

Volumen 3, Número 6 — Enero — Marzo — 2016

ISSN 2410-3454

Revista de  
Aplicaciones de la  
**Ingeniería**

**ECORFAN®**

## Indización

Google Scholar

Research Gate

REBID

Mendeley

RENIECYT



**ECORFAN-Bolivia**

## **ECORFAN-Bolivia**

### **Directorio**

#### **Principal**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

#### **Director Regional**

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. BsC

#### **Director de la Revista**

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

#### **Edición de Logística**

PERALTA-CASTRO, Enrique. PhD

#### **Diseñador de Edición**

TREJO-RAMOS, Ivan. BsC

Revista de Aplicaciones de la Ingeniería, Volumen 3, Número 6, de Enero a Marzo - 2016, es una revista editada mensualmente por ECORFAN-Bolivia. Loa 1179, Cd. Sucre. Chuquisaca, Bolivia. WEB: [www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD, Co-Editor: IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. ISSN-En línea: 2410-3454 Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda. PhD, LUNA-SOTO, Vladimir. PhD, actualizado al 31 de Marzo 2016.

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

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Servicio Nacional de Propiedad Intelectual.

## **Consejo Editorial**

GALICIA-PALACIOS Alexander. PhD  
*Instituto Politécnico Nacional- México*

NAVARRO-FRÓMETA Enrique. PhD  
*Instituto Azerbaidzhan de Petróleo y Química Azizbekov-Rusia*

BARDEY, David. PhD  
*University of Besançon-Francia*

IBARRA-ZAVALA, Darío. PhD  
*New School for Social Research-U.S.*

COBOS-CAMPOS, Amalia. PhD  
*Universidad de Salamanca-España*

ALVAREZ-ECHEVERRÍA, Francisco. PhD  
*University José Matías Delgado-El Salvador*

BELTRÁN-MORALES, Luis Felipe. PhD  
*Universidad de Concepción-Chile*

BELTRÁN-MIRANDA, Claudia. PhD  
*Universidad Industrial de Santander- Colombia-Colombia*

ROCHA-RANGEL, Enrique. PhD  
*Oak Ridge National Laboratory-U.S.*

RUIZ-AGUILAR, Graciela. PhD  
*University of Iowa-U.S.*

TUTOR-SÁNCHEZ, Joaquín. PhD  
*Universidad de la Habana-Cuba*

VERDEGAY-GALDEANO, José. PhD  
*Universidad de Granada-España*

SOLIS-SOTO, María. PhD  
*Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca-Bolivia*

GOMEZ-MONGE, Rodrigo. PhD  
*Universidad de Santiago de Compostela-España*

ORDÓÑEZ-GUTIÉRREZ, Sergio. PhD  
*Université Paris Diderot-Pari- Francia*

ARAUJO-BURGOS, Tania. PhD  
*Universita Degli Studi Di Napoli Federico II-Italia*

SORIA-FREIRE, Vladimir. PhD  
*Universidad de Guayaquil-Ecuador*

FRANZONI-VELAZQUEZ, Ana. PhD  
*Instituto Tecnológico Autónomo de México-México*

OROZCO-GUILLÉN, Eber. PhD  
*Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica-México*

QUIROZ-MUÑOZ, Enriqueta. PhD  
*El Colegio de México-México*

SALAMANCA-COTS, María. PhD  
*Universidad Anáhuac-México*

## **Consejo Arbitral**

MTT, PhD

*Universidad de Granada-España*

AH, PhD

*Simon Fraser University-Canadá*

AG, PhD

*Economic Research Institute – UNAM-México.*

MKJC MSc

*Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca-Bolivia*

MRCY, PhD

*Universidad de Guadalajara-México*

MEC, PhD

*Universidad Anáhuac-México*

AAB, PhD

*Universidad Autónoma de Sinaloa-México*

EDC, MSc

*Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey-México*

JRB, PhD

*Universidad Panamericana-México*

AGB, PhD

*Instituto de Biotecnología UNAM-México*

ACR, PhD

*Universidad Nacional Autónoma de México- México*

ETT, PhD

*CICATA-Instituto Politécnico Nacional-México*

FVP, PhD

GHC, PhD

JTG, PhD

MMG, PhD

*Instituto Politécnico Nacional-Escuela Superior de Economía-México*

FNU, PhD

*Universidad Autónoma Metropolitana-México*

GLP, PhD  
*Centro Universitario de Tijuana-México*

GVO, PhD  
*Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo- México*

IAA, MsC  
*Universidad de Guanajuato-México.*

IGG, MsC  
*Centro Panamericano de Estudios Superiores-México*

TCD, PhD  
*Universidad Autónoma de Tlaxcala-México*

JCCH, MsC  
*Universidad Politécnica de Pénjamo-México*

JPM, PhD  
*Universidad de Guadalajara-México*

JGR, PhD  
*Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla-México*

JML, PhD  
*El Colegio de Tlaxcala-México*

JSC, PhD  
*Universidad Juárez del Estado de Durango-México*

LCL Ureta, PhD  
*Universidad de Guadalajara-México*

MVT, PhD  
*Instituto Politécnico Nacional-México*

MLC, PhD  
*Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada-México*

MSN, PhD  
*Escuela Normal de Sinaloa-México*

MACR, PhD  
*Universidad de Occidente-México*

MAN, MsC  
*Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato-México*

MTC, PhD  
*Instituto Politécnico Nacional –UPIICSA-México*

MZL, MsC  
*Universidad del Valle de México-México*

MEC, PhD  
*Universidad Autónoma de San Luis Potosí-México*

NGD, PhD  
*UDLA Puebla-México*

NAL, MsC  
*Universidad Politécnica del Centro- México*

OSA, PhD  
*Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos-México*

OGG, PhD  
*Universidad Autónoma Metropolitana-México*

PVS, PhD  
*Universidad Politécnica de Tecámac-México*

MJRH, PhD  
*Universidad Veracruzana-México*

SCE, PhD  
*Universidad Latina-México*

SMR, PhD  
*Universidad Autónoma Metropolitana-México*

VIR, PhD  
*Instituto Mexicano del Transporte-México*

WVA, PhD  
*Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo-México*

YCD, PhD  
*Centro Eleia-México*

ZCN, MsC  
*Universidad Politécnica de Altamira-México*



## Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en las áreas de: Aplicaciones de la Ingeniería.

En Pro de la Investigación, Enseñando, y Entrenando los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión del Editor en Jefe.

Como primer artículo está *Análisis de falla de pernos de acero AISI 12L14* por LAZCANO-UGALDE, Erika Magali, MÉNDEZ-MACÍAS, Gerardo y MEDINA-MENDOZA, José Antonio, como siguiente artículo está *Diseño y fabricación de prótesis faciales utilizando técnicas modernas de la ingeniería* por MEDELLIN-CASTILLO, Hugo Iván & MÉNDEZ-RUIZ, Verónica con adscripción en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, como siguiente artículo está *El uso del robot NAO para el desarrollo de las habilidades Speaking y Listening en el idioma Inglés con alumnos de nivel superior* por SÁNCHEZ, Octavio, CÓRDOVA, Luis Alberto, LÓPEZ, Pablo y ALFARO, Julio César con adscripción en la Universidad Tecnológica de Tehuacán, como siguiente artículo está *Implementación de un sistema de riego a base de material reciclable (PET), en el cultivo de pepino (cucumis sativus) bajo invernadero* por VARGAS-SOTO, Juan Ángel & SILVA-MARRUFO, Oscar, como siguiente artículo está *Propuesta de diseño del taller de manufactura esbelta en el laboratorio de postprensa de la UTFV* por GONZÁLEZ-NÚÑEZ, Isrrael, QUINTERO-AVILES, Carlos, ESPINOSA-JIMÉNEZ, María Margarita y GUERRERO-CORONEL, Wendy, como siguiente artículo está *Sistema de adquisición de datos para un deshidratador de alimentos solar en la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez* por IBARRA-MUÑOZ, Elixena, CASTAÑEDA-LOSOYA, Patricia y ALVARADO-BAÑUELOS Guadalupe con adscripción en la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, como siguiente y último artículo está *Software didáctico para niños de preescolar “Adivina con Kinect”* por TORRES, Daniel, ARROYO, Marisol, RODRÍGUEZ, María de Jesús y BALTAZAR, Leslie con adscripción en la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

# Contenido

Artículo	Pág
<b>Análisis de falla de pernos de acero AISI 12L14</b> LAZCANO-UGALDE, Erika Magali, MÉNDEZ-MACÍAS, Gerardo y MEDINA-MENDOZA, José Antonio	1-7
<b>Diseño y fabricación de prótesis faciales utilizando técnicas modernas de la ingeniería</b> MEDELLIN-CASTILLO, Hugo Iván & MÉNDEZ-RUIZ, Verónica	8-22
<b>El uso del robot NAO para el desarrollo de las habilidades Speaking y Listening en el idioma Inglés con alumnos de nivel superior</b> SÁNCHEZ, Octavio, CÓRDOVA, Luis Alberto, LÓPEZ, Pablo y ALFARO, Julio César	23-27
<b>Implementación de un sistema de riego a base de material reciclable (PET), en el cultivo de pepino (<i>cucumis sativus</i>) bajo invernadero</b> VARGAS-SOTO, Juan Ángel & SILVA-MARRUFO, Oscar	28-31
<b>Propuesta de diseño del taller de manufactura esbelta en el laboratorio de postprensa de la UTFV</b> GONZÁLEZ-NÚÑEZ, Israel, QUINTERO-AVILES, Carlos, ESPINOSA-JIMÉNEZ, María Margarita y GUERRERO-CORONEL, Wendy	32-40
<b>Sistema de adquisición de datos para un deshidratador de alimentos solar en la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez</b> IBARRA-MUÑOZ, Elixena, CASTAÑEDA-LOSOYA, Patricia y ALVARADO-BAÑUELOS Guadalupe	41-50
<b>Software didáctico para niños de preescolar “Adivina con Kinect”</b> TORRES, Daniel, ARROYO, Marisol, RODRÍGUEZ, María de Jesús y BALTAZAR, Leslie	51-59

*Instrucciones para Autores*

*Formato de Originalidad*

*Formato de Autorización*

## Análisis de falla de pernos de acero AISI 12L14

LAZCANO-UGALDE, Erika Magali†\*, MÉNDEZ-MACÍAS, Gerardo y MEDINA-MENDOZA, José Antonio

Recibido Noviembre 04, 2015; Aceptado Febrero 10, 2016

### Resumen

El efecto del incremento de la temperatura sobre las propiedades mecánicas de un acero AISI 12L14 fue estudiado, debido a la falla repentina de un perno fabricado a partir de este material. Se realizaron pruebas de tensión y de dureza para determinar los valores de las propiedades mecánicas y se compararon con las especificaciones de este tipo de acero. Por medio de la técnica de termografía se determinó que durante el proceso de soldadura, la zona del perno alcanza una temperatura promedio de 480 °C por lo cual se hicieron observaciones metalográficas para observar este efecto sobre la microestructura, encontrando que no hay un cambio considerable sobre las propiedades mecánicas. Sin embargo si se observó un aumento en el tamaño de grano obtenido por metalografía. Se determinó que probablemente la causa de falla del perno puede ser la fragilización por metal líquido y acritud en caliente debidos al proceso de fabricación y proceso de unión utilizados para la obtención del producto terminado.

**Acero AISI 12L14, Fragilización, Propiedades mecánicas, Termografía**

### Abstract

The effect of increasing temperature on the mechanical properties of AISI 12L14 steel was studied due to the failure of a pin made from this material. Tensile and hardness assessments were conducted in order to obtain mechanical properties data for comparison with AISI 12L14 steel grade. The use of thermograph technique detected that during the welding process the region of pin reach around 480 °C, for this reason was studied this effect. However metallographic observations shown an increase in the grain size. It was determined that the cause of failure might be liquid metal embrittlement and hot brittleness due to the manufacturing and bonding processes used to obtain the final product.

**AISI 12L14 steel, Brittleness, Mechanical properties, Thermograph**

**Citación:** LAZCANO-UGALDE, Erika Magali, MÉNDEZ-MACÍAS, Gerardo y MEDINA-MENDOZA, José Antonio. Análisis de falla de pernos de acero AISI 12L14. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería. 2016, 3-6: 1-7.

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: erika.lazcano@utna.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En muchas de las tecnologías emergentes actuales, el énfasis principal está en las propiedades mecánicas de los materiales utilizados, sobre todo para las aplicaciones de soporte de carga, en las cuales se seleccionan los materiales de ingeniería comparando sus propiedades mecánicas con las especificaciones del diseño y las condiciones de servicio requeridas del componente. La primera etapa en el proceso de selección requiere un análisis de la aplicación del material para determinar sus características más importantes, ¿debe ser resistente, rígido o dúctil?, ¿estará sujeto a una aplicación que involucre un esfuerzo alto o una fuerza intensa repentina, un esfuerzo alto a una temperatura elevada, condiciones corrosivas o abrasivas? Una vez que se conocen las propiedades requeridas se puede realizar una selección preliminar del material apropiado utilizando varias bases de datos.

Sin embargo, se deben conocer cómo se obtuvieron las propiedades enlistadas en las hojas técnicas de los productos, conocer qué significan las propiedades y comprender que las propiedades enlistadas se obtienen a partir de pruebas idealizadas que pueden no destinarse de manera exacta a aplicaciones de ingeniería en el mundo real. Los materiales con la misma composición química nominal y otras propiedades pueden mostrar propiedades mecánicas significativamente distintas dictaminadas por sus microestructuras.

Además, los cambios en la temperatura, la naturaleza cíclica de los esfuerzos aplicados, los cambios químicos debidos a la oxidación, corrosión o erosión; los cambios microestructurales debidos a la temperatura, el efecto de los defectos posibles introducidos durante las operaciones en maquinado u otros factores también pueden tener un efecto trascendental en el comportamiento mecánico de los materiales.

Una aplicación en particular es el Acero AISI 12L14, el cual es un acero de bajo carbono con elevada capacidad de maquinado pero tiene baja forjabilidad, soldabilidad y conformado en frío.

Sus usos principales son en la fabricación de tuercas, tornillos, conexiones, partes automotrices por mencionar algunas. La alta maquinabilidad de estos aceros se debe principalmente a su contenido de plomo, ya que un gran porcentaje de plomo en los aceros se solidifica en las puntas de las inclusiones de sulfuro de manganeso.

