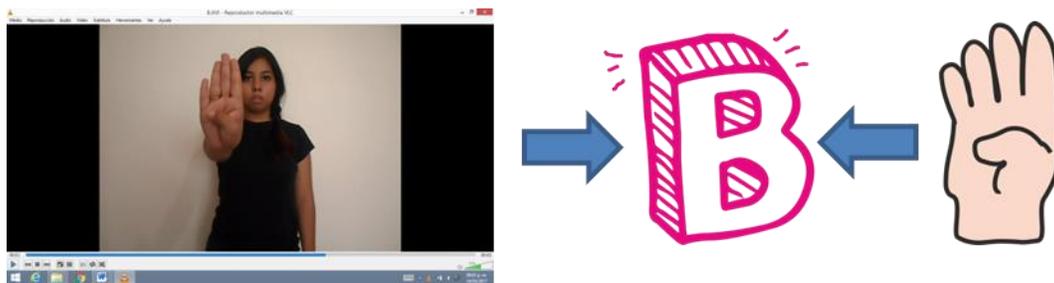
**Figura 6.** Pantalla de menú de actividades para seleccionar videos o imágenes en lenguaje de señas mexicanas.



**Figura 7.** Pantalla de menú de actividades para elegir la temática a repasar (frutas, animales, colores, familiares, números, letras, días de la semana).



**Figura 8.** Pantalla de actividades con videos que muestran cómo se dice en lenguaje de señas mexicanas el animal representado en la imagen.



**Figura 9.** Pantalla de actividades con video e imagen donde se enseñan las letras en lenguaje de señas mexicanas.



**Figura 10.** Pantalla de actividades con video e imagen donde se enseña el nombre de animales en lenguaje de señas mexicanas.

## Conclusiones.

Con la implantación de este proyecto, se obtendrán beneficios y aportaciones en el desarrollo de una cultura en la que los padres de niños con discapacidad auditiva o del habla enseñen el lenguaje de señas mexicanas de manera formal a una temprana edad, para que en un futuro al incorporarlos en una escuela de educación básica puedan ellos adaptarse e integrarse mejor al entorno educativo y social.

Se puede afirmar, como conclusión, que el proyecto ofrece una experiencia innovadora que propicia el desarrollo de habilidades de socialización potenciando la comprensión y aplicación de los contenidos temáticos en los niños menores de seis años.

## Referencias Bibliográficas.

**Calvo Hernández, M.** (s. f.). *Estudio introductorio al léxico de la LSM*. México: SEP. Consultado el 2 abril 2017. Disponible en <http://educacionespecial.sepdf.gob.mx/escuela/documentos/publicaciones/DIELESEME.pdf>

**Galvis Panqueva, Á.** (1992). *Ingeniería de software educativo*. Colombia: Ediciones Uniandes. Disponible en <http://www.slideshare.net/algavis50/ise1992-parte-0-inicio-y-fin>

**González Pérez, R.** (2011). *Diccionario de lengua de señas mexicanas*. México: Conapred.

**Groussard T.** (2012). *C# 5 Los fundamentos del lenguaje. Desarrollar con Visual Studio 2012*. Editorial: eni ediciones.

**Sommerville, I.** (2005). *Ingeniería del Software*. Madrid: Pearson Educación.

## Información de los autores.



**Gil Santana Esparza** es Maestro en Comunicación Académica por la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Es profesor en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior de Pánuco. Es miembro del cuerpo académico en formación “Diseño y Desarrollo de Herramientas Tecnológicas y Empresariales”. Con Reconocimiento a Perfil Deseable Id Prodep 145971.



**Denisse Itzayana Flores Ríos** es estudiante del octavo semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico Superior de Pánuco. Certificada SEI-Certified PSP Developer. Se especializa en programación en C# y PHP. Especialista en Bases de Datos en MySQL. Diseño y edición de imágenes en Corel Draw. Diseño 3D en Blender.



**Itzel Concepción Cruz Herbert** es estudiante del octavo semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico Superior de Pánuco. Certificada SEI-Certified PSP Developer. Se especializa en programación en C# y PHP. Diseño y edición en Photoshop y Sony Vegas.

# Mapa turístico geo-referenciado de las riquezas naturales de Chiapas, México.

## Geo-referenced tourist map of the natural wealth of Chiapas, Mexico.

Gabriela López Sánchez (1).

Estudiante, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México.  
[sanchez\\_gl@gmail.com](mailto:sanchez_gl@gmail.com).

Natalia Guadalupe Pimentel Sánchez (2). Estudiante, I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [natalyta\\_20@hotmail.com](mailto:natalyta_20@hotmail.com).

Héctor Guerra Crespo (3), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [hgcrespo@hotmail.com](mailto:hgcrespo@hotmail.com).

Jorge Octavio Guzmán Sánchez (4), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [jogs78@gmail.com](mailto:jogs78@gmail.com).

Jacinta Luna Villalobos (5), I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [lunajacinta85@gmail.com](mailto:lunajacinta85@gmail.com).

Liliana Patricia Moreno Cancino (6), I. T. de Comitán, [dir\\_comitan@tecnm.mx](mailto:dir_comitan@tecnm.mx)

**Artículo recibido en junio 02, 2017; aceptado en agosto 10, 2017.**

### Resumen.

*Este artículo es una propuesta de clasificación para la presentación de información relacionada con el tema de riquezas naturales protegidas con un enfoque turístico. Se definen los 42 sitios protegidos en el Estado de Chiapas amparados mediante siete figuras jurídicas. La información está integrada en una aplicación web bajo tecnología de software libre y disponible en el sitio web [turismoriquezasnaturales.mexmapa.com](http://turismoriquezasnaturales.mexmapa.com).*

**Palabras clave:** Aplicaciones WEB, aplicaciones sobre mapas, mapa turístico, ecología, protección ambiental.

### Abstract.

*This article presents a classification proposal for the presentation of information related to protected natural wealth theme based in a tourist approach. 42 areas in the State of Chiapas are protected by seven legal figures. The classification and information is available in the website [turismoriquezasnaturales.mexmapa.com](http://turismoriquezasnaturales.mexmapa.com).*

**Keywords:** WEB Applications, maps, tourist map, ecology, environmental protection.

## 1. Introducción.

El Estado de Chiapas se encuentra situado al sur de México, cuenta con una población de 5,217,908 habitantes (Anuario Chiapas, 2016, p. 98) y 119 municipios. Se destacan a nivel mundial destinos turísticos como las ruinas de Palenque, el Cañón del Sumidero y la ciudad de San Cristóbal de las Casas.



**Figura 1.** División política de los Estados Unidos Mexicanos.

En Chiapas además de que existen múltiples sitios que tienen el potencial de convertirse en destinos turísticos también cuenta con entidades culturales relacionadas al turismo como artesanías, bailes regionales, etnias, gastronomía, festividades, conmemoraciones, tradiciones y trajes regionales.