En los tipos no resulturados de aceros, el plomo toma la forma de partículas finas dispersas. El plomo es insoluble en el hierro, cobre, aluminio y sus aleaciones. Por su baja resistencia al corte, en consecuencia, el plomo funciona como lubricante sólido y se reparte sobre la interfase herramienta-viruta durante el corte.

Cuando la temperatura es suficientemente alta por ejemplo, a grandes velocidades de corte y grandes avances, el plomo se funde directamente frente a la herramienta y funciona como lubricante líquido. Además de este efecto el plomo baja el esfuerzo cortante en la zona primaria del corte, reduciendo las fuerzas de corte y el consumo de potencia.

Sin embargo existen efectos negativos posibles sobre las propiedades y la resistencia de la parte maquinada durante su servicio.

Ya que a temperaturas elevadas el plomo causa fragilización en los aceros (fragilización por metal líquido y acritud en caliente), aunque a temperatura ambiente no tiene efecto sobre las propiedades mecánicas.

## Descripción de la situación de falla

Se llevó a cabo un análisis sobre unos pernos maquinados fabricados de un acero AISI 12L14 los cuales son remachados a unas ménsulas utilizadas para estantería, debido a que no mostraban resistencia al impacto pues al estar transportando dichas ménsulas para almacenaje, éstas cayeron al suelo observándose que los pernos se fracturaron, por lo cual el lote (Lote B) del cual provenían esos pernos fueron puestos en cuarentena hasta determinar la causa de la fractura repentina.

## Resultados obtenidos

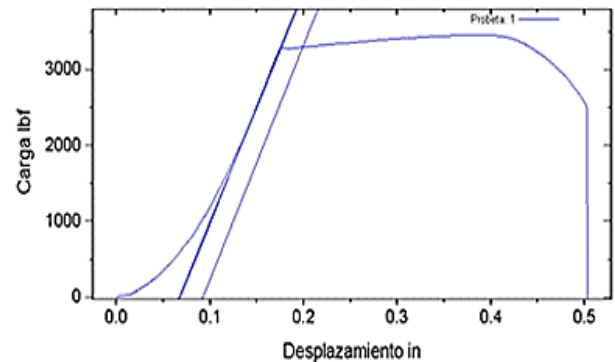
A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas físicas aplicadas al acero AISI 12L14 cuya composición química está dada en la tabla 1.

	% C	% Mn	% P	% S	% Pb
AISI 12L14	0.15 máx	0.85 – 1.15	0.04 – 0.09	0.26 – 0.35	0.15 – 0.35

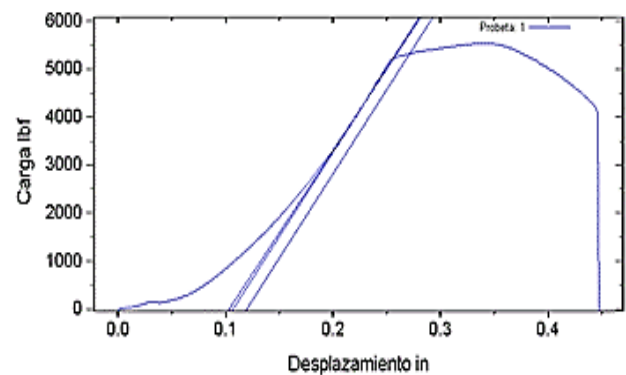
**Tabla 1** Composición química característica de un acero AISI 12L14. FUENTE: AISI.

### A. Pruebas de tensión

Las pruebas de tensión se llevaron a cabo en probetas de Acero AISI 12L14 cilíndricas con un diámetro ( $\phi_0$ ) y longitud inicial ( $L_0$ ) de 0.240 in y 11.811 in respectivamente en una máquina universal Instron modelo 4469. Se aplicó la prueba a seis probetas identificadas como OK (Producto del Lote A) y seis probetas NG (Producto de Lote B). El equipo cuenta con un software que proporciona las gráficas de esfuerzo-deformación ( $\sigma - \epsilon$ ) en psi. En los Gráficos 1 y 2 se muestran las curvas esfuerzo-deformación obtenidas en una probeta OK y en una probeta NG. Como se puede observar ambas son curvas típicas representativas de un acero AISI 12L14.



**Gráfico 1** Curva esfuerzo-deformación de la probeta 1 identificada como OK. Fuente: Elaboración propia



**Gráfico 2** Curva esfuerzo-deformación de la probeta 1 identificada como NG. Fuente: Elaboración propia

Una vez realizadas las pruebas en las muestras OK y NG se determinaron las propiedades mecánicas de cada una de ellas y se obtuvo un valor promedio para llevar a cabo la comparación de dichas propiedades contra los valores enlistados en la hoja de especificaciones del acero 12L14.

En la tabla 2 se muestran los valores obtenidos del por ciento de deformación ( $\% \epsilon$ ) y el por ciento de reducción de área ( $\% R.A.$ ) de las probetas OK y NG. En la tabla 3 se muestran las propiedades mecánicas promedio de las probetas.

Probetas	L <sub>o</sub> (in)	L <sub>f</sub> (in)	φ <sub>o</sub> (in)	φ <sub>f</sub> (in)	ε	% R. A.	Promedios	
							% ε	% R. A.
#1 OK	11.811	12.156	0.244	0.160	0.0292	57.0	3.566	52.5
#2 OK	11.811	12.187	0.240	0.162	0.0318	54.4		
#4 OK	6.378	6.614	0.315	0.223	0.0370	49.9		
#5 OK	6.378	6.654	0.315	0.221	0.0433	50.8		
#6 OK	6.378	6.614	0.317	0.223	0.0370	50.5		
#3 NG	11.811	12.125	0.240	0.163	0.0266	53.9		
#7 NG	6.378	6.614	0.299	0.209	0.0370	51.1		
#8 NG	6.378	6.654	0.297	0.207	0.0433	51.4		
#9 NG	6.378	6.654	0.344	0.247	0.0433	48.4		
#10 NG	6.378	6.614	0.305	0.212	0.0370	51.7		

**Tabla 2** Valores del porcentaje de deformación y de reducción de área. Fuente: Elaboración propia

Propiedades Mecánicas	Probeta OK	Probeta NG	Referencia
Resistencia a la tensión (psi)	78016	80586	78,000
Límite Elástico (psi)	74600	76600	60,000
% Elongación (9 in)	3.566	3.743	10 (2 in)
% Reducción de Área	52.5	51.3	35

**Tabla 3** Propiedades mecánicas de las probetas OK, NG y las especificadas para el acero 12L14. Fuente: Elaboración propia

### B. Pruebas de dureza

Posteriormente se llevaron a cabo pruebas de dureza en un durómetro marca Mitutoyo Modelo 963-102, utilizando la escala Rockwell B, un penetrador tipo esfera de 1/16 de pulgada y una precarga de 100 kgf. Los resultados obtenidos se observan en la tabla 4.

Probetas	Dureza HRB Promedio
OK	89
NG	89.5
Especificación	84

**Tabla 4** Valores de dureza Rockwell escala B obtenidas. Fuente: Elaboración propia

Como se ve en los resultados anteriores las propiedades mecánicas obtenidas tanto en las probetas identificadas como OK y NG presentan valores muy similares a los enlistados en la hoja de especificaciones del acero 12L14.

Por lo que el material trabajado es el adecuado para la fabricación de pernos debido a que por sus características presenta buena maquinabilidad. Sin embargo una vez que se le da el maquinado para obtener la forma y dimensiones requeridas, los pernos son remachados a las ménsulas y posteriormente son calentados indirectamente ya que están cercanos al área que es sometida a un proceso de soldadura por lo que pasan a formar parte del ZAC (Zona Afectada por el Calor). Como es conocido, las propiedades mecánicas son afectadas cuando el material es expuesto a temperaturas por encima de la temperatura de recristalización, razón por la cual se decidió realizar termografía durante el proceso de soldadura.

### C. Espectros térmicos

Para la obtención de los espectros térmicos se hizo uso de una cámara termográfica marca FLIR modelo ThermaCAM E4 obteniéndose que en la región donde se encuentra el perno alcanza una temperatura promedio de 480 °C.

A esta temperatura es probable que la microestructura del acero trabajado sufra modificaciones por lo cual se decidió realizar metalografías del material sin calentar y calentado a la temperatura que se alcanza durante la soldadura. Así como también se hicieron pruebas de dureza en probetas previamente calentadas a esa temperatura.

En la figura 1 se muestra la temperatura a la cual es expuesto el perno estudiado mientras que en la tabla 5 se observan los valores de dureza obtenidos después se someter las probetas a 480 °C.



**Figura 1** Espectro térmico durante el proceso de soldadura de la región donde se encuentra el perno. Fuente: *Elaboración propia*

Probetas	Dureza HRB Promedio
OK calentada	84
NG calentada	88
Especificación	84

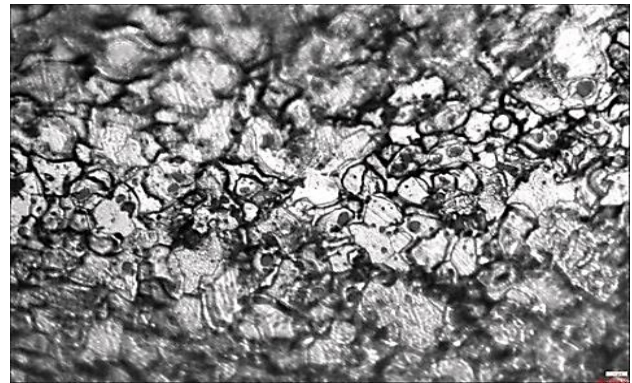
**Tabla 5** Valores de dureza Rockwell escala B obtenidas posterior al calentamiento. Fuente: *Elaboración propia*

#### D. Tamaño de grano

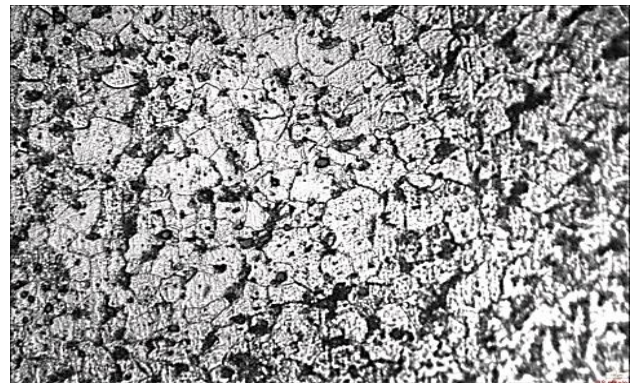
Se llevó a cabo una metalografía a las probetas OK y NG, sin calentar y calentadas a 480 °C. El reactivo utilizado para revelar la microestructura fue Nital 2.

Para la observación y medición del tamaño de grano se utilizó un microscopio metalográfico EUROMEX modelo ME2665 equipado con el software IMAGE FOCUS V3.0. Al obtener las microestructuras de las probetas se pudo determinar claramente el tamaño promedio de grano, estos resultados se observan en la tabla 6.

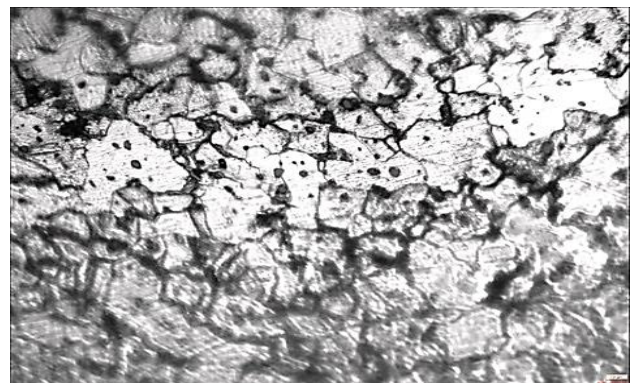
En las figura 2, 3 y 4 se muestra la microestructura de las probetas OK, NG y de un perno de material NG fracturado respectivamente. Así mismo en la tabla 6 se muestran los valores obtenidos del tamaño de grano de las probetas OK y NG sin calentar y calentadas así como del perno NG fracturado.



**Figura 2** Microestructura obtenida de la probeta identificada como OK sin calentar. Fuente: *Elaboración propia*



**Figura 3** Microestructura obtenida de la probeta identificada como NG sin calentar. Fuente: *Elaboración propia*



**Figura 4** Microestructura obtenida de un perno de material NG fracturado. Fuente: *Elaboración propia*

Probeta	Diámetro de grano promedio ( $\mu\text{m}$ )	Tamaño de grano
NG Sin maquinar	146.458	2.5
NG Calentada	243.924	1.0
NG Fracturada	213.045	1.5
OK Sin maquinar	116.241	3.0
Ok Calentada	165.896	2.0

**Tabla 6** Tamaño de grano. *Fuente: ASTM E112*

### Análisis de resultados

Como se mencionó anteriormente de acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de tensión, se observó que tanto las probetas OK y NG dan resultados de resistencia a la tensión apegados a las especificaciones proporcionadas, teniendo Probetas OK con 78,016 psi, Probeta NG con 80,586 psi y una Referencia de 78,000 psi. En cuanto al límite elástico se obtuvieron los siguientes resultados: Probeta OK 74,600 psi, Probeta NG 76,600 psi y una Referencia de 60,000 psi.

En el caso de los resultados de porcentaje de reducción de área se observa, en base a la referencia, que hay un aumento aproximado de 50% tanto para las probetas OK como para las probetas NG, lo cual indica que existe un ligero aumento en la ductilidad que se puede apreciar de manera indirecta en la reducción del diámetro de la probeta.

Posteriormente se hizo la prueba de tensión en las probetas OK y NG pero con la variante de que fueron sometidas a una temperatura de 480 °C ya que esta temperatura es alcanzada durante el proceso de soldadura y los resultados fueron los siguientes: para las probetas OK 78,825 psi, probeta NG 78,600 psi y una Referencia de 78,000 psi, con lo cual se puede decir que al someter el material a dicha temperatura la resistencia a la tensión no es afectada. En cuanto al límite elástico se observa una disminución sin embargo sigue en el rango del valor de referencia.

La prueba de dureza Rockwell llevada a cabo muestra resultados casi iguales para las probetas OK y NG, teniendo 89 y 89.5 HRB respectivamente. Posteriormente se calentaron las probetas a 480 °C y se observó el mismo comportamiento en ambas probetas, esto es, se tiene una ligera disminución, 84 y 88 HRB respectivamente. Sin embargo aun así los valores se encuentran apegados a la referencia, la cual es de 84 HRB.

### Conclusiones

Los resultados anteriores indican que las propiedades mecánicas estudiadas se encuentran apegadas a las especificaciones, observando el único cambio en el aumento de tamaño de grano cuando las muestras son sometidas a una temperatura de 480 °C, ya que las probetas OK y NG sin maquinar tienen un diámetro de grano promedio de 116.241  $\mu\text{m}$  y 146.458  $\mu\text{m}$  respectivamente, es decir aumenta 26% el diámetro en las probetas NG.

Posteriormente estas probetas son sometidas a una temperatura de 450 °C y se obtiene que el diámetro del grano aumenta en los dos casos, tanto en las probetas OK como en las NG teniendo un aumento del 41% en las probetas OK y 66% para las probetas NG, con lo anterior se puede decir que el diámetro del grano si es afectado por el aumento de temperatura al cual se sometieron las probetas.

Dicho esto cabe mencionar que en los pernos fracturados se obtuvo un promedio de tamaño de grano de 213.045  $\mu\text{m}$ , es decir, similar al obtenido al calentar la muestra. Sin embargo este cambio de tamaño de grano no afectó de manera considerable los valores de las propiedades mecánicas por lo que no se le puede atribuir como la causa de la falla del perno.



Por otra parte, y teniendo como soporte la teoría, el acero 12L14 tiene un contenido de plomo relativamente alto para la mejora de su maquinabilidad; en el caso particular del producto de estudio, es necesario para darle forma y dimensiones al perno, pero al ser el plomo un elemento con bajo punto de fusión al ser sometido a altas temperaturas (con referencia al punto de fusión del plomo que es de 327 °C) causa fragilización en el acero conocido como el fenómeno de fragilización por metal líquido y acritud en caliente.

Inclusive la fragilidad puede ser causada por la fusión local de un constituyente o de una impureza en la frontera de grano aún a una temperatura por debajo del punto de fusión del metal mismo, causado por la segregación de las impurezas.

Para poder concluir que efectivamente ocurrió la falla por este mecanismo se tendría que hacer un microanálisis en las fronteras de grano del acero y ver el contenido de plomo en esta zona para determinar que el plomo actuó como un elemento fragilizador causado por la elevación de la temperatura aunado a la deformación plástica a una velocidad de deformación rápida causada durante el proceso de remachado del perno lo cual ocasionó la fractura repentina al ser sometido a una fuerza de impacto.

## Referencias

[1] Askeland, D. R. (2011). Ciencia e ingeniería de materiales, 6ta ed. México: CENGAGE Learning.

[2] Kalpakjian, S. y Schmid, S. (2002). Manufactura, ingeniería y tecnología, 4ta ed. México: Pearson Educación.

[3] Hibbeler, R. (2011). Mecánica de materiales, 8va ed. México: Pearson Educación.

[4] Ortega, Y. (2006). Prueba de impacto: Ensayo Charpy, Revista Mexicana de Física. 51-57.

[5] Ashby, M. y Jones, D. (2008). Materiales para la Ingeniería I. España: Editorial Reverté.

[6] Smith, W. y Hashemi, J. (2014). Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales, 5ta ed. México: Mc Graw Hill.

## Diseño y fabricación de prótesis faciales utilizando técnicas modernas de la ingeniería

MEDELLIN-CASTILLO, Hugo Iván†\* & MÉNDEZ-RUIZ, Verónica

*Universidad Autónoma de San Luis Potosí*

Recibido Octubre 12, 2015; Aceptado Enero 28, 2016

### Resumen

En la actualidad es común conocer personas que desafortunadamente tienen un grado de deformidad facial, tal como la ausencia o pérdida de un pabellón auricular, de la nariz, de un ojo, de una parte de la mejilla o labio, etc. Las causas de una deformidad facial pueden ser un accidente, actos bélicos o guerras, enfermedades degenerativas como el cáncer y la diabetes, quemaduras, amputaciones o deformidades faciales congénitas. El uso de prótesis es una solución al problema de deformidades faciales, la cual permite brindar una rehabilitación natural al paciente. Existen diferentes métodos para fabricar una prótesis facial, siendo el más común la fabricación artesanal de la prótesis, lo cual requiere tiempo, experiencia y habilidades del cirujano especialista. En el presente trabajo se propone un nuevo método de diseño y fabricación de prótesis faciales basado en el uso de tecnologías modernas de la ingeniería. El objetivo es demostrar que el uso de tecnologías modernas de la ingeniería puede mejorar el proceso tradicional de diseño y fabricación de prótesis faciales. Para ello se analiza un caso de estudio correspondiente al diseño y fabricación de una prótesis auricular. Las ventajas y desventajas del método propuesto son analizadas y comparadas con el método tradicional.

**Prótesis faciales, prótesis auricular, escaneo 3D, ingeniería inversa, manufactura rápida**

### Abstract

Nowadays it is common to find people who unfortunately have a degree of facial deformity, such as the lack or loss of an ear auricle, the nose, an eye, a portion of the cheek or lip, etc. The causes of a facial deformity can be an accident, wars, degenerative diseases such as cancer and diabetes, burns, amputations, or congenital facial deformities. The use of prosthesis is a solution to the facial deformation problem, which allows the natural rehabilitation of the patient. There are different ways to fabricate a facial prosthesis; the most common method is the craftsmanship technique, which depends on the time, experience and skills of the specialist. In this paper a new method to design and fabricate facial prosthesis based on the use of modern engineering technologies is proposed. The aim is to demonstrate that the use of modern engineering technologies can enhance the traditional design and fabrication process of facial prostheses. A case study of the design and fabrication of an auricular prosthesis is analyzed. The advantages and disadvantages of the proposed method are analyzed and compared with the traditional approach.

**Facial prostheses, auricular prosthesis, 3D scanning, reverse engineering, rapid manufacture**

**Citación:** MEDELLIN-CASTILLO, Hugo Iván & MÉNDEZ-RUIZ, Verónica. Diseño y fabricación de prótesis faciales utilizando técnicas modernas de la ingeniería. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería. 2016, 3-6: 8-22.

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: hugoivanmc@uaslp.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En el mundo existe una gran cantidad de personas que tienen un grado de deformidad facial. Las causas de estas deformidades son los accidentes, actos bélicos y guerras, enfermedades degenerativas como el cáncer y la diabetes, amputaciones, malformaciones congénitas, entre otras. Algunos tipos de deformidades faciales incluyen la ausencia o pérdida del oído, nariz, ojo, o una porción de la mejilla o el labio. Las prótesis buco-maxilo-faciales pueden ser clasificadas como: oculares, orbitales, nasales, auriculares, craneales, y para corrección de defectos maxilares y mandibulares. En el caso de los defectos auriculares, el paciente puede presentar pérdida parcial o total del pabellón auricular (Jankielewicz *et al.* 2003). En México la incidencia de las deformidades auriculares es de 1 en cada 6,000 nacimientos, siendo las causas heterogéneas, incluyendo alteraciones genéticas, teratógenos y anomalías vasculares durante la morfogénesis embrionaria, así como factores hereditarios y familiares. Otros factores importantes que causan la pérdida del oído externo son enfermedades relacionadas al cáncer y accidentes que provocan un trauma en la región maxilofacial. Las consecuencias en el paciente son malformaciones en el oído que constituyen una alteración estético-funcional.

Las personas con una deformación facial comúnmente están expuestas a las críticas, presión o aislamiento de la sociedad y de ellos mismos. Su apariencia los desalienta a mezclarse con personas de apariencia física normal. Por tanto, uno de los pensamientos más fuertes de una persona afligida es encontrar alguna solución para restaurar su apariencia normal en el menor tiempo posible (Chua *et al.* 2000, Jankielewicz *et al.* 2003).

Para resolver este problema existen diversas alternativas terapéuticas tales como: la reconstrucción por métodos quirúrgicos, el uso de prótesis, y recientemente la regeneración del tejido u órgano. La reconstrucción por métodos quirúrgicos tiene buenos resultados, sin embargo presenta una serie de desventajas que se deben tomar en cuenta: la intervención quirúrgica, las complicaciones asociadas a la zona donadora y en la zona reconstruida, y la necesidad de múltiples procedimientos quirúrgicos (de dos a seis). Estos factores hacen que la reconstrucción quirúrgica sea un procedimiento complejo y poco accesible a pacientes con escasos recursos económicos, además no todos los pacientes son candidatos a cirugía; elementos como la edad, estado de salud y disponibilidad del paciente para llevar a cabo múltiples cirugías son de vital importancia antes de iniciar el tratamiento.

Por otro lado, la regeneración del tejido es un método moderno de la ingeniería tisular en el cual se busca que los tejidos u órganos se regeneren a partir de células madre depositadas en un andamio de material biodegradable. Aun cuando este método resulta ser muy beneficioso, aún se encuentra en su etapa de investigación desarrollo. El uso de prótesis es una solución eficiente y económica a las deformidades faciales ya que evita complicaciones asociadas a la zona donadora, complicaciones quirúrgicas y produce un buen resultado estético. En este método la edad del paciente no es importante, el costo es accesible y se pueden considerar personas que han sido sometidas a radioterapia o algún tratamiento fallido de reconstrucción por métodos quirúrgicos. Entre las desventajas se pueden mencionar la dependencia en la habilidad artesanal y experiencia en modelado del especialista, lo que compromete la calidad y apariencia final de la prótesis.

Otra desventaja es la utilización en algunos casos de adhesivos para piel como método de fijación de la prótesis, lo cual puede ocasionar irritación en el paciente.

En la actualidad, la cooperación entre la ingeniería y la medicina ha resultado en una integración exitosa de los instrumentos y tecnologías disponibles.

Diversos estudios multidisciplinarios han demostrado la oportunidad de compartir tecnologías innovadoras y abrir camino en el desarrollo de nuevos procedimientos. Las tecnologías modernas de diseño y manufactura en ingeniería, tal como el Escaneo 3D, los sistemas de Diseño Asistido por Computadora (CAD), la Ingeniería Inversa (RE) y la Manufactura Rápida (RM) (también conocida como Prototipado Rápido, RP), han sido concebidas y desarrolladas en el sector industrial. Sin embargo, recientemente estas técnicas han empezado a ser utilizadas como herramientas en el campo de la medicina (Hieu *et al.* 2005, Gibson *et al.* 2006).

La Cirugía Asistida por la Ingeniería (EAS) es un nuevo campo de investigación ahora aceptado internacionalmente por Instituciones de Salud y se define como “La aplicación de la ingeniería y la manufactura en el cuidado de la salud” (Lohfeld *et al.* 2007).

El objetivo de la EAS es mejorar los procedimientos médicos para mejorar el servicio ofrecido a los pacientes en áreas como la visualización 3D de partes anatómicas, planeación quirúrgica, diseño de implantes y fabricación de prótesis.

En el presente trabajo se propone un nuevo método de diseño y fabricación de prótesis faciales basado en el uso de técnicas modernas de la ingeniería.

El objetivo es demostrar que el uso de tecnologías modernas de la ingeniería puede mejorar el proceso tradicional de diseño y fabricación de prótesis faciales. Para ello se analiza un caso de estudio correspondiente a una prótesis auricular, identificando ventajas y desventajas del nuevo método en comparación con el método tradicional.

### Antecedentes teóricos

Existen diversos trabajos de investigación relacionados a la fabricación de prótesis e implantes anatómicos utilizando técnicas modernas de la ingeniería, entre las que destacan la Ingeniería Inversa (RE) y la Manufactura Rápida (RM) (también conocida como Prototipado Rápido, RP). La aplicación del prototipado rápido en la manufactura de prótesis e implantes fue inicialmente propuesto en la década pasada, obteniéndose algunos de los primeros resultados (Popat 1998, Kermer *et al.* 1998). Sin embargo, a pesar de los logros y avances que se han obtenido hasta la fecha, el uso de las nuevas tecnologías de la ingeniería está limitado a ciertos materiales y tipos de implantes o prótesis. El RP ha sido aplicado en varias áreas de la medicina: cirugía craneal, cirugía maxillofacial, cirugía dental, neurocirugía, ortopedia, otorrinolaringología, e ingeniería de tejidos. Estas aplicaciones pueden ser divididas en tres grupos principales (Hieu *et al.* 2005):

1. Diseño y manufactura de biomodelos, implantes y guías quirúrgicas.
2. Desarrollo de modelos para entrenamiento quirúrgico y dispositivos médicos.
3. Diseño y manufactura de estructuras para ingeniería de tejidos y órganos.

Varios trabajos de investigación se han reportado al respecto, entre los que destacan los siguientes.

Chua *et al.* 2000, presentaron el desarrollo de prótesis auriculares utilizando diferentes técnicas RP como: estereolitografía (SLA), deposición por hilo fundido (FDM), sinterización selectiva por láser (SLS) y fabricación por corte y laminado (LOM). Se analizan las ventajas y desventajas de cada método como: tiempo de fabricación, materiales, costo, exactitud. Como resultado se tiene que se produce una mejor exactitud del modelo en silicón de la prótesis utilizando el método de estereolitografía para la fabricación del molde, una de las razones es que el silicón es capaz de capturar los detalles del molde con lo que se obtiene una superficie suave al tacto, además tiene un costo menor y el proceso es relativamente rápido (2.5 horas). Se utiliza un escáner láser para capturar la nube de puntos de forma rápida y sin el temor de perder detalles de la superficie, lo que permite un ahorro en tiempo significativo. Por otro lado, Hieu *et al.* 2003, desarrollaron implantes para pacientes con tumores en la mandíbula utilizando técnicas como RE y RP para la reconstrucción del defecto maxilofacial. También utilizan técnicas de escaneo tridimensional como la tomografía computarizada (CT) para el diagnóstico, reconstrucción de modelos CAD y la planeación quirúrgica.

Un procedimiento para la fabricación de réplicas físicas de huesos, prótesis y guías basado en sistemas CAD/CAM y RP fue propuesto por (Ciocca *et al.* 2009). En este trabajo se evalúa el tiempo de producción de una mandíbula de cerdo con un defecto y el costo de los materiales utilizados, para determinar el impacto económico de estos procedimientos. Como resultados se obtuvo un tiempo total de modelado 3D de 8 hrs, un tiempo de fabricación de 27 horas utilizando un equipo Rapidform XOS2, y un costo del material de \$70 USD incluyendo la fabricación de la mandíbula sana y la mandíbula con defecto.

Entre las ventajas de este método se encuentra la exactitud alcanzada en la fabricación del implante, teniendo una desviación máxima de 1.18 mm en el área de corte entre la mandíbula y el implante.