Chiapas cuenta con una vasta diversidad territorial, ecológica y cultural. Es una de las entidades con mayor diversidad y riqueza de recursos naturales en el planeta. Chiapas es un estado muy rico y diverso en naturaleza, debido a que cuenta con reservas naturales, de la biosfera, parques nacionales, áreas protegidas entre otras, debido a su ubicación geográfica permite tener diversidad de climas siendo así el resultado de una gran diversidad. Hoy en día Chiapas cuenta con muchas bellezas naturales, las cuales lo colocan en uno de los primeros lugares a nivel nacional.

En el estado se cuentan con 7 reservas de la biosfera la cual abarca una extensión territorial de 932,095 Ha, 3 parques nacionales con una extensión territorial de 932,093 Has, 2 monumentos naturales con una extensión territorial de 6,978 Has, un área de protección de recursos naturales con extensión territorial 116,735 Has, 4 áreas de protección de flora y fauna con extensión territorial 21,980 Has, además de tener un santuario con extensión territorial de 212 Has. Posee 7 de los 9 ecosistemas más representativos en el país, 8 áreas destinadas voluntariamente a conservación y 26 áreas naturales protegidas de competencia estatal (Anuario Chiapas, 2016, p. 71-73).

Esta aplicación tiene el propósito de iniciar el desarrollo de productos turísticos para los segmentos de turismo de aventura, ecoturismo y turismo de negocios.

## 2. Métodos.

### Clasificación de las riquezas naturales.

La clasificación obedece a cuestiones legales y queda de la siguiente forma:

- Reservas de la biosfera.
- Parques nacionales.
- Monumentos naturales.
- Área natural protegida de recursos naturales.
- Área natural protegida de flora y fauna.
- Santuario.

- Áreas naturales protegidas, competencia estatal.

De acuerdo a la Unesco (UNESCO, s. f.) las Reservas de Biosfera son zonas compuestas por ecosistemas terrestres, marinos y costeros, reconocidas por el Programa sobre el Hombre y la Biosfera de la UNESCO. En cada una de ellas se fomentan soluciones para conciliar la conservación de la biodiversidad con su uso sostenible, el desarrollo económico, la investigación y la educación. Además, constituyen “sitios de apoyo a la ciencia al servicio de la sostenibilidad”, es decir, son zonas especialmente designadas con el objetivo de evaluar enfoques interdisciplinarios para comprender y gestionar los cambios e interacciones de los sistemas sociales y ecológicos, incluidas la prevención de conflictos y la gestión de la biodiversidad.

Se define como Parque Nacional a un área generalmente extensa, donde existen diversos ambientes únicos o representativos de la diversidad biológica natural del país, no alterada significativamente por la acción humana, capaces de autoperpetuarse y en que las especies de flora y fauna o las formaciones geológicas, son de especial interés educativo, científico o recreativo. Los objetivos de un Parque son la preservación de muestras de ambientes naturales, de rasgos culturales y escénicos asociados a ellos; la continuidad de los procesos evolutivos, y en la medida compatible con lo anterior, la realización de actividades de educación, investigación y recreación (CONAF, s. f.).

El Monumento Natural es un área generalmente reducida, caracterizada por la presencia de especies nativas de flora y fauna o por la existencia de sitios geológicos relevantes desde el punto de vista escénico, cultural o científicos. Su objetivo es preservar el ambiente natural, cultural y escénico, y en la medida que sea compatible con ello, desarrollar actividades educativas, recreacionales o de investigación (CONAF, s. f.).

De acuerdo a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) los santuarios son áreas establecidas en zonas caracterizadas por una considerable riqueza de flora o fauna o por la presencia de especies subespecies o hábitat de distribución restringida. Abarcan cañadas, vegas, relictos, grutas, cavernas, cenotes, caletas u otras unidades topográficas o geográficas que requieran ser preservadas o protegidas (gob.mx, s. f.).

**Listado de sitios a considerar.**

**Tabla 1. Reservas de la biosfera.**

No.	Nombre	Decreto de creación	Superficie en Ha.	Municipios	Ecosistemas
1	Selva El Ocote	27-nov-00	101,288	Ocozacoautla de Espinosa, Cintalapa de Figueroa, Tecpatán de Mezcalapa y Jiquipilas.	Selva alta perennifolia, selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia y bosque de pino encino.
2	La Encrucijada	06-jun-95	144,868	Mazatán, Huixtla, Villa Comaltitlán, Acapetagua, Mapastepec y Pijijiapán.	Manglar, selva baja inundable de zapotonales, tulares-popales, sistemas lagunares y reductos de selva mediana y baja subperennifolia.
3	Lacan-tun	21-ago-92	61,874	Ocosingo.	Selva alta perennifolia.
4	Montes Azules	12-ene-78	331,200	Ocosingo y Las Margaritas.	Selva alta perennifolia y mediana subcaducifolia, bosque de pino-encino, bosque ripario de galería, jimbales y sabana.
5	La Sepultura	06-jun-95	167,310	Villacorzo, Villaflores, Jiquipilas, Cintalapa, Arriaga y Tonala.	Bosque lluvioso de montaña y de niebla, selva caducifolia, selva baja caducifolia y chaparral de niebla.
6	El Triunfo	13-mar-90	119,177	Acacoyagua, Angel Albino Corzo, La Concordia,	Bosque mesófilo de montaña, bosque de coníferas, selva alta perennifolia.

				Mapastepec, Villa Corzo, Pijijiapan y Siltepec.	
7	Volcán Tacaná	28-ene-03	6,378	Tapachula, Cacahoatan y Unión Juárez.	Bosques mesófilos, páramo tropical y chusqueal.

**Tabla 2. Parques nacionales.**

No.	Nombre	Decreto de creación	Superficie en Ha.	Municipios	Ecosistemas
8	Cañón del Sumidero	08-dic-80	21,789	Tuxtla Gutiérrez, Soyalo, Osumacinta, San Fernando y Chiapa de Corzo.	Selva mediana subcaducifolia y baja caducifolia, encinar, pastizal.
9	Lagunas de Montebello	16-dic-59	6,022	La Trinitaria y La Independencia.	Bosque de pino, encino y mesófilo de montaña.
10	Palenque	20-jul-81	1,772	Palenque.	Selva alta perennifolia y pastizal inducido.

**Tabla 3. Monumento natural.**

No.	Nombre	Decreto de creación	Superficie en Ha.	Municipios	Ecosistemas
11	Bonampak	21-ago-92	4, 357	Ocosingo.	Selva alta perennifolia.
12	Yaxchilán	21-ago-92	2, 621	Ocosingo.	Selva alta perennifolia.