Algunos elementos principales que se deben tomar en cuenta para la fabricación de modelos médicos son (Gibson *et al.* 2006): velocidad, costo, exactitud, materiales, y facilidad de uso de la tecnología. Aunque no existe duda que los modelos médicos son de gran ayuda para resolver problemas quirúrgicos complejos, aún existen numerosas deficiencias en las tecnologías RP usada para generar los modelos. Parte de esta razón es porque el equipo RP fue diseñado originalmente para resolver problemas en el área de manufactura de productos y no específicamente para resolver problemas médicos. El desarrollo de las tecnologías RP ha sido enfocado a mejoras que se adaptan a la ingeniería en lugar de la medicina. Por tanto, es importante estudiar las diferentes máquinas RP existentes en el mercado con el propósito de determinar cuál es la más conveniente para la fabricación de modelos médicos según las necesidades (Gibson *et al.* 2006).

A pesar de todo el desarrollo logrado sobre el uso de tecnologías modernas de la ingeniería en el diseño y fabricación de prótesis e implantes, su aplicación esta aún limitada en muchos hospitales.

Existen dos razones principales que dificultan el uso de estas tecnologías dentro de los hospitales. Primero, las tecnologías requieren un trabajo multidisciplinario, ingenieros y médicos deben estar bien preparados, no solo en el diseño y la manufactura, también en el campo de biomateriales, procesamiento de imágenes médicas y medicina.

Este recurso humano no está siempre disponible en los hospitales. Segundo, el costo en el tratamiento es caro; y no es conveniente cambiar los procedimientos tradicionales por los nuevos. Por otro lado, con el objetivo de transferir las aplicaciones médicas a los hospitales con éxito, se requiere:

1. Una relación estrecha de colaboración entre médicos e ingenieros, dispuestos a compartir conocimiento y experiencias; así como estimular nuevas aplicaciones médicas.
2. El desarrollo de procedimientos nuevos para proveer soluciones que mejoren la calidad en el diagnóstico y tratamiento. Concretamente se deben mejorar las habilidades del cirujano, minimizar el tiempo y la complejidad de la operación, e incrementar la seguridad para los pacientes.

El presente trabajo pretende contribuir al desarrollo de nuevos procedimientos para el diseño de prótesis e implantes faciales.

### Método tradicional

La técnica tradicionalmente utilizada para la fabricación de prótesis faciales es el método artesanal, el cual requiere de la experiencia, habilidad y tiempo del especialista.

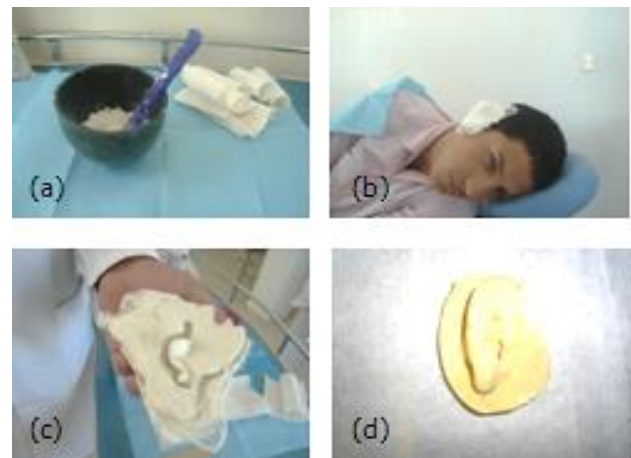
En este método la calidad y el acabado de la prótesis dependen de la habilidad manual del cirujano.

Los pasos principales para la fabricación de una prótesis o implante facial pueden variar dependiendo del tipo de deformidad facial, sin embargo varios pasos son comunes a todos los tipos de deformidades.

Para el caso de prótesis auriculares el método tradicional se describe a continuación.

### Impresión de oreja sana

El primer paso consiste en tomar la impresión de la oreja sana del paciente para obtener el modelo maestro de trabajo. Se aplica previamente vaselina sobre el cabello para evitar que se adhiera al material de impresión. Se utiliza material de impresión tipo hidrocoloide irreversible (alginato) y se coloca sobre la oreja sana del paciente. Encima del alginato se coloca una gasa para contener el material sin que se corra y encima de esta se coloca una gasa enyesada para darle a la impresión soporte sin que se desgarre o deforme al momento de retirarla. Se espera aproximadamente 10 min a que fragüe el material, después de los cuales se retira la impresión del paciente. Posteriormente se corre la impresión obtenida en yeso tipo III y cuando este hubo fraguado se retira el material de impresión. De esta forma se obtiene el modelo positivo de la oreja sana del paciente. En la Figura 1 se ilustra este procedimiento.



**Figura 1** Impresión de oreja sana: (a) alginato y gasas de yeso utilizadas para tomar la impresión de la oreja sana del paciente, (b) mezcla de alginato y agua que se colocan en la oreja sana del paciente, (c) se retira la impresión del paciente, (d) se corre la impresión obtenida en yeso tipo III

### Impresión de base auricular

En este paso es importante conocer la ubicación del conducto auditivo y tomar la impresión del área donde la prótesis va a ser colocada. Con este fin el especialista coloca un arco facial para conocer la ubicación del conducto auditivo en la oreja remanente y coloca una marca con lápiz demográfico.

Se toma la impresión con hidrocoloide irreversible (alginato) y queda la huella donde se ubica el conducto auditivo, esto sirve como referencia para colocar la prótesis auricular que debe tener el mismo nivel en relación al lado opuesto (Chua *et al.* 2000, Jankielewicz *et al.* 2003). Al igual que en el paso anterior se corre esta impresión en yeso tipo III y de esta manera se obtiene la base sobre la cual se va a modelar la oreja en cera rosa. El procedimiento se muestra en la Figura 2.

### Modelado de la oreja

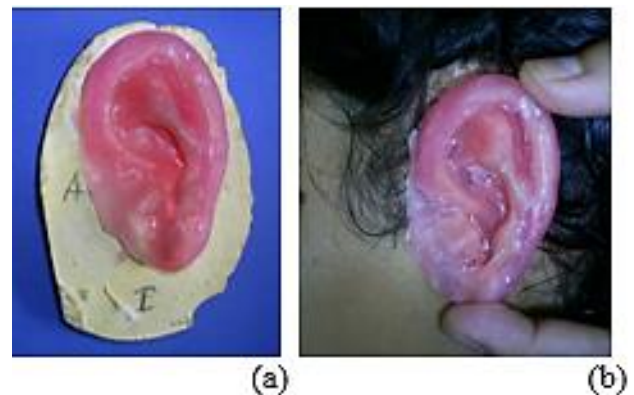
El siguiente paso consiste en modelar en cera rosa “toda estación” la oreja faltante (Figura 3), tomando como base el modelo en yeso de la oreja sana. En el modelado se debe considerar la forma, peculiaridades y características de la oreja sana del paciente. Toda esta caracterización se verifica frecuentemente colocando el modelo de cera en la cara del paciente (Chua *et al.* 2000, Garita *et al.* 2008). Las técnicas de escultura o modelado que se utilizan en las prótesis auriculares son:

- Copia invertida de la oreja opuesta faltante.
- Uso del negativo de la fotografía invertida.
- Colocación del modelo de la oreja faltante o foto del perfil del paciente (área sana) frente a un espejo.
- Transferencia sobre papel celofán.
- Uso del pantógrafo espacial inversor.

- Uso de modelos de stock.
- Obtención del modelo del pabellón auricular del paciente antes de la cirugía.



**Figura 2** Impresión de base auricular: (a) el especialista coloca el arco facial en el paciente para conocer la ubicación del conducto auditivo en la oreja remanente, (b) se marca con un lápiz demográfico, (c) al momento de tomar la impresión con hidrocoloide irreversible (alginato) queda la huella donde se ubica el conducto auditivo



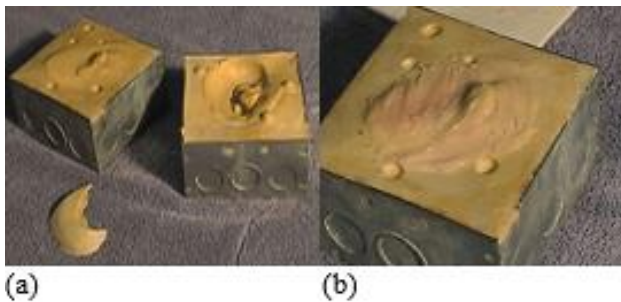
**Figura 3** Modelado de la oreja: (a) modelo en cera rosa “toda estación” de la oreja faltante, (b) verificación en el paciente

### Fabricación de molde

A partir del modelo en cera se realiza el enmuflado de la prótesis. Para ello se utiliza una mufla de prostodoncia y yeso tipo III (piedra) para la base de la mufla.

Cuando el yeso ha fraguado se colocan dos capas de separador para proceder a colocar la contra mufla y agregar yeso tipo IV (Garita *et al.* 2008). La Figura 4a muestra la mufla de una prótesis auricular.

Cuando el yeso de la mufla ha fraguado se coloca en una olla con agua caliente a 100° centígrados por 15 min (proceso conocido como de “cera perdida”). Posteriormente se abre la mufla para lavar y remover la cera que ahora es líquida. Se agrega más agua caliente con detergente en polvo, tallando las dos contrapartes de la mufla con un cepillo de cerdas de plástico, esto para evitar que se queden restos de cera y grasa en el yeso (Garita *et al.* 2008).



**Figura 4** Fabricación de la prótesis: (a) molde, (b) moldeo de la prótesis

### Fabricación de la prótesis

El especialista lleva a cabo la caracterización del silicón grado médico utilizando fibras “flock” (fibras textiles), esto con el objetivo de que el silicón tenga la misma tonalidad que la piel del paciente, Figura 4b.

Se coloca el silicón en la mufla con una espátula fina. Finalizando este procedimiento, se cierra la mufla uniendo las dos contrapartes y se lleva a una prensa hidráulica con una fuerza de presión de 400 Kg. y se deja vulcanizar por 24 horas (Garita *et al.* 2008).

### Caracterización final

Después que el silicón ha fraguado se rescata de la mufla y comienza la caracterización extrínseca de la prótesis con pinturas al óleo y pinceles de diferentes grosores según el área a caracterizar. El objetivo es dar detalles en cuanto al color de la piel del paciente así como manchas, pecas, cicatrices u oscurecimientos de áreas específicas. Finalmente cuando el color de la prótesis es satisfactorio se coloca una capa de silicón grado médico, esto con el fin de sellar el color colocado y evitar que se borre con facilidad (Garita *et al.* 2008).

Como se puede observar este procedimiento tradicional es muy artesanal, dependiendo en gran medida de la habilidad y experiencia del especialista.

### Método propuesto asistido por la ingeniería

Con base al análisis del método tradicional y tomando en cuenta las técnicas de diseño y fabricación modernas de la ingeniería, se propone una nueva metodología para asistir el diseño y fabricación de prótesis. La metodología propuesta se muestra en la Figura 5, y consta de las siguientes etapas generales:

1. Información del paciente. Obtención de información digital del paciente por medio de imágenes médicas CT, MR y/o escaneo 3D.
2. Procesamiento de imágenes médicas. Procesamiento de los datos del paciente con el propósito de generar los modelos anatómicos tridimensionales (modelos CAD) correspondientes.
3. Modelado anatómico. Diseño del implante o prótesis mediante un sistema CAD en el cual se puedan realizar operaciones de reconstrucción y diseño de modelos anatómicos.
4. Fabricación rápida. Fabricación rápida del modelo o molde anatómico utilizando técnicas de manufactura y/o prototipado rápido.



5. Post-procesamiento. Post-procesamiento del modelo anatómico fabricado con el propósito de generar el implante o prótesis final de acuerdo a los materiales y características considerados en el diseño en particular.



**Figura 5** Método asistido por la ingeniería para el diseño y fabricación de prótesis

Cabe hacer mención que la gran mayoría de los implantes faciales no tienen un propósito funcional, sino que son para fines estéticos o apariencia. Por lo tanto, se trata de modelar o fabricar formas externas sin importar la constitución interna de la parte anatómica.

### Caso de estudio

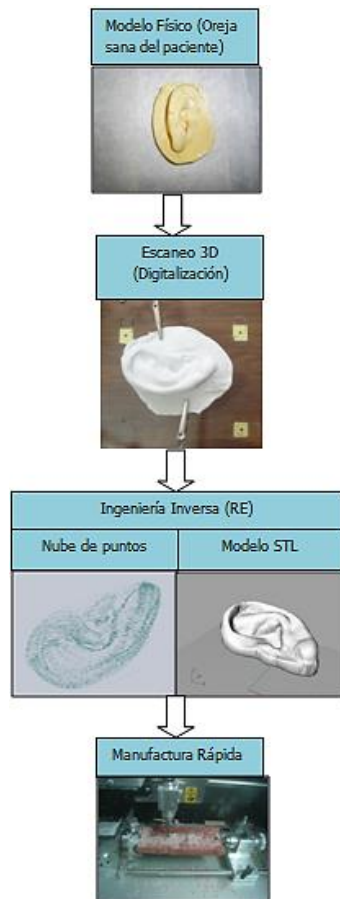
Para analizar y evaluar el método propuesto, se consideró el desarrollo de un caso de estudio correspondiente al diseño y fabricación de una prótesis auricular para un paciente masculino de 20 años de edad, originario y residente de San Luis Potosí, S.L.P., soltero, con escolaridad de secundaria terminada, y empleado en la industria como soldador.

El paciente presenta pérdida total del pabellón auricular en el lado izquierdo y se pretende colocar una prótesis auricular, ver Figura 6.



**Figura 6** Paciente joven con pérdida total del pabellón auricular izquierdo

La metodología utilizada para este caso de estudio se muestra en la Figura 7, la cual fue definida con base al método propuesto asistido por la ingeniería. Cabe hacer mención que esta metodología no está limitada a los equipos, software o materiales utilizados en el presente caso de estudio.



**Figura 7** Método asistido por la ingeniería para el diseño y fabricación de una prótesis auricular

### Modelo físico

El primer paso es la obtención del modelo físico del paciente utilizando un procedimiento similar al utilizado en el método tradicional. Una de las razones por las cuales se propone el uso de un modelo físico rígido de la oreja, es debido a que la oreja es tejido blando, el cual puede deformarse al estar en contacto con algún objeto, como el caso de un palpador o punta del escáner 3D. Por esta razón y para evitar errores geométricos, se propone el uso de un modelo sólido de la oreja sana. También es importante resaltar que no todos los pacientes pueden ser considerados para la colocación de prótesis, en algunos casos extremos tales como quemaduras faciales se deben elegir otros métodos como la cirugía plástica.

### Escaneo 3D

Para pasar de un modelo físico a un modelo digital se procede a la digitalización del modelo físico mediante un escáner 3D. Con el propósito de aumentar la precisión y disminuir el ruido en el proceso de digitalización, se propone el uso de un escáner 3D del tipo contacto.

En el presente trabajo se utilizó un escáner MicroScribe G2X, Figura 8a y 8b. Para realizar la digitalización del modelo físico se realiza un barrido utilizando la herramienta Scan Planes, del software MicroScribeUtility del escáner, en la cual se divide el área de trabajo en planos paralelos virtuales y cada vez que la punta del escáner pasa por uno de estos planos virtuales se capturan las coordenadas de un punto.

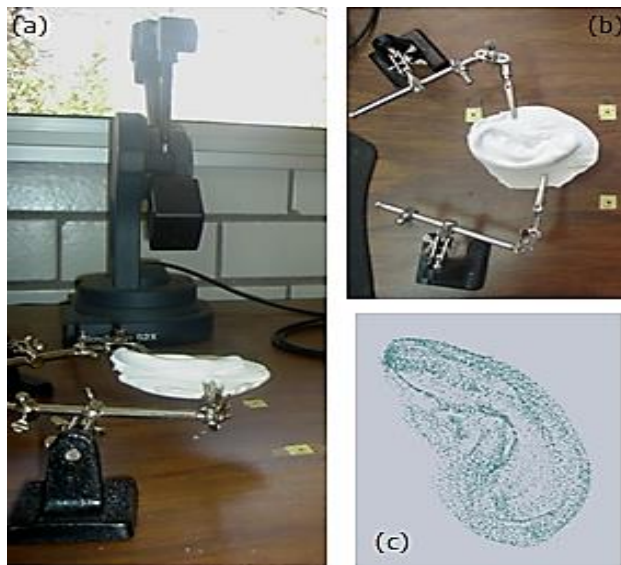
Una vez capturados los datos se abren en SolidWorks® utilizando la herramienta ScanTo3D, como se muestra en la figura 8c.

### Ingeniería Inversa (RE)

El siguiente paso comprende el análisis y manipulación CAD de la información obtenida del escaneo 3D (nube de puntos), proceso conocido como ingeniería inversa (RE).

El propósito de este paso es la obtención del modelo CAD de la oreja faltante. En los últimos años se han desarrollado diversos software para llevar a cabo la RE y desarrollar nuevos productos, entre ellos destacan Catia, Copycad, Geomagic Studio, Imageware, Rapidform, Freeform, Rhinoceros, SolidWorks, etc. Cada paquete CAD posee fortalezas y limitaciones. Algunos superan las operaciones CAD, mientras otros tienen características adicionales que les permiten llevar a cabo otras operaciones tales como editar la nube de puntos y soportar la conversión a formato STL.

Cualquiera de este software puede ser utilizado para llevar a cabo el proceso RE de la prótesis. En el caso particular de este trabajo se utilizó Solidworks por sus capacidades CAD y manejo de la nube de puntos, y Rhinoceros por su capacidad de manejo de modelos de superficies y su conversión a modelos sólidos 3D y formato STL.



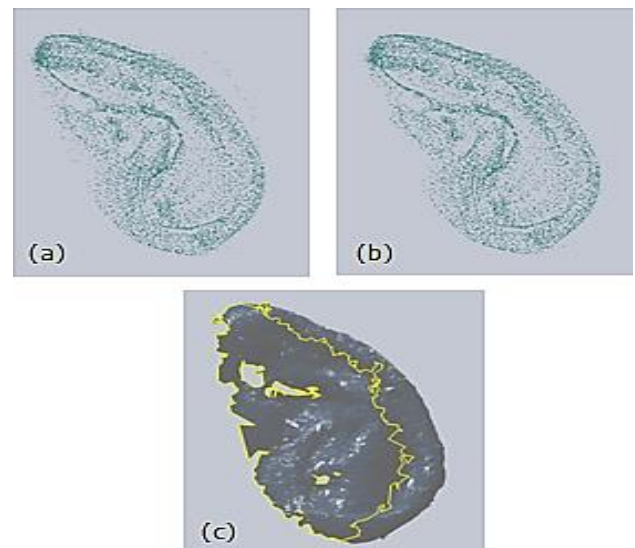
**Figura 8** (a) y (b) escáner MicroScribe G2X con la impresión de la oreja sana del paciente obtenida en yeso, (c) nube de puntos en SolidWorks utilizando la herramienta ScanTo3D

En general el proceso RE utilizando la herramienta ScanTo3D de SolidWorks® consta de los siguientes pasos principales (Xiuzi *et al.* 2008):

1. Importar los datos escaneados en forma de nube de puntos o mallas.
2. Pre-procesamiento de los datos importados, incluyendo simplificación, remover ruido y suavizar la superficie.
3. Crear una malla a partir de la nube de puntos. La creación de la malla implica el pre-procesamiento de la malla, la reparación de la topología y el rellenado de agujeros.
4. Crear superficies basadas en la malla, utilizando la creación automática de superficies.

5. Exportar las superficies reconstruidas a un sistema CAD para manipularlas, crear otras características y terminar los detalles del modelo.

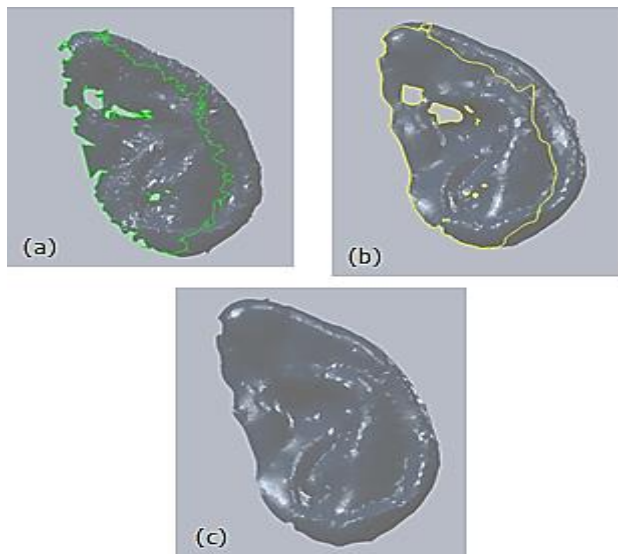
El pre-procesamiento o limpieza de los datos escaneados es muy importante debido a que las superficies reconstruidas están basadas en la malla del modelo. El pre-procesamiento de la nube de puntos incluye: eliminación de ruido, remoción de datos extraños y la simplificación. La Figura 9 muestra en forma esquemática el pre-procesamiento de los datos de la nube de puntos.



**Figura 9** Pre-procesamiento de datos: (a) tamaño original de la nube de puntos: 8718, (b) tamaño final de la nube de puntos: 8072, después de la eliminación del ruido y simplificación, (c) mallado de la nube de puntos

El pre-procesamiento de la malla es más complicado. Éste incluye alineación y registro de múltiples piezas de la malla, simplificación, suavizado, reparación y rellenado de agujeros.

La Figura 10 muestra los pasos principales del pre-procesamiento de la malla.



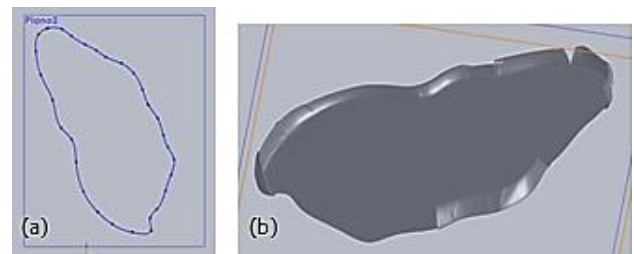
**Figura 10** (a) malla original, (b) malla después de la simplificación y el suavizado, (c) malla después de llenar agujeros

Con la nube de puntos se ha creado una superficie 3D abierta de la oreja. Sin embargo, es necesario generar un sólido CAD con el propósito de convertirlo a un formato STL para ser utilizado en los sistemas RM.

Para ello se utiliza la herramienta de superficies de SolidWorks® que permite crear superficies cerradas.

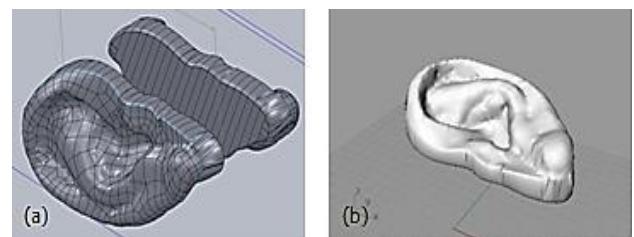
En primer lugar se debe crear un plano paralelo a la superficie de la oreja y sobre este plano se traza la forma de la base. Posteriormente este plano se divide utilizando la función líneas de partición, como se muestra en la Figura 11a.

A continuación se conectan los dos conjuntos de superficies utilizando la función recubrimiento y rellenado de superficies, como se muestra en la Figura 11b, obteniéndose así una superficie cerrada.



**Figura 11** Creación de superficies cerradas: (a) superficie con la forma del contorno de la oreja, (b) superficie cerrada

Una vez obtenida la superficie cerrada de la oreja sana, se utiliza la función espejo para invertirla y de esta manera obtener la oreja faltante del paciente, como se muestra en la Figura 12a. Finalmente se exporta el archivo CAD a Rhinoceros® en donde se convierte a un modelo sólido para poderlo transformar a un formato STL compatible con los sistemas de manufactura rápida, ver figura 12b.



**Figura 12** (a) Utilizando la función espejo se obtiene la oreja faltante que necesita el paciente, (b) se exporta el archivo a Rhinoceros 4.0 para convertirlo a un modelo sólido y transformarlo al formato STL

### Manufactura rápida (RM)

Posterior a la obtención del modelo STL de la oreja faltante, se procede a la fabricación de la oreja utilizando un sistema de prototipado o manufactura rápida. Existe una gran variedad de sistemas RP&M en el mercado, la mayoría utilizan un proceso aditivo en el cual la pieza se va creando capa por capa utilizando un material específico. Cualquiera de estos sistemas se puede utilizar para fabricar la oreja, sin embargo existen limitantes ya que solo pueden utilizar ciertos materiales en particular.

En el caso del presente trabajo se utilizó un sistema Roland MDX40A debido a que ofrece la ventaja de utilizar diversos tipos de materiales, como la cera rosa, y además era el único sistema que se tenía disponible. El sistema Roland utiliza una técnica de remoción de material capa por capa de la pieza de trabajo (Medellín & Pedraza 2009).

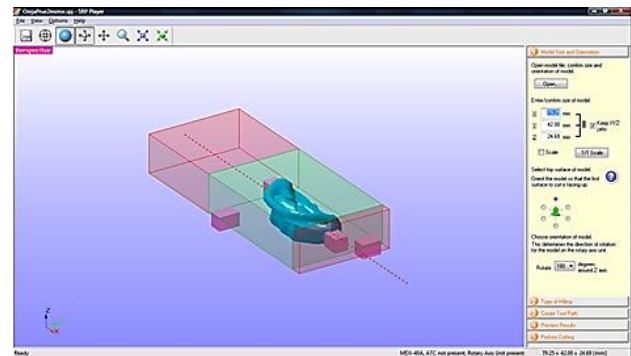
Para la fabricación de la oreja faltante del paciente, originalmente se contemplaron tres opciones:

1. Fabricación directa de la oreja faltante en silicón grado médico.
2. Fabricación de un molde con la forma de la oreja faltante;
3. Fabricación de la oreja faltante en cera rosa “toda estación”.

La primera opción se descartó debido a que la prótesis final de la oreja debe contar con una base de acuerdo a la forma particular donde se ubica el conducto auditivo remanente del paciente, esto para que pueda embonar al momento de colocar la prótesis. El modelo en cera es por lo general moldeado sobre esta base por el cirujano antes de la fabricación en silicón. Adicionalmente, el color y la textura de la oreja deben coincidir con las características del paciente. Tomando estos factores en consideración se determinó que no es factible fabricar la prótesis auricular directamente en el silicón grado médico.

Debido a que la geometría de la oreja es muy complicada (se tienen zonas de difícil acceso, cavidades casi cerradas y muchas irregularidades), la fabricación del molde se vuelve una tarea compleja y laboriosa, teniendo como resultado en muchos de los casos un molde complejo, poco práctico y con problemas de interferencia que evitan el desmolde de la pieza.

Por lo anterior, la segunda opción también fue descartada. Finalmente la opción tres fue considerada como la opción más viable debido a que considera la fabricación del modelo en cera de la oreja faltante. De esta manera se permite que el especialista pueda moldear posteriormente la base de la oreja de acuerdo al conducto auditivo y forma de la cabeza del paciente. El proceso de manufactura rápida de la oreja comienza importando el archivo STL al programa SRP Player® del sistema Roland, como se muestra en la Figura 13. Este software divide al modelo STL en capas (como comúnmente se hace en los sistemas RM y RP), creando de manera automática las trayectorias de la herramienta.



**Figura 13** Programa SRP Player que muestra el archivo STL importado

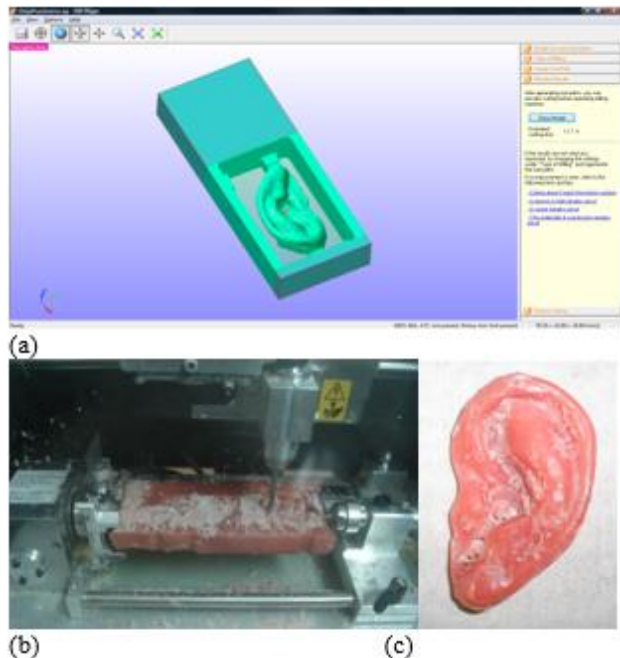
El procedimiento general en el software SRP Player® para la fabricación rápida de la oreja en el sistema Roland es:

1. Definir el tamaño y la orientación del modelo.
2. Seleccionar el método de corte y colocar soportes al modelo.
3. Definir el tipo de material y el tamaño del stock.
4. Generar las trayectorias de la herramienta.
5. Vista previa de los resultados.
6. Corte de la pieza.