**Tabla 4. Área natural protegida de recursos naturales.**

No.	Nombre	Superficie en Ha.	Municipios	Ecosistemas
13	Zona de Protección Forestal "La Frailescana"	116,732	La Concordia, Ángel Albino Corzo, Villa Flores y Jiquipilas.	Bosque de coníferas.

**Tabla 5. Área natural protegida de flora y fauna.**

No.	Nombre	Decreto de creación	Superficie en Ha.	Municipios	Ecosistemas
14	Cascada de Agua Azul	29-abr-80	2,580	Tumbala.	Selva alta perennifolia
15	Chan-Kin	21-ago-92	12,185	Ocosingo.	Selva mediana y alta subperennifolia
16	Metzabok	23-sep-98	3,368	Ocosingo y Palenque.	Selva alta perennifolia, selva alta subperennifolia y bosque mesófilo de montaña

**Tabla 6. Santuario.**

No.	Nombre	Decreto de creación	Superficie en Ha.	Municipios	Ecosistemas
17	Playa de Puerto Arista	29-oct-86	63	Tonalá.	Cálido.

**Tabla 7. Áreas naturales protegidas, competencia estatal.**

No.	Nombre	Decreto de creación	Superficie en Ha.	Municipios	Ecosistemas
18	Volcán Tacaná	11-oct-00	10,638	Tapachula, Unión Juárez y Cacahoatan.	Selvas altas.
19	Tzama Cun Pümy	03-nov-06	101- 49-30	Tapalapa.	Semicálido húmedo con lluvias todo el año, bosque mesófilo de montaña o bosque de niebla.
20	Sistema Cun Catazajá	03-nov-06	41,058	Catazajá.	cálido húmedo con abundantes lluvias en verano)
21	Santa Felicitas	31-jul-74	4,313	Ocosingo.	Bosque mesófilo de montaña o bosque de niebla
22	Reserva Biotica Gertrude Duby	25-mar-02	250	San Cristóbal de las Casas.	Bosques de pino, encino, roble.
23	Rancho Nuevo	28-mar-90	101- 49-30	San Cristóbal de las Casas.	Bosques templados.
24	La primavera	13-dic-00	37	Comitán.	Selva baja caducifolia y selva mediana subcaducifolia.
25	La Pera	15-nov-06	7-506-61	Berriozábal.	Selva alta perennifolia y selva alta subperennifolia.
26	La Lluvia	07-jun-00	106-73-65.08	Villaflores.	Bosque de encino-pino, la selva baja caducifolia, selva mediana subperennifolia y bosque de encino.
27	La Concordia Zaragoza				
28	Humedales La Libertad	03-nov-06	5432	La Libertad.	Cálido húmedo con lluvias todo el año.
29	Humedales de Montaña La Kisst	01-feb-08	110	San Cristóbal de Las Casas.	Bosques templados.
30	Humedales de Montaña María Eugenia	01-feb-08	115	San Cristóbal de Las Casas.	Bosques templados.
31	Huitepec Los Alcanfores	07-mar-07	102	San Cristóbal de Las Casas.	Bosques templados.
32	Finca Santa Ana	19-jun-96	553	Pichucalco.	
33	El Zapotal	27-ago-80	192	Tuxtla Gutiérrez.	
34	El Recreo	13-mar-96	45	Teopisca.	

35	El Gancho Murillo	16-jun-99	7284	Suchiate y Tapachula.	
36	El Canelar	02-ago-95	89	Acala.	
37	El Cabildo Amatal	16-jun-99	3610	Tapachula y Mazatán.	
38	Cordon Pico El Loro-Paxtal	22-nov-00	61268	Acacoyagua, Ángel Albino Corzo, El Porvenir, Escuintla, Mapastepec, Montecristo de Guerrero, Motozintla de Mendoza y Siltepec.	
39	Cerro Meyapac	15-nov-06	1741	Ocozocoautla de Espinosa.	
40	Cerro Mactumatzá	16-jul-97	613	Tuxtla Gutiérrez.	
41	Bosque de Coníferas Chanal	04-may-79	4242	Chanal y Las Margaritas.	
42	Laguna Bélgica	19-jun-96	42	Ocozocoautla de Espinosa.	

### Aplicación.

#### *Google Maps.*

Es el nombre de un servicio gratuito de *Google*. Es un servidor de aplicaciones de mapas en la web. Ofrece imágenes de mapas desplazables, así como fotos satelitales del mundo entero e incluso la ruta entre diferentes ubicaciones o imágenes a pie de calle *street view* y el motor de búsqueda de *Google* que permite ver imágenes a escala de un lugar específico del planeta. A través de su *Google Maps API* es posible generar aplicaciones sobre sus mapas, la plataforma de desarrollo es *JavaScript*.

### Herramientas utilizadas.

Las herramientas utilizadas corresponden a software libre, *WAMP* como servidor, *PHP* para la programación de los datos, *MySQL* como gestor de base de datos, *XHTML* para asegurar la estructura del código *HTML* y *CSS* para la presentación del sitio y *JavaScript* como lenguaje de programación sobre el mapa.

### Ficha informativa.

Cada uno de las Áreas protegidas se presenta con lo que denominamos ficha informativa. La estructura de la ficha turística incluye Descripción, Flora y Fauna, Actividades Turísticas y Decreto de Creación.



Figura 2. Ficha informativa de la reserva de la biosfera “Montes Azules”.

**Iconografía.**

Se establecieron iconos para la clasificación de las áreas protegidas, los iconos fueron tomados del sitio [mapicons.mapsmarker.com](http://mapicons.mapsmarker.com) el cual cuenta con una categoría especial para turismo, la iconografía queda de la siguiente manera:

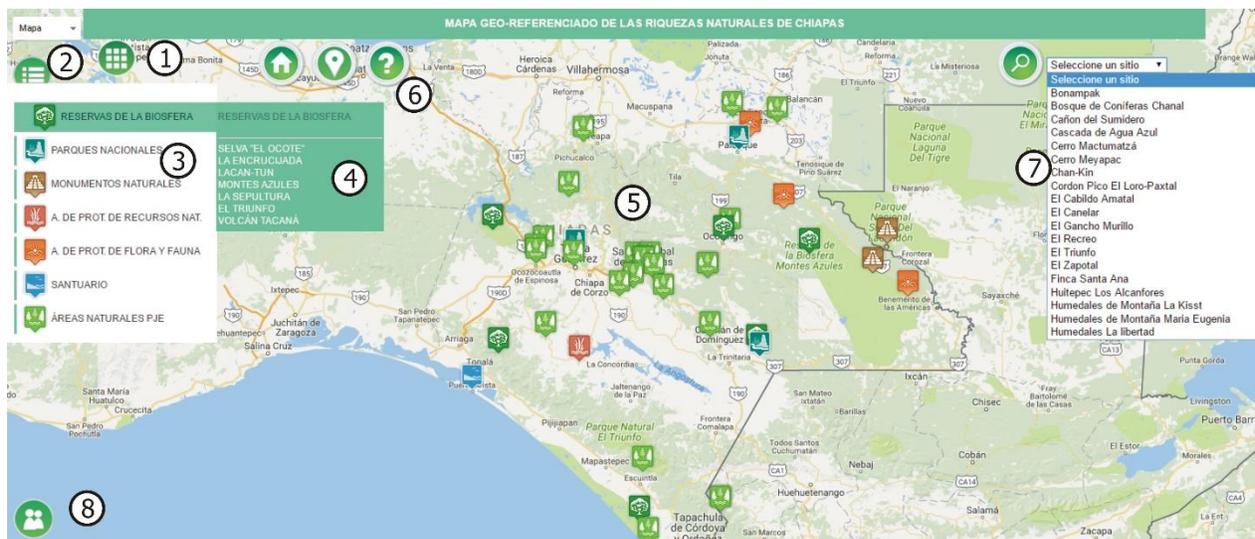


Figura 3. Iconografía.

### 3. Desarrollo.

En el subdominio [turismoriquezasnaturales.mexmapa.com](http://turismoriquezasnaturales.mexmapa.com) se implementa el prototipo inicial, la interfaz principal se describe a continuación y en las siguientes figuras se ilustra.

1. Botón: Habilita el acceso al menú de Ayuda que considera 3 opciones: Inicio, Iconografía y Ayuda donde se documenta la figura legal de protección.
2. Botón Categorías: Habilita el menú Categorías.
3. Menú Categorías: Se visualizan 7 categorías que clasifican las diferentes figuras legales que establecen áreas protegidas.
4. Menú por tipo de área protegida.
5. Íconos de cada uno de las áreas protegidas.
6. Botones de Inicio, Iconografía y Ayuda.
7. Menú búsqueda alfabética: El usuario puede acceder a las 42 áreas protegidas.
8. Botón de acceso a los autores.



**Figura 4.** Interfaz mapa turístico geo-referenciado de las riquezas naturales de Chiapas, México.



**Figura 5.** Ayuda estableciendo la definición de cada uno de los tipos de áreas protegidas.

### Conclusiones.

El proyecto tiene como finalidad el desarrollo de una aplicación web de índole informativo para dar a conocer a los visitantes del portal todo lo relacionado con las actividades que se pueden realizar en las áreas protegidas del Estado de Chiapas con la intención de difundir esta actividad con fines de incentivar el turismo. En este prototipo se establece la geo-referencia, el tipo de protección y las actividades que se pueden realizar, en una segunda etapa debe considerarse los sitios específicos dentro del área protegida que ofrezca alguna actividad en particular.

### Créditos.

Los autores agradecen y dan créditos al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez perteneciente al Tecnológico Nacional de México por todas las facilidades y apoyo para la realización de este proyecto.

### Referencias Bibliográficas.

**Anuario Chiapas.** (2016). Anuario Estadístico y Geográfico de Chiapas 2016. Gobierno del Estado de Chiapas e Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de: [http://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF\\_Docs/CHIS\\_ANUARIO\\_PDF16.pdf](http://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/CHIS_ANUARIO_PDF16.pdf).

**CONAF.** (s. f.). Corporación Nacional Forestal, Chile. Recuperado de: <http://www.conaf.cl/parques-nacionales/>

**Gob.mx.** (s. f.). Santuarios Naturales de México. Sitio oficial del Gobierno de México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/presidencia/articulos/santuarios-naturales-de-mexico>

**SEMAHN.** (s.f.). Secretaría De Medio Ambiente E Historia Nacional. Recuperado de: [http://www.semahn.chiapas.gob.mx/portal/medio\\_ambiente](http://www.semahn.chiapas.gob.mx/portal/medio_ambiente)

UNESCO. (s.f.). Reservas de la Biosfera. Recuperado de: <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/ecological-sciences/biosphere-reserves/>

### Información de los autores.



**Gabriela López Sánchez** es egresada del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales y se especializa en el desarrollo de proyectos web.



**Natalia Guadalupe Pimentel Sánchez** es egresada del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales y se especializa en el desarrollo de proyectos web.



**Héctor Guerra Crespo** es Doctor en Sistemas Computacionales por la Universidad del Sur, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en 2011. Es profesor en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y en el área de Licenciatura en Sistemas Computacionales de la Universidad Autónoma de Chiapas, en ambas desde 1995, líder del cuerpo académico “tecnologías de información para el desarrollo regional” donde dirige el área de trabajo “aplicaciones sobre mapas” y colabora en la línea “tecnología para población con necesidades educativas especiales”. [www.hectorguerracrespo.com](http://www.hectorguerracrespo.com)



**Jorge Octavio Guzmán Sánchez** tiene la Maestría en Ciencias de la Computación, especialidad bases de datos y sistemas de información, es Ingeniero en Sistemas Computacionales, profesional certificado por *Microsoft* en la administración de servidores

con *Windows*. Ejerce la docencia desde hace más de una década, actualmente docente del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, así como en la Universidad Descartes.



Jacinta Luna Villalobos es Contadora Pública con maestría en Administración. Actualmente trabaja como docente de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial. Es investigadora líder con perfil PRODEP habiendo participado en diversos proyectos de innovación, donde ha obtenido premios a nivel local, regional y nacional. También funge como asesora de proyectos para el Centro de Incubación Empresarial del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



**Liliana Patricia Moreno Cancino**, Contador Público de profesión, con Maestría en Administración, actualmente labora en el Instituto Tecnológico de Comitán, cuenta con 23 años de experiencia profesional. Docente de tiempo completo, ha impartido cátedra en carreras como: Ingeniería Petrolera, Ingeniería Industrial, Ingeniería en Sistemas Computacionales, entre otras, ha participado en la elaboración de especialidades de las carreras de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable y la Ingeniería en Sistemas Computacionales. Ha ocupado cargos directivos en diferentes Tecnológicos del Estado de Chiapas y del Estado de Tabasco.



# **Sistema de visión para detectar y alarmar el estado de cansancio de un conductor.**

## **Vision system to detect and alarm the state of fatigue of a car driver.**

Néstor Antonio Morales Navarro.  
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Universidad Valle de México.  
[nmorales@ittg.edu.mx](mailto:nmorales@ittg.edu.mx).

Gilberto Méndez Sántiz (2). Estudiante, I.T. de Tuxtla Gutiérrez. [gilberto.mendez.santiz@gmail.com](mailto:gilberto.mendez.santiz@gmail.com).

Eliver Castillejos Lara (3). Estudiante, I.T. de Tuxtla Gutiérrez. [eliverlara@gmail.com](mailto:eliverlara@gmail.com).

Oswaldo Brindis Velázquez (4). I. T. de Tuxtla Gutiérrez, Universidad Valle de México. [obrindis@ittg.edu.mx](mailto:obrindis@ittg.edu.mx).

Salomón Velasco Bermúdez (5). I. T. de Tuxtla Gutiérrez. [svelasco@ittg.edu.mx](mailto:svelasco@ittg.edu.mx).

**Artículo recibido en octubre 03, 2017; aceptado en diciembre 19, 2017.**

### **Resumen.**

*En este trabajo se presenta el desarrollo de un dispositivo, el cual brinda una alternativa de ayuda para evitar accidentes automovilísticos que son un problema de hoy en día, ya sea a causa de distracciones o por otros factores que afectan a los conductores. Utilizando tecnologías como visión artificial, la cual permitirá a partir del uso de diversas técnicas, el procesamiento y análisis de los datos recabados a través de un dispositivo conformado por una tarjeta de control Raspberry pi. El resultado de este análisis permite al dispositivo tomar la decisión de activar o no una alerta auditiva en caso de que el conductor del automóvil este presentando cuadros de cansancio o sueño, las pruebas realizadas arrojan un alto porcentaje de efectividad, sin embargo, existen factores ambientales como la iluminación que en ocasiones afecta el correcto funcionamiento del algoritmo.*

**Palabras clave:** Accidentes automovilísticos, visión artificial, Raspberry.

### **Abstract.**

*In this paper, the development of a device is presented, which provides an alternative of help to avoid automobile accidents that are a problem of today, whether due to distractions or other factors that affect drivers. Using technologies like artificial vision which will allow us, from the use of diverse techniques, the processing and analysis of the data collected through a device conformed by a control card Raspberry Pi, the result of this analysis allows the device to take the decision to activate or not an audible warning in case the driver of the car is presenting pictures of fatigue or sleep, the tests carried out show a high percentage of effectiveness, however there are environmental factors such as illumination, which occasionally affect the correct functioning of the algorithm.*

**Keywords:** Car accidents, artificial vision, Raspberry.

## 1. Introducción.

La necesidad de transportarse de un lugar a otro es una actividad que se ha convertido en algo indispensable para llevar a cabo diversas actividades cotidianas, es algo rutinario y que absolutamente todos realizan, existen diferentes medios para poder realizar esta actividad, pero sin duda alguna la manera más utilizada es a través de medios terrestres.

La mayoría de las personas a lo largo del día utilizan ya sea un automóvil personal o el transporte público para llegar a sus respectivos destinos, pero al hacer uso de estos transportes no garantiza llegar sanos y salvos a nuestros destinos.

Los accidentes están a la orden del día, donde las personas necesitan llegar a sus lugares de trabajo de manera inmediata y puntual, por lo tanto, en muchas ocasiones eso provoca un estrés de quien conduce un vehículo, lo que genera que por alguna distracción del conductor se causen accidentes que provocan afectaciones no sólo en lo personal sino también a terceras personas, además de ello se tienen pérdidas monetarias hacia el automóvil personal o al transporte público, y no sólo es eso, en algunas ocasiones hay afectaciones a la salud de las personas porque se llegan a fracturar y en algunas ocasiones se tiene la pérdida de extremidades o genera discapacidades motrices.

En el año del 2014 por datos arrojados en el INEGI en Chiapas sucedieron 2106 accidentes automovilísticos de los cuales 2090 sucedieron por culpa del conductor, en ese mismo año de los accidentes automovilísticos mencionados, en 2090 hubo pérdidas humanas, INEGI (2014). De acuerdo a los registros el horario con mayor número de víctimas mortales se presenta entre las 18:00 y las 20:59 horas, con el 18.7%; en segundo lugar se obtuvo que el rango es de 21:00 a 23:59 horas con 16.2%. Para el año 2015 el número de accidentes disminuyó ya que fueron 1,960 accidentes automovilísticos, de los cuales 1,956 fueron por culpa del conductor del vehículo, de estos accidentes en 93 se tuvieron pérdidas humanas, INEGI (2015).

### Principales factores que causan accidentes carreteros.

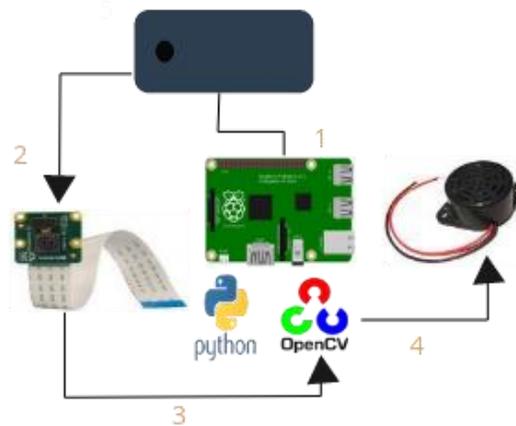
Factor Humano: Los factores humanos son la causa del mayor porcentaje de accidentes de tránsito, debido a las principales causas siguientes:

- Conducir bajo los efectos del alcohol, medicinas y estupefacientes.
- Realizar maniobras imprudentes y de omisión por parte del conductor, por ejemplo; no respetar los señalamientos viales.
- Conducir a exceso de velocidad (produciendo vuelcos, salida del automóvil de la carretera, derrapes).
- Salud física del conductor (ceguera, daltonismo, sordera)
- Conducir con fatiga, cansancio o con sueño.

De los accidentes automovilísticos registrados el 35% de ellos fue porque el conductor presentaba con fatiga, cansancio o con sueño, INEGI (2014).

## 2. Métodos.

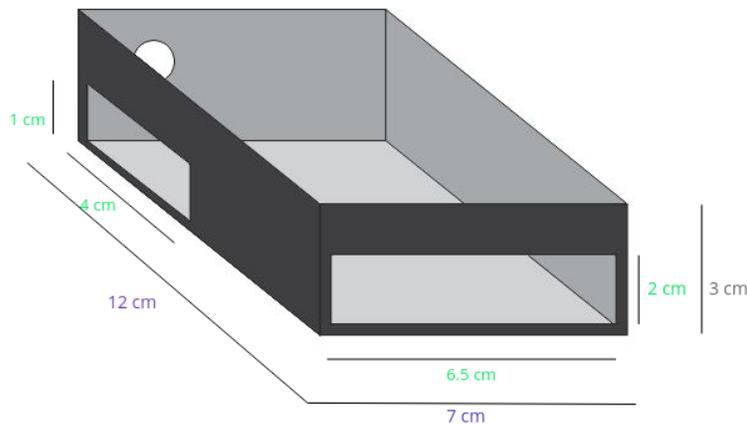
Para este proyecto se desarrolló un sistema capaz de alertar al conductor de un automóvil cuando se detecte distracción o estado de cansancio mediante un dispositivo aplicando visión artificial en tiempo real. En la figura 1 se puede observar el funcionamiento general del sistema.