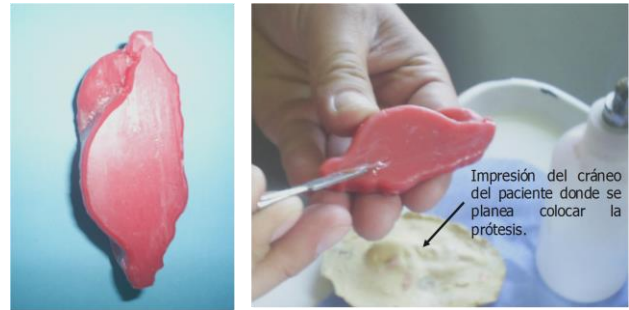
La Figura 14a muestra los resultados de la visualización previa del modelo antes de su fabricación, la Figura 14b muestra el trabajo de la máquina Roland MDX 40A sobre el stock de cera rosa, y la Figura 14c muestra el modelo en cera terminado.

### Fabricación del molde y prótesis final

El especialista realiza el moldeo de la base del modelo en cera sobre la base del cráneo donde planea colocar la prótesis, Figura 15. Cuando se tiene listo el modelo en cera, se fabrica el molde de la prótesis siguiendo el proceso tradicional conocido como cera perdida, el cual se mencionó en el método tradicional (sección 3). A partir de este paso se unen ambos métodos (tradicional y propuesto) para lograr fabricar una prótesis auricular utilizando las tecnologías modernas de la Ingeniería Inversa.



**Figura 14** Fabricación rápida del modelo: (a) vista preliminar, (b) corte en la máquina Roland MDX 40A, y (c) modelo final en cera



**Figura 15** Moldeo de la base del modelo en cera sobre la impresión del cráneo del paciente

### Evaluación y discusión

De los resultados obtenidos del desarrollo del caso de estudio se generaron las observaciones que se describen en los siguientes párrafos. Las ventajas de usar las técnicas modernas de la ingeniería en la fabricación de prótesis auriculares son:

- La calidad, geometría y acabado de la prótesis no dependen de la habilidad y experiencia del especialista.
- El modelo de la oreja faltante puede ser obtenido de manera muy precisa a partir de la oreja sana del paciente, esto mediante la ingeniería inversa y la función espejo de los sistemas CAD.
- Los requerimientos en cuanto a precisión y exactitud en aplicaciones médicas relacionadas a las prótesis faciales permiten el uso de sistemas de escaneo 3D.

Dentro de las desventajas que se tienen con el uso de las técnicas modernas de la ingeniería se pueden mencionar las siguientes:

– El tiempo de fabricación del modelo en cera en el método propuesto, es mayor comparado contra el tiempo requerido en el método tradicional. El especialista tarda un tiempo aproximado de 13 horas en fabricar el modelo en cera, mientras que utilizando las técnicas de RE y RM se requieren aproximadamente 34 horas, de las cuales 12 son horas hombre (diseñador) y 22 horas máquina. Sin embargo el costo por hora de un cirujano especialista puede ser mayor que el costo por hora del diseñador y uso de los sistemas RM.

– Las técnicas RE y RM aplicadas a la medicina requieren un grupo multidisciplinario. Adicionalmente se requiere contar con los equipos necesarios como el escáner 3D, el software RE y CAD, así como un sistema de manufactura rápida.

Por lo anterior, se puede decir que la integración de las técnicas modernas de la ingeniería permite mejorar la calidad y precisión de las prótesis faciales pero con un tiempo y costo más elevado debido a los dispositivos y grupo de trabajo requeridos. Sin embargo, estos tiempos y costos pueden llegar a reducirse en la medida en que el uso de dichas técnicas sea más común en la medicina y los costos de los equipos disminuyan.

El uso de bases de datos de modelos digitales anatómicos puede reducir o eliminar el proceso de digitalización, RE y diseño, reduciendo el costo total de la prótesis. Adicionalmente, el uso de sistemas de fabricación rápida de mayor capacidad puede reducir el tiempo y costo de fabricación promedio ya que se pueden producir varias piezas (prótesis) en una sola corrida de la máquina, producción en lotes.

En el caso de prótesis faciales, como el caso de una prótesis de oreja, el uso de las técnicas modernas de la ingeniería puede resultar en una capacidad tecnológica sobrada.

Sin embargo, su uso se vuelve importante cuando se trata de prótesis o implantes internos para la reconstrucción de hueso debido a enfermedades o traumas, así como para la planeación quirúrgica, en donde la precisión del implante o prótesis es de vital importancia. En estos casos, la precisión lograda con las técnicas modernas de la ingeniería puede conducir a un diagnóstico más preciso, una planeación más fácil del tratamiento, una planeación quirúrgica más eficiente, una reducción del tiempo en quirófano, y un tiempo de rehabilitación y recuperación más corto.

Finalmente es importante mencionar que la metodología propuesta para el diseño de prótesis e implantes faciales es general y debe ser adaptada para cada caso particular, tal como se realizó en el caso de estudio desarrollado. Adicionalmente los equipos y dispositivos utilizados pueden no están limitados a los mencionados en este trabajo.

### Conclusiones

En este trabajo se ha propuesto y evaluado una nueva metodología para el diseño y fabricación de prótesis e implantes faciales basada en el uso de tecnologías modernas de la ingeniería. El método propuesto considera el uso de las tecnologías de la ingeniería en las etapas de digitalización, diseño y fabricación de la prótesis o implante, reduciendo las desventajas del proceso tradicional de modelado manual. Los resultados de la evaluación demuestran que el método propuesto incrementa la calidad y precisión dimensional de la prótesis o implante; sin embargo el costo y tiempo de fabricación son más elevados debido a los dispositivos y grupo de trabajo requeridos.

Como trabajo futuro se contempla el análisis de otros casos de estudio considerando diferentes tipos de prótesis o implantes faciales.

### Agradecimientos

Al PROMEP (SEP) y al CONACYT por el apoyo financiero otorgado para la realización del proyecto, No. de proyecto: CB-2010-01-154430.

### Referencias

Chua Chee Kai, Chou Siaw Meng, Lin Sin Ching, Lee Seng Teik, Saw Chit Aung (2000). Facial prosthetic model fabrication using rapid prototyping tools. *Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 11, Issue 1, pp. 42 – 53.

Ciocca L., De Crescenzo F., Fantini M., Scotti R. (2009). CAD/CAM and rapid prototyped scaffold construction for bone regenerative medicine and surgical transfer of virtual planning: A pilot study. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, Vol. 33, pp. 58 – 62.

Garita Medrano Elizabeth, González Cardín Vicente, Galicia Arias Araceli (2008). Rehabilitación protésica de órbita implanto soportada en un paciente con secuela de médula epiteloma teratoide maligno. *Cancerología*, Vol. 3, pp. 77-87.

Gibson I., Cheung L.K., Chow S.P., Cheung W.L., Beh S.L., Savalani M., Lee S.H. (2006). The use of rapid prototyping to assist medical applications. *Rapid Prototyping journal*, Vol. 12, Issue 1, pp. 53-58.

Hieu L.C., Zlatov N., Vander Sloten J., Bohez E., Khanh L., Binh P.H., Oris P., Toshev Y. (2005). Medical rapid prototyping applications and methods. *Assembly Automation*, Vol. 25, Issue 4, pp. 284–292.

Hieu L.C., Bohez E., Vander Sloten J., Phien H.N., Vatcharaporn E., Binh P.H., An P.V., Oris P. (2003). Design for medical rapid prototyping of cranioplasty implants. *Rapid Prototyping Journal*, Vol. 9, No. 3, pp. 175 – 186.

Jankielewicz Isabel y co-autores (2003). *Prótesis Buco – Maxilo – Facial*, Editorial Quintessence, S.L. Barcelona, Spain.

Kermer C., Rasse M., Lagogiannis G., Undt G., Wagner A., and Millesi W. (1998). Colour stereolithography for planning complex maxillofacial tumor surgery. *Journal of cranio-maxillofacial tumor surgery*, Vol. 26, pp. 360-2.

Lohfeld S., McHugh P., Serban D., Boyle D., O'Donnell G., Peckitt N. (2007). Engineering Assisted Surgery: A route for digital design and manufacturing of customised maxillofacial implants. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 183, pp. 333 – 338.

Medellín-Castillo Hugo I., Pedraza Torres Joel Esau (2009). Rapid Prototyping and Manufacturing: A Review of Current Technologies. *Proceedings of the 2009 ASME International Mechanical Engineering Congress & Exposition (IMECE)*, Lake Buena Vista, Florida, USA.

Popat A.H. (1998). Rapid prototyping and medical modelling. *Phidias – EC funded Network Project on Rapid Prototyping in Medicine*, Vol. 1, pp. 10-12.

Xiuzi Ye, Hongzheng Liu, Lei Chen, Zhiyang Chen, Xiang Pan, Sanyuan Zhang (2008). Reverse innovative design—an integrated product design methodology. *Computer-Aided Design*, Vol. 40, pp. 812 – 827.



## El uso del robot NAO para el desarrollo de las habilidades Speaking y Listening en el idioma Inglés con alumnos de nivel superior

SÁNCHEZ, Octavio†\*, CÓRDOVA, Luis Alberto, LÓPEZ, Pablo y ALFARO, Julio César

*Universidad Tecnológica de Tehuacán*

Recibido Octubre 21, 2015; Aceptado Marzo 13, 2016

### Resumen

Este documento describe el uso del robot NAO en la enseñanza del Idioma Inglés para ayudar a desarrollar en los alumnos las habilidades de Speaking y Listening de manera natural. Se utilizó el software Choregraphe 2.1 para crear módulos utilizando el lenguaje de programación Python y posteriormente sean ejecutadas en NAO conversaciones de diferentes niveles que permitan al alumno practicar y aplicar el vocabulario adquirido así como los tiempos verbales de forma teórica en el aula. El proyecto permitirá a los alumnos de universidad un mejor desarrollo en dos habilidades indispensables para el dominio del Idioma Inglés.

**NAO, choregraphe, Python**

### Abstract

This document describes the use of the NAO robot to teach English language to help the students develop the Speaking and Listening skills in a natural way. The software Choregraphe 2.1 was used to create modules using Python programming language to upload to NAO different conversations of different levels allowing the student to practice and use the acquired vocabulary as well as the verbal tenses within their classroom. The project will allow students from college level to have a better development with two basic skills to have a fluent English.

**NAO, choregraphe, Python**

**Citación:** SÁNCHEZ, Octavio, CÓRDOVA, Luis Alberto, LÓPEZ, Pablo y ALFARO, Julio César. El uso del robot NAO para el desarrollo de las habilidades Speaking y Listening en el idioma Inglés con alumnos de nivel superior. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería. 2016, 3-6: 23-27.

\*Correspondencia al Autor:( Correo Electrónico: octavio.sanchez@uttehuacan.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La globalización ha permitido que los países realicen intercambio de bienes, servicios, ideas y tecnología principalmente, por consecuencia se requiere un idioma en común que permita la comunicación para lograr dichos intercambios de manera exitosa; es por ello que para satisfacer esta necesidad se ha llevado a consenso mundial que el Inglés sea reconocido como el idioma de la comunicación mundial (Maria Laura, 2010), así mismo según David Cristal, un idioma alcanza el estatus de genuinamente global cuando desarrolla un rol especial, reconocido en cada país (Crystal, 2003).

De esta manera, es indispensable que los alumnos de nivel superior desarrollen las habilidades necesarias para poder comunicarse en el idioma Inglés, para ello se presentan cuatro principales habilidades del idioma Inglés, Speaking (hablar), Listening (escuchar), Writing (escribir) y Reading (leer).

Este trabajo se enfoca en el desarrollo de dos de esas habilidades:

- **Speaking (hablar):** Es la suma de las 4 habilidades lo que dará el mejor resultado, ya que al contar con un amplio vocabulario y cultura proveídos por el desarrollo de la lectura y la escritura, la comunicación verbal será mucho más eficiente y adecuada.
- **Listening (escuchar):** La comprensión auditiva es un paso inicial clave en la comunicación y en el aprendizaje del idioma Inglés. Mientras mayor sea su capacidad del estudiante de entender el idioma, mejor será su capacidad de comunicarse y como consecuencia, podrá desarrollar el resto de las habilidades lingüísticas. Es por ello que las actividades de repetir en voz alta o tener conversaciones son actividades importantes que forman parte del aprendizaje.

De esta manera se busca que los alumnos tengan la mayor inmersión posible con el idioma Inglés para poder desarrollar las habilidades antes mencionadas.

El primer problema al que se enfrentan los alumnos es la pena de poder expresarse en Inglés con sus docentes, es por ello que se ha utilizado como herramienta de apoyo al robot NAO para generar una interacción natural mediante sus sentidos de Oído y Habla que se componen de cuatro micrófonos direccionales, bocinas y la inteligencia artificial que le permite determinar el Idioma en el que se le habla, así como tomar el mensaje que se le ha transmitido, con todo esto el robot NAO puede mantener una conversación preconfigurada entre NAO y el estudiante. Siendo entonces el robot NAO una excelente herramienta que ayuda al alumno a practicar sus habilidades de Listening y Speaking, sin la necesidad de interactuar con el docente, así mismo motiva al alumno a mejorar su pronunciación ya que el robot NAO permite evaluar la exactitud de la palabra o frase recibida en el mensaje, así como la habilidad de Escucha, ya que el robot NAO tiene al Idioma Inglés como Idioma Nativo para la comunicación verbal; teniendo como resultado un mejoramiento en el aprendizaje del Idioma Inglés en los alumnos de educación Superior, particularmente en los alumnos de Tecnologías de la Información y Comunicación de la Universidad Tecnológica de Tehuacán.

## Metodología

Para el desarrollo de presente proyecto de investigación se utilizó una metodología con un enfoque cuantitativo pues, el problema de estudio es delimitado y concreto. De este enfoque se realizó una revisión bibliográfica de investigaciones similares realizadas con anterioridad, sobre el tema en cuestión, basado en eso se realizó el marco teórico.

**Marco teórico**

La innovación en la educación y el uso de las tecnologías siempre han sido una herramienta de gran de gran utilidad, ya que permitido desarrollar en los estudiantes habilidades de forma más interactiva y motivándolos en su aprendizaje. A continuación se describen las tecnologías utilizadas para el desarrollo del presente proyecto.

**Robot NAO**

El robot Humanoide NAO es la combinación de ingeniería mecánica y software, esta hecho de múltiples sensores y motores, permite la creación de software de propósito específico que es pilotado por un sistema operativo hecho a la medida: NAOqi OS. Cuenta con siete "Sentidos" para realizar una interacción natural:

**Movilidad:** 25 grados de libertad y una forma humanoide que le permiten moverse y adaptarse a su alrededor. Su unidad inercial le permite mantener su balance y saber si esta de pie o sentado.

**Sistema sensorial:** Los numerosos sensores en su cabeza, manos y pies, así como sus sonares, le permiten recibir su entorno y orientarse.

**Oído y Habla:** Cuenta con 4 microfones direccionales y bocinas, para poder interactuar con humanos de una manera completamente natural hablando y escuchando.

**Vista:** Esta equipado con dos cámaras que filman su entorno en alta resolución, ayudándolo a reconocer formas y objetos.

**Conexiones:** Para acceder a Internet autonomamente, acceder a la configuración del robot, recibir programas especializados e incluso obtener los E-mails, cuenta con conexiones WIFI y Ethernet.

**Pensamiento:** Con NAO no podemos realmente hablar de "Inteligencia Artificial", pero puede reproducir comportamiento humano (Aldebaran). Es importante mencionar que el comportamiento humano es proporcionado al robot a través de rutinas o programas especializados que se desarrollan en función del comportamiento que se desea reproducir.

**Choregraphe**

Choregraphe es una aplicación de escritorio multiplataforma, permite crear animaciones, comportamientos, así como probarlos en un robot simulado o directamente en uno real, ya que permite controlar a NAO.

Choregraphe permite crear comportamientos complejos, como por ejemplo, interacciones con personas, baile, mandar y recibir e-mails, entre otras. Permite la programación de forma gráfica o mediante el lenguaje de programación Python. (documentation)

**Python**

Python es un lenguaje de programación simple y poderoso con excelentes funcionalidades para procesar datos lingüísticos. Python está orientado a objetos; cada variable es una variable que tiene ciertos atributos y métodos definidos. Utiliza espacios en blanco (tabulaciones) para anidar sentencias. (Steel, 2009)

## Idioma Inglés

El concepto de Inglés de especialidad ha sufrido una serie de cambios desde sus orígenes. Si bien en los años sesenta existía un interés por hacer de la lengua inglesa un vehículo de intercambio académico, cultural, social y económico, la situación se ha visto totalmente modificada casi medio siglo más tarde. De hecho, la utilización de la lengua inglesa con fines específicos se ha convertido en una obligación para profesionales de los más diversos ámbitos. Así, es prácticamente imposible concebir intercambios comerciales entre dos países en una lengua distinta al Inglés. (Palmer)

## Plan de Estudios

El plan de estudios de las universidades tecnológicas abarca nueve cuatrimestres, esta basado en el Marco de Referencia Europeo, con el cual se pretende llevar a los alumnos hasta el nivel B1 al terminar su programa educativo. A lo largo de el periodo de estudio del idioma los alumnos deben desarrollar las habilidades propias del idioma (speaking, listening, reading y writing), lo que en un ambiente en donde predomina el idioma Español dificulta la adquisición del idioma Inglés

## Análisis de viabilidad

La Universidad donde este proyecto se realizó cuenta con cinco Robots NAO, de los cuales tres de ellos están asignados al área de Tecnologías de la Información y Comunicación, los dos restantes están asignados al área de Mecatrónica. Por lo anterior el proyecto fue realizado sin problemas o contratiempos, ya que la utilización de los Robots NAO se pudo realizar de forma inmediata.

## Desarrollo

El desarrollo del proyecto consiste en la una primera fase en la elaboración de conversaciones orientadas a niveles básicos, las conversaciones son cargadas en el robot NAO con la ayuda del software choregraph 2.1. Se programan con el lenguaje de programación Python "proposal" que permiten la facilidad de iniciar un interacción oral ya que al ser registradas NAO espera escucharlas para disparar o iniciar la conversación. La muestra utilizada fue de 10 alumnos del segundo cuatrimestre de TSU en Tecnologías de la Información y comunicación, los 10 alumnos se quedaban después de clases a trabajar 20 minutos tres veces a la semana. Cinco de los 10 alumnos trabajaban conversando con el docente, los cinco restantes realizaban la misma conversación pero practicando con el Robot NAO.

## Programación en Choregraphe

En la etapa de programación se necesitó definir "concepts", estos son palabras claves, conceptos u oraciones que se almacena como un conjunto de posibles palabras en un alumno puede decir.

```
concept:(greetings) ^rand[hi hello "hey there"]
```

Figura 1 Definición de un concepto

Al iniciar la animación si el usuario expresa una palabra u oración almacenada en el concepto definido previamente, NAO es activado y contesta con una oración referenciada mediante una Etiqueta, que igualmente debe ser definida.

```
u:(~greetings)~greetings
```

Figura 2 El usuario dice una palabra definida y NAO responde con otra

**Pruebas preliminares**

En la fase de pruebas se encontró que se debía ajustar la tolerancia de la entrada de las palabras pronunciadas por los alumnos, Por defecto el umbral de confianza está al 30%, se subió al 95% pero el nivel de exigencia es mayúsculo y en la mayoría de casos NAO no podía entender lo dicho, por lo que se tuvo que ajustar nuevamente, se calibro con ayuda de los maestros de la academia de Idiomas de la Universidad Tecnológica de Tehuacán, mediante el dialogo con NAO buscando un umbral de confianza que permita realizar una conversación fluida con personas hábiles en el “Speaking”.

**Resultados**

De la muestra descrita anteriormente los cinco alumnos que interactuaron con el Robot NAO mostraron una mejora en sus habilidades de “Speaking” y “Listening”, puesto que al estar interactuando con un humanoide que solo responde a un pre configuración el alumno se ve forzado a repetir hasta lograr un respuesta por parte de NAO, a diferencia de la muestra que solo trabajo con el docente, pues el docente tiene un mayor margen de tolerancia hacia lo que el alumno dice.

**Conclusiones**

Actualmente la rutina creada para las clases de Inglés se han aplicado como pruebas de demostración con grupos de pocos alumnos, logrando mejoría en su pronunciación, el robot NAO cuenta con una configuración del 80 % en el reconocimiento de palabras o frases, es por ello que requiere de mayor exigencia en la pronunciación del alumno.

En lo referente al Listening del alumno ha mejorado, pero en repetidas ocasiones se solicita que el robot repita un par de veces más la pregunta o afirmación que realiza el robot NAO, esto aunque pudiera representar un problema, debe considerarse como una excelente oportunidad de mejora en los alumnos, desde siempre considerando en lograr un mejor y/o excelente manejo del idioma Inglés.

**Referencias**

Aldebaran. (n.d.). Aldebaran. Retrieved 26 de 04 de 2016 from <https://www.aldebaran.com/en/cool-robots/nao/find-out-more-about-nao>

Crystal, D. (2003). English as a Global Language. Cambridge. documentation, N. S. (n.d.). Aldebaran. Retrieved 29 de 04 de 2016 from [http://doc.aldebaran.com/1-14/software/choregraphe/choregraphe\\_overview.html](http://doc.aldebaran.com/1-14/software/choregraphe/choregraphe_overview.html)

Maria Laura, B. A. (20 de 09 de 2010). <http://cepjuanxxiii.edu.ar>. Retrieved 25 de 04 de 2016 from <http://cepjuanxxiii.edu.ar/wp-content/uploads/2010/07/Por-que-es-importante-saber-ingles.pdf>

Palmer, J. C. Linguistic studies in academic and professional English.

Steel, J. (2009). Natural Language Processing with Python. California, Sebastopol, USA: O'Reilly Media, Inc

## Implementación de un sistema de riego a base de material reciclable (PET), en el cultivo de pepino (*cucumis sativus*) bajo invernadero

VARGAS-SOTO, Juan Ángel†\* & SILVA-MARRUFO, Oscar

Recibido Noviembre 03, 2015; Aceptado Febrero 25, 2016

### Resumen

Implementar un sistema de riego a base de material reciclable (PET), en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus*) bajo invernadero, Determinar el gasto de agua por min en el emisor de sistema de riego por goteo a base de material reciclable y Determinar el gasto de agua por hr en el emisor de sistema de riego por goteo a base de material reciclable. El presente proyecto se desarrolló en la localidad de San Francisco Javier de Lajas, en el municipio de Coneto de Comonfort, Durango, Dgo. Se llevó a cabo una desinfección de infraestructura del invernadero, Se preparó el suelo manualmente, Se implementó un sistema de riego por goteo, se colocó un tramo de rafia para poder sujetar el material reciclable, trasplante, monitoreo del sistema de riego, instalación de soportes para guiar la planta, se contribuyó en el mecanismo de sustentabilidad ya que en estos días el material PET, como resultado y comparaciones que se llevaron a cabo en tres diferentes camas con distintas velocidades de frecuencia como son: baja, media y alta. La velocidad baja en la cama 1 se obtuvo un mayor aprovechamiento de agua de 1.3 L/hr con gasto de 1.02 L/Hr y 17 mL/min mientras la que tenía mayor velocidad fue la cama 3 obtuvo un gasto de 2.82 L/hr y 47 mL/min con un gasto mayor de 1.3 L/hr y menor aprovechamiento de agua.

**Velocidad, frecuencia, gasto de agua, PET, pepino, plaga**

### Abstract

Implement an irrigation system based recyclable material (PET), in the cultivation of cucumber (*Cucumis sativus*) under greenhouse Determine water consumption per min in the transmitter system drip irrigation based recyclable material and determine the hr water consumption by the emitter drip irrigation system based recyclable material. This project was developed in the town of San Francisco Javier de Lajas, in the municipality of Coneto de Comonfort, Durango, Durango. Was carried out disinfection infrastructure greenhouse, the soil is prepared manually, an irrigation system was implemented drip, a length of raffia was placed to hold recyclables, transplantation, monitoring irrigation system installation media to guide the plant, he contributed to the sustainability mechanism because these days the PET material results and comparisons were carried out in three different beds with different speeds are often as low, medium and high. Low speed in bed 1 increased water use 1.3 L / hr with spending of 1.02 L / Hr and 17 mL / min was obtained while he had more speed was 3 bed obtained an expenditure of 2.82 L / hr and 47 mL / min with a greater expenditure of 1.3 L / hr and less use of water.

**Speed, frequency, water consumption, PET, cucumber, plague**

**Citación:** VARGAS-SOTO, Juan Ángel & SILVA-MARRUFO, Oscar. Implementación de un sistema de riego a base de material reciclable (PET), en el cultivo de pepino (*cucumis sativus*) bajo invernadero. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería. 2016. 3-6: 28-31.

\*Correspondencia al Autor:(Correo Electrónico: oscar.silva@utrodeo.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El proyecto es un sistema de riego por goteo elaborado con material reciclable se decidió este proyecto porque no se cuenta con este elemento, se pretende economizar y reutilizar materiales para lograr una producción de pepino mediante esta implementación, Es por eso que una de las necesidades que satisface el riego por aspersión es la de crear una lluvia con una intensidad de que no sea mayor que la velocidad de filtración del agua en el suelo cultivado.

Esta técnica es 100 % reciclable ya que este material es durable hasta 100 años, lo ase resistente a cambios bruscos de temperatura y puede ser factible bajo invernadero ya que puede ser graduado mediante un catéter directamente a la planta, cubrir la demanda de agua en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*), bajo invernadero. El riego tiene por objetivo satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos, aplicando el agua en una distribución uniforme y eficiente (Sánchez, 2002). Esta eficiencia requiere de la utilización de riego localizado de la alta frecuencia.

Durante los últimos 10 años, el sistema de riego por goteo ha sido el más difundido en nuestro país, estimándose que existen alrededor de 12.000 Ha instaladas con este método, especialmente con frutales y parronales (Sandoval, 1993). Es una técnica que permite determinar el nivel óptimo de riego en la aplicación a los cultivos, de acuerdo a las interacciones específicas de suelo, cultivo, clima y manejo agronómico (Ortega, 1999).

## Materiales y Métodos

El presente proyecto se desarrolló en la localidad de San Francisco Javier de Lajas, en el municipio de Coneto de Comonfort, Durango, Dgo, (Figura 1).



Figura 1 Área de estudio. Fuente: Google hearts

## Metodología

Desinfección de invernadero. Se llevó a cabo una desinfección de infraestructura del invernadero se utilizó 15 L de agua disuelto al 1% de cloralex® (150 ml), mediante mochila aspersora con una capacidad de 40 L.

Preparación de suelo. Se preparó el suelo manualmente utilizando herramientas como el talacho para perforar la tierra, azadón para eliminar los terrones y esto para la elaboración de camas y se utilizó el rastrillo para nivelación de camas.

Instalación de sistema de riego. Se implementó un sistema de riego por goteo ya que este es el más eficiente en el uso de agua, se colocó un tramo de rafia de 1.60 m para poder sujetar el material reciclable (PET), esto le ayuda para poder realizar el riego por gravedad.

Materiales a base de (PET). Se utilizó materiales reciclables para así ayudarnos nosotros mismos en el ámbito económico y a la vez ayudando al medio ambiente al reutilizar el material evitando la contaminación que emiten estos materiales.

Trasplante de pepino bajo invernadero. El trasplante se estableció a raíz desnuda en camas a interpiere hasta su desarrollo final.

Monitoreo de sistema de riego. Se llevó a cabo un constante monitoreo del sistema de riego para identificar los problemas que puedan surgir, a su vez controlando la inyección del riego a la planta y abasteciendo los contenedores para un riego constante.

Deshierbe manual en planta de pepino. Se instalaron algunos soportes para colocar los materiales reciclables (PET).

Instalación de soportes para el tutorado. Se instalaron algunos soportes para colocar los materiales reciclables (PET), para la instalación de un sistema de riego y a su vez tutorar con rafia para guiar a la planta.