**Figura 1.** Componentes del dispositivo..

1. Raspberry es una tarjeta de control y el principal componente del dispositivo, utiliza un sistema basado en linux y puede realizar diversas tareas como una computadora normal, se utilizará para poder realizar la actividad de tomar el video con un módulo de cámara especial para esta tarjeta.
2. Se activa el módulo de cámara de la tarjeta raspberry para llevar a cabo el monitoreo en tiempo real del rostro del conductor.
3. Mediante la biblioteca OpenCV manejada a través del lenguaje de programación python se realiza el procesamiento del video captado por la cámara para determinar el estado del conductor.
4. Si se detecta un comportamiento anormal en el pestañeo del conductor se hace activar una alarma sonora.

Todos estos componentes deberán estar ensamblados dentro de una carcasa la cual se pueden apreciar sus dimensiones en la figura 2.



**Figura 2.** Dimensiones de la carcasa del dispositivo.

### Tecnologías involucradas.

**Visión artificial:** Se puede definir la “Visión Artificial” como un campo de la “Inteligencia Artificial” que, mediante la utilización de las técnicas adecuadas, permite la obtención, procesamiento y análisis de cualquier tipo de información especial obtenida a través de imágenes digitales. La visión artificial la componen un conjunto de procesos destinados a realizar el análisis de imágenes. Estos procesos son: captación de imágenes, memorización de la información, procesado e interpretación de los resultados, Cabeza (2010).

**Python:** Es un lenguaje de programación interpretado cuya filosofía hace hincapié en una sintaxis que favorezca un código legible. Se trata de un lenguaje de programación multiparadigma, ya que soporta orientación a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional.

Python es un lenguaje de programación multiparadigma. Esto significa que más que forzar a los programadores a adoptar un estilo particular de programación, permite varios estilos: programación orientada a objetos, programación imperativa y programación funcional, otros paradigmas están soportados mediante el uso de extensiones.

Una característica importante de Python es la resolución dinámica de nombres; es decir, lo que enlaza un método y un nombre de variable durante la ejecución del programa (también llamado enlace dinámico de métodos).

Otro objetivo del diseño del lenguaje es la facilidad de extensión. Se pueden escribir nuevos módulos fácilmente en C o C++. Python puede incluirse en aplicaciones que necesitan una interfaz programable.

Aunque la programación en Python podría considerarse en algunas situaciones hostil a la programación funcional tradicional del Lisp, existen bastantes analogías entre Python y los lenguajes minimalistas de la familia Lisp como puede ser Scheme, Martelli (2006).

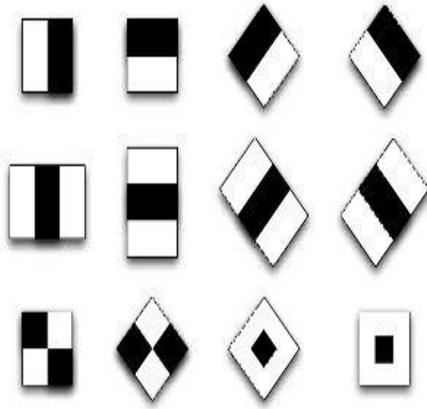
**OpenCV:** es una biblioteca libre de visión artificial originalmente desarrollada por Intel. Desde que apareció su primera versión alfa en el mes de enero de 1999, se ha utilizado en infinidad de aplicaciones. Desde sistemas de seguridad con detección de movimiento, hasta aplicaciones de control de procesos donde se requiere reconocimiento de objetos. Esto se debe a que su publicación se da bajo licencia BSD, que permite que sea usada libremente para propósitos comerciales y de investigación con las condiciones en ella expresadas.

Open CV es multiplataforma, existiendo versiones para GNU/Linux, Mac OS X y Windows. Contiene más de 500 funciones que abarcan una gran gama de áreas en el proceso de visión, como reconocimiento de objetos (reconocimiento facial), calibración de cámaras, visión estéreo y visión robótica.

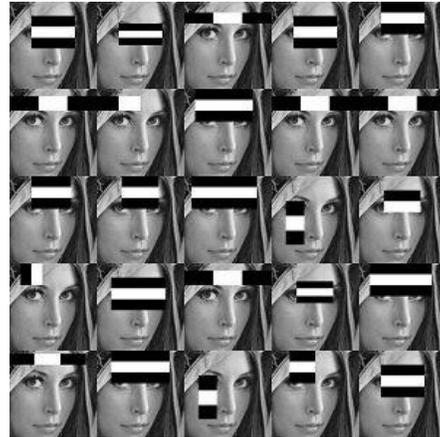
El proyecto pretende proporcionar un entorno de desarrollo fácil de utilizar y altamente eficiente. Esto se ha logrado realizando su programación en código C, C++ y python optimizados, aprovechando además las capacidades que proveen los procesadores multinúcleo. OpenCV puede además utilizar el sistema de primitivas de rendimiento integradas de Intel, un conjunto de rutinas de bajo nivel específicas para procesadores Intel.

**Clasificador de Cascada:** Mejor conocido como algoritmo o clasificador Haar, fue el primer framework de detección de objetos propuesto por Paul Viola y Michael Jones en 2001 que permitía el análisis de imágenes en tiempo real, haciendo uso de una función matemática (Wavelet Haar) propuesta por Alfred Haar en 1909.

Los clasificadores haar, definen regiones rectangulares sobre una imagen en escala de grises (imagen integral) y al estar formada por un número finito de rectángulos, se puede obtener un valor escalar que consiste en sumar los píxeles de cada rectángulo, en base a una serie de clasificadores en cascada. Cada clasificador determina si la subregión se trata del objeto buscado o no. A diferencia de otros algoritmos, este sólo invierte capacidad de procesamiento a las subregiones que posiblemente representen un rostro, Bradski, G. & Kaebler, A (2012).



**Figura 3.** Clasificadores Haar.



**Figura 4.** Cálculo de Haar sobre imagen.

### 3. Desarrollo.

El desarrollo de este proyecto está enfocado a dos tareas principales: El ensamblado del dispositivo y el funcionamiento del algoritmo sobre el cual trabaja el dispositivo.

#### Ensamblado de componentes.

1. Cámara: El módulo de la cámara se debe de conectar en el bus de datos específico para la cámara como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 5.** Módulo de cámara insertado en raspberry.

2. Buzzer: Para conectar el buzzer se debe de contar con dos cables y para el módulo del GPS se necesitan 4 más. De acuerdo a los pines de la tarjeta de control Raspberry Pi para poder activar el buzzer debemos de conectar el cable negro al pin 6(GND) y el cable rojo al pin 15.

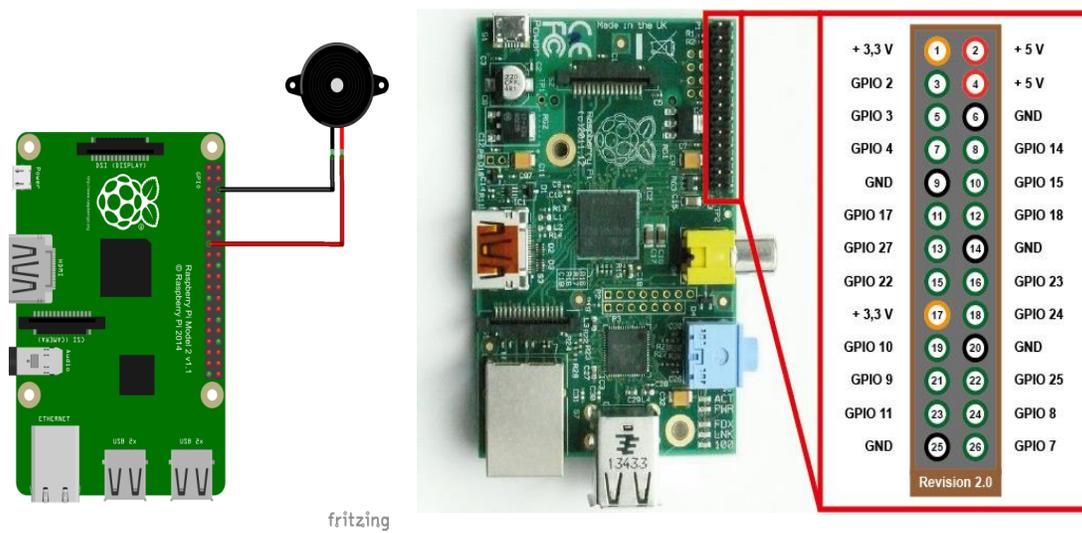


Figura 6. Conexión de buzzer en Raspberry Pi.

3. Carcasa: Después de tener todo correctamente conectado se introduce en la carcasa de modo que no se desconecte ni un cable para el correcto funcionamiento del dispositivo.



Figura 7. Componentes dentro de la carcasa.



**Figura 8.** Vista frontal del dispositivo ensamblado.



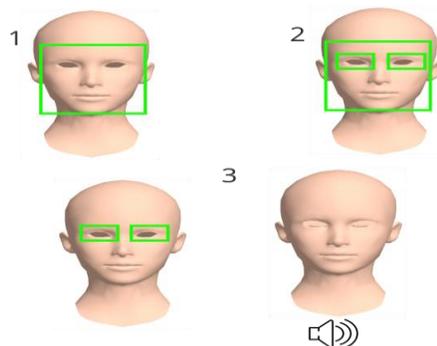
**Figura 9.** Vista trasera del dispositivo ensamblado.

### Funcionamiento del algoritmo.

El dispositivo a través del módulo cámara que tiene integrado realiza la toma de video en tiempo real y mediante la tarjeta de control Raspberry pi mediante diversos filtros se busca detectar anomalías en la persona que está conduciendo, es decir, que la persona este cerrando los ojos por mucho tiempo, se está quedando dormida al frente del volante o se distraiga.

Durante el tiempo que trabaja el dispositivo está procesando el video y detectando el rostro de la persona, el procesamiento de los frames del video se realiza haciendo uso de la biblioteca OpenCV, el primer paso en el análisis de los frames procesados es, mediante el uso de los clasificadores Haar realizar la detección del rostro de la persona, una vez que se detecta el rostro se buscan los ojos para poder determinar ciertos comportamientos como parpadeos o posibles estados de sueño de la persona, este proceso se muestra en la figura 10.

El funcionamiento de la alarma es determinado de acuerdo a los ojos de la persona, si la persona cierra los ojos al frente de volante por más de 400 milisegundos que es la velocidad media del ojo de un parpadeo, en respuesta a ello se debe de activar la alarma para tratar de despertar al conductor, en caso de que solo sea un parpadeo por parte del conductor no sería motivo para activar la alarma.



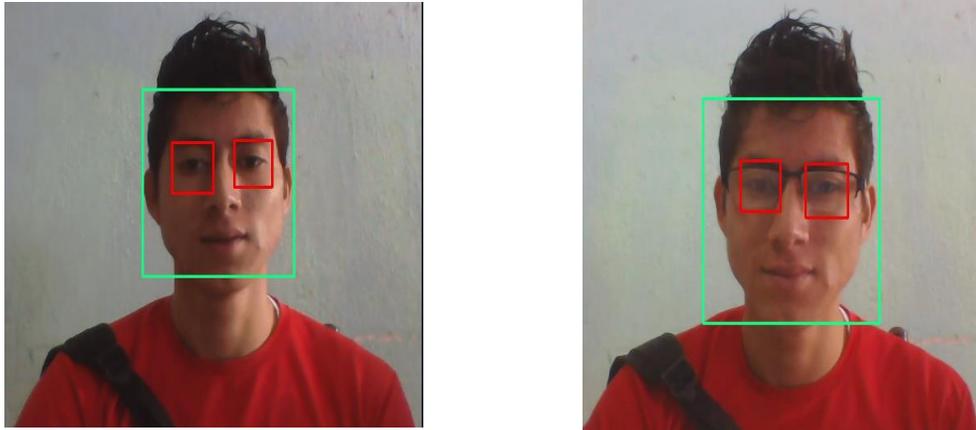
**Figura 10.** Proceso de detección de rostro y ojos del algoritmo.

### Pruebas y resultados.

La evaluación del funcionamiento y efectividad del dispositivo se llevó a cabo con dos escenarios posibles:

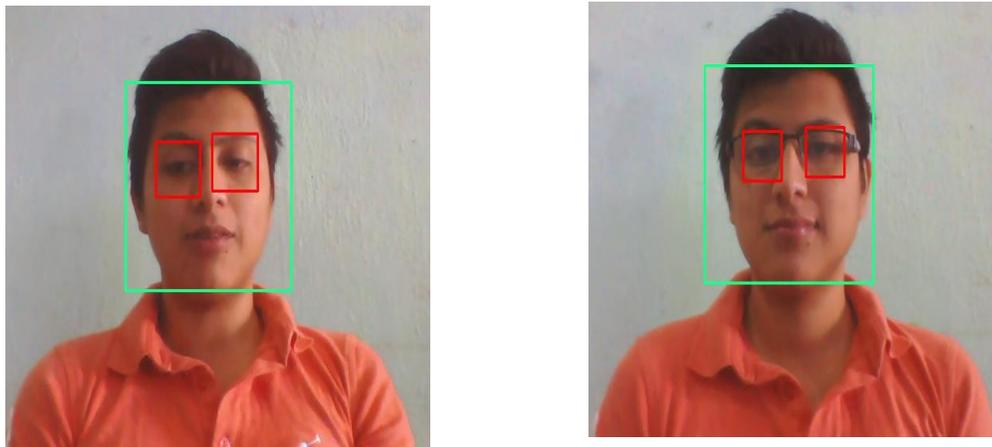
1. Persona con condiciones de vista normal (sin anteojos)
2. Persona con algún problema visual (con anteojos)

#### Pruebas en persona 1.



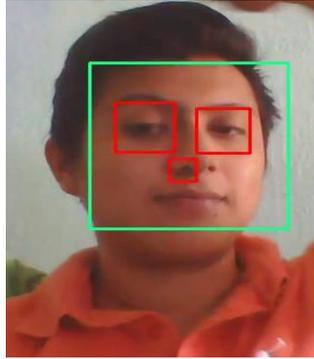
**Figura 11.** Detección de ojos y rostro en persona 1 sin y con anteojos.

#### Pruebas en persona 2.



**Figura 12.** Detección de ojos y rostro en persona 2 sin y con anteojos.

Durante las pruebas se pudo observar que el factor iluminación en el ambiente donde actúa el dispositivo tiene repercusiones en el correcto funcionamiento de este, principalmente ocasiona lo que se denomina como “Falsos positivos” como se puede ver en la figura 13, este problema se puede resolver haciendo que el dispositivo realice una calibración automática en la iluminación percibida por la cámara, lo que se espera sea realizado en mejoras futuras al dispositivo.



**Figura 13.** Detección de “Falso positivo”.

### **Conclusiones.**

La visión artificial posee un área de conocimiento muy extensa e interesante para el desarrollo de proyectos que apliquen alguna de las técnicas del procesamiento de imágenes, durante el desarrollo de este proyecto solamente se exploró un pequeño sector de esta área, pero eso ha sido suficiente para lograr un producto funcional aunque cabe mencionar que faltan por realizar algunas cosas en los diferentes módulos, en la parte física, que es el dispositivo, se considera que el aspecto físico aún puede ser mejorado, incluso, el algoritmo para la detección de distracciones y estados de sueño aún puede ser pulido para poder resolver problemáticas que puedan surgir, por ejemplo cuando ocurren cambios en la iluminación (como se ilustró en las pruebas realizadas), es decir, aún puede mejorar la efectividad del algoritmo para que pueda trabajar de manera más eficiente en cualquier ambiente.

### **Referencias Bibliográficas.**

- Bradski, G.& Kaebler, A.** (2012). Learning OpenCV. O'Reilly Media, Inc, 1005 Gravenstein Hwy N, Sebastopol, CA 95472, EE. UU.
- Cabeza, H. R.** (2010). Visión artificial aplicada a la industria. In INFAIMON, editor, The title of the book, volume 10 of 14, page 28, Edificio TR2 C/. Colon, 1 08222 Terrassa. Universidad Politécnica de Cataluña, JCEE'10.
- INEGI.** (2014). Accidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas. Obtenido [http://www.inegi.org.mx/est/lista\\_cubos/consulta.aspx?p=adm&c=8](http://www.inegi.org.mx/est/lista_cubos/consulta.aspx?p=adm&c=8).
- INEGI.** (2015). Accidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas. Obtenido de [http://www.inegi.org.mx/est/lista\\_cubos/consulta.aspx?p=adm&c=1](http://www.inegi.org.mx/est/lista_cubos/consulta.aspx?p=adm&c=1).
- Martelli, A.** (2006). Python in a Nutshell: A Desktop Quick Reference. In a Nutshell (O'Reilly). O'Reilly Media, 1005 Gravenstein Hwy N, Sebastopol, CA 95472, EE. UU.

### Información de los autores.



**Néstor Antonio Morales Navarro**, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2010. Es profesor en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 2012 y en el área de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Valle de México Campus Tuxtla desde 2011. Se especializa en el área de Visión e Inteligencia Artificial.



**Eliver Castillejos Lara**, estudiante de ingeniería en sistemas computacionales en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, sus áreas de interés se relacionan con el desarrollo de software, microcontroladores y software libre.



**Gilberto Méndez Sántiz**, estudiante de ingeniería en sistemas computacionales en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, sus áreas de interés se relacionan con el desarrollo de software y microcontroladores.



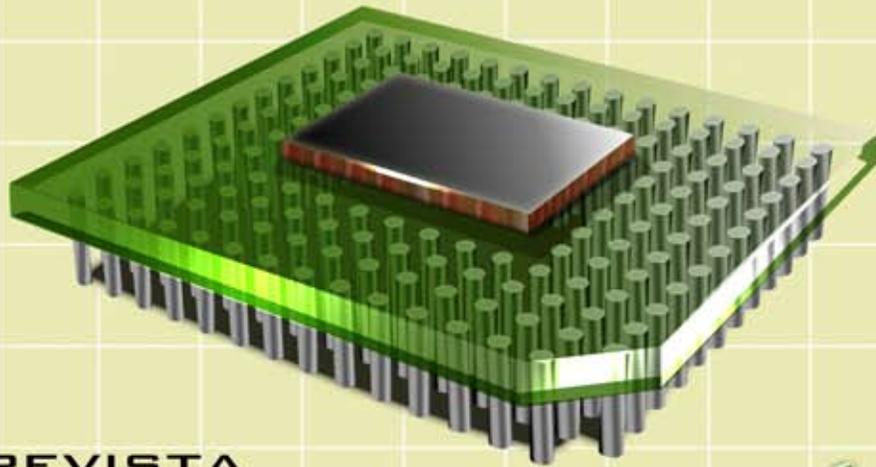
**Osvaldo Brindis Velázquez**, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica, Jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), las áreas de interés en las que investiga y desarrolla proyectos son el control automático, control robusto, control inteligente, automatización industrial, electrónica de potencia. Es profesor en el área de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 2012 y en el área de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Valle de México Campus Tuxtla desde 2011.



**Salomón Velasco Bermúdez**, Ingeniero en Electrónica, Jefe del Departamento de Servicios Escolares y docente de la carrera Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG). Su área de interés es el diseño de sistemas electrónicos y sus aplicaciones. Colaboró con el Departamento de Ciencias Básicas en donde impartió las asignaturas de Probabilidad y Estadística, Algebra Lineal, Métodos Numéricos y Fundamentos de Física.







REVISTA  
**TECNOLOGÍA**  
DIGITAL

[www.revistatecnologiadigital.com](http://www.revistatecnologiadigital.com)