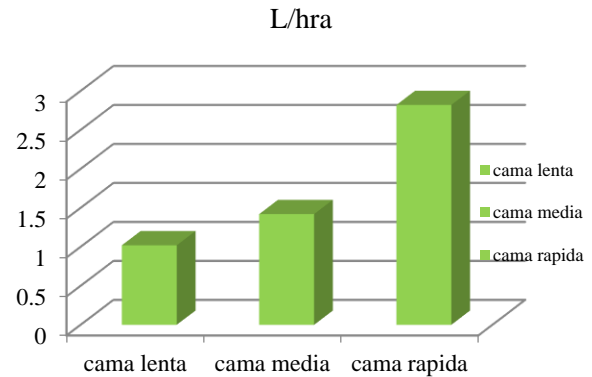
Colocación de tutorado en planta. Se simulo en forma de anillo para sujetar a la planta y no lastimarla al momento de la implementación de sistema de riego a base de material reciclable (PET). Posteriormente se colocó un tramo de rafia de 1.80 m que sirve como guía para el desarrollo de la planta bajo invernadero.

**Resultados**

Cama lenta	Cama media	Cama rápida
1.02 L/hra	1.42 L/hra	2.82 L/hra

**Tabla 1** Frecuencia de riegos por cada cama. Fuente. M.C. Oscar Silva Marrufo

En la cama lenta se observó un ahorro de agua de 1.3 L/h, por lo tanto fue el más significativo para el mayor aprovechamiento en el bulbo de humedad (Tabla 1 y Grafico 1).



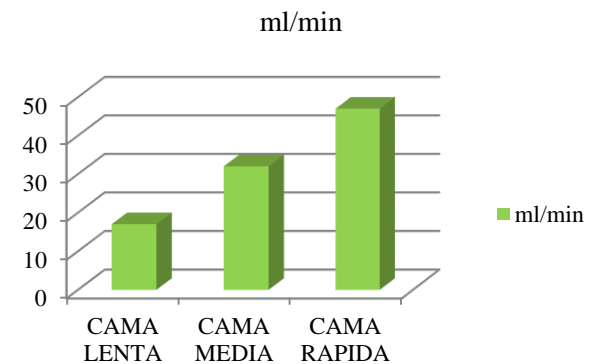
**Grafico 1** Frecuencia de riego de L/hra. Fuente. M.C. Oscar Silva Marrufo

En la Tabla 2 se observa que en la cama 1 lenta con un gasto de 17 mL/min fue el menor porcentaje de riego por minuto, el más alto fue de 47 mL/min.

Cama lenta	Cama media	Cama rapida
17 mL/min	32 mL/min	47 mL/min

**Tabla 2** Frecuencia de riegos por cada cama. Fuente. M.C. Oscar Silva Marrufo

En el caso del Grafico 2 se muestra el mayor porcentaje de gasto de emisor en cama 3 rápida, con un gasto de 47 mL/min.



**Grafico 2** Frecuencia de riego de mL/min. Fuente. M. C. Oscar Silva Marrufo



Se logró elaborar 3 camas con diferentes frecuencias de agua esto para lograr la demanda de agua de cultivo de pepino, se instaló 12 materiales reciclables (PET), con 1.5 L de capacidad y 12 cateter posteriormente se instaló un rotoplas con capacidad de 500 L, esto para cubrir la demanda de agua en los materiales reciclables por cama.

### **Agradecimientos**

A la Universidad Tecnológica de Rodeo. Por el apoyo económico para poder participar en este CICA 2016 en la modalidad de poster.

A la localidad de San Francisco Javier de Lajas municipio de Coneto de Comonfort, Dgo. Por realizar este proyecto en las tierras de dicha localidad, esto fue en el área de invernadero que fue rehabilitado por dentro y fuera.

A la clínica # 12 por la donación de cateter que fueron como implemento como sustitución de mangueras para la implementación de un sistema de riego y vecinos de la localidad de San Francisco Javier de Lajas, por la donación de material reciclable (PET), ya que fueron de vital importancia para implementar el sistema de riego en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*).

### **Conclusiones**

Este sistema de riego es eficiente en la demanda de agua en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*), bajo invernadero. En su función fue notable que el sistema de riego fue eficiente cubriendo la demanda de agua en cultivo.

Al momento de implementar el sistema de riego fue complicado la obtención del material (catéter) para sustituir mangueras de riego esto para cubrir la demanda del material requerido.

### **Referencias**

Ortega, L., 1999. Revista Tierra Adentro, Noviembre, 1999, 25 p.

Sandoval, J., 1993. Planificación y manejo de riego en el cultivo de papa. *In: V Jornadas de Extensión Agrícola. Manejo Agronómico del Cultivo de Papa y las Perspectivas del Mercado.* Universidad Católica de Temuco. Agosto de 1993.

Sánchez, A. 2002. Propagación por enraizamiento de estaca en la especie medicinal el maiten (*Mayte nusboaria mol*), bajo sistema de riego de cinta de goteo a comunidades Mapuche de la IX, Tesis Católica Temuco. Facultad de ciencias agropecuarias y forestales. 59 p.

## Propuesta de diseño del taller de manufactura esbelta en el laboratorio de postprensa de la UTFV

GONZÁLEZ-NÚÑEZ, Israel†\*, QUINTERO-AVILES, Carlos, ESPINOSA-JIMÉNEZ, María Margarita y GUERRERO-CORONEL, Wendy

Recibido Octubre 25, 2015; Aceptado Enero 18, 2016

### Resumen

La manufactura esbelta es una herramienta poderosa que nos sirve para mejorar significativamente la calidad de prácticamente cualquier proceso productivo. Los alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas Productivos deben ser capaces de implementar las herramientas de la manufactura esbelta en los procesos que les sean encomendados en su labor diaria, la exigencia en los estándares de calidad cada vez más altos muestran el camino a seguir en el cambio de cultura laboral y la mejora continua de los procesos. Aquí se muestran los resultados obtenidos de la implementación de las herramientas de la manufactura esbelta en el diseño del taller aplicado en el laboratorio de postprensa, contemplando el programa de estudios vigente y que actualmente cursan los alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas Productivos, en la asignatura de manufactura esbelta correspondiente al 7mo. cuatrimestre. La intención de dicha implementación es que los alumnos tengan un claro ejemplo práctico del uso de estas herramientas que posteriormente pondrán en práctica en el desarrollo de sus proyectos de estadía. Todo esto desarrollando prácticas de encuadernado mediante diferentes métodos, mismas que simulan un proceso de producción real donde participan: materia prima, mano de obra, maquinaria, métodos y medición.

**Diseño de Taller, Postprensa, Manufactura esbelta, Sistemas productivos, Mejora continúa**

### Abstract

The lean manufacturing is a powerful tool that helps us to significantly improve the quality of practically any production process. Engineering Productive Systems students should be able to implement the lean manufacturing tools to the processes they are entrusted in their daily work, the demand in the standards of increasingly higher quality show the way to go in changing work culture and continuous improvement of the processes. Here are shown the results of the implementation of lean manufacturing tools in the applied workshop design in the post press laboratory, considering the current studies program and which is studied by the students of the engineering productive systems career, in the lean manufacturing subject that correspond to the seventh quarter. The intention of this implementation is that students have a clear practical example of the use of these tools which subsequently will put into practice in the development of their stay projects. All this through developing binding practices by different methods same that simulate a process of real production where participate: raw material, manpower, machinery, methods and measurement.

**Design Workshop, Postpress, Lean Manufacturing, Production Systems, Continuous Improvement**

**Citación:** GONZÁLEZ-NÚÑEZ, Israel, QUINTERO-AVILES, Carlos, ESPINOSA-JIMÉNEZ, María Margarita y GUERRERO-CORONEL, Wendy. Propuesta de diseño del taller de manufactura esbelta en el laboratorio de postprensa de la UTFV. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería. 2016, 3-6: 32-40.

\*Correspondencia al Autor:(Correo Electrónico: gonzalez\_1978@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Existe actualmente un laboratorio específico para el desarrollo de prácticas de manufactura creado por la empresa FESTO, el laboratorio está especialmente acondicionado para desarrollar lo que se conoce como el Synchro game, que forma parte de un diplomado que la empresa FESTO ofrece, nuestra adaptación de dicho taller al taller de acabados está encaminado a la mejora del proceso enseñanza aprendizaje, que actualmente existe y que con apoyo de las diferentes dinámicas del Synchro game, es posible generar en los alumnos el aprendizaje significativo requerido por los objetivos de los programas académicos, los alumnos de nuevo ingreso de la Ingeniería en Sistemas Productivos, son parte de un grupo piloto, el cual tiene la posibilidad de experimentar el uso práctico de las herramientas de la manufactura esbelta, en un proceso productivo ya conocido por ellos como es la Postprensa. Cabe mencionar que este trabajo es la pauta para la apertura de un enorme abanico de posibilidades dentro de los diversos sistemas productivos que se manejan solo en la carrera de Ingeniería en Sistemas Productivos. Las pruebas que se desarrollaron en esta investigación están encaminadas a establecer un comparativo cuantificable del impacto que tiene la implementación de estas herramientas en el proceso y como puede catapultarse a un proceso más complejo.

## Antecedentes

### 1. ¿Qué es la manufactura esbelta?

La Manufactura Esbelta son varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reducir desperdicios y mejorar las operaciones.

La Manufactura Esbelta nació en Japón y fue concebida por los grandes gurús del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyota entre algunos. El sistema de Manufactura Esbelta se ha definido como una filosofía de excelencia de manufactura, basada en:

- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio.
- Mejora continua: Kaizen.
- La mejora consistente de Productividad y Calidad.

### 2. Objetivos de la manufactura esbelta

Los principales objetivos de la Manufactura Esbelta es implantar una filosofía de Mejora Continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

Manufactura Esbelta proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida. Específicamente, Manufactura Esbelta:

- Reduce la cadena de desperdicios dramáticamente.
- Reduce el inventario y el espacio en el piso de producción.
- Crea sistemas de producción más esbeltos.
- Crea sistemas de entrega de materiales apropiados.
- Mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.

### 3. Beneficios

La implantación de Manufactura Esbelta es importante en diferentes áreas, ya que se emplean diferentes herramientas, por lo que beneficia a la empresa y sus empleados. Algunos de los beneficios que genera son:

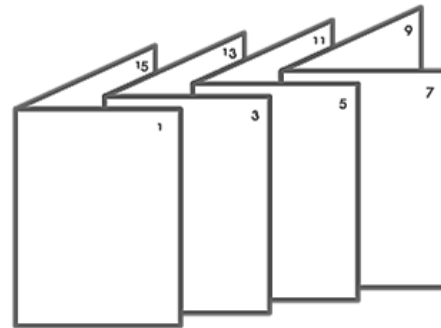
- Reducción de inventarios.
- Reducción del tiempo de entrega (lead time).
- Mejor Calidad.
- Menos mano de obra.
- Mayor eficiencia de equipo.
- Disminución de los desperdicios.
- Sobreproducción.
- Tiempo de espera (los retrasos).
- Transporte.
- El proceso.
- Inventarios.
- Movimientos.
- Mala calidad.

Una Definición de Manufactura Esbelta  
Una planta de manufactura esbelta se caracteriza por...

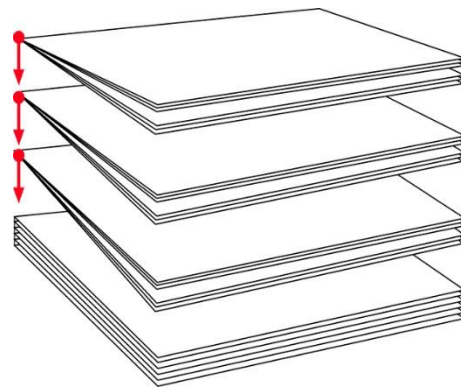
- Producción integrada de una sola pieza (es decir, un flujo continuo de trabajo) con inventarios mínimos en cada etapa del proceso de producción.
- Capacidad de producción en lotes pequeños que esté sincronizado con la programación de embarque.
- Prevención de defectos en lugar de inspección y retrabajo al crear calidad en el proceso e implementar procedimientos de retroalimentación con tiempo real.
- Planeación de producción impulsada por la demanda del cliente o “Jalar” y no para satisfacer la carga de la máquina o flujos de trabajo inflexibles en el piso de producción.

### Desarrollo

El taller de acabados cuenta actualmente con los siguientes equipos: Engrapadora Bostitch M17 de 2 cabezales, Guillona Polar 66 ECO programable, Guillotina Manual, Mesas de trabajo, prensas, estos equipos se muestran en las figuras 3 a la 6, mismos que fueron ubicados como parte de las etapas que comprenden tres procesos en específico y esto es para la elaboración de 4 productos diferentes como son: 1. Encuadernado engrapado a caballo de 40 hojas, 2. Encuadernado rustico cosido de 80 hojas, 3. Encuadernado engrapado a caballo de 50 hojas y 4. Encuadernado engrapado en tándem de 15 hojas.



**Figura 1** Formación encuadernada a caballo. <http://macolen.com/wp-content/uploads/2016/03/LOGO-ENCABEZADO-MACOLEN-18.png>



**Figura 2** Formación encuadernada engrapado en Tándem y rustico cosido. [http://1.bp.blogspot.com/-vmq5Fu48WFE/TPW6uSmQkI/AAAAAAAAARs/GlgFqm99iA/s320/B\\_alzados.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-vmq5Fu48WFE/TPW6uSmQkI/AAAAAAAAARs/GlgFqm99iA/s320/B_alzados.jpg)



**Figura 3** Engrapadora Bostitch M17 de 2 cabezales. Fuente I. González



**Figura 5** Guillotina Manual. Fuente I. González



**Figura 4** Guillotina Polar 66 ECO programable. Fuente I. González



**Figura 6** Mesas de trabajo. Fuente I. González

### Descripción de los puestos de trabajo

El proceso en si se divide en etapas o departamentos encargados de cumplir un objetivo particular y estos fueron nombrados de la siguiente manera:

Cliente. - Es el que se encarga de generar un pedido en el cual especifica el modelo y cantidad de producto a entregar en un tiempo programado, con base en una lista de pedidos que solo él conoce.

Programación. - Recibe el pedido por parte del cliente y genera la orden de producción correspondiente especificando el modelo y cantidad requerido.

Almacén. - Recibe la orden de producción y surte los materiales necesarios para que se produzca el tipo de encuadernado, en las cantidades especificadas por el departamento de programación de producción.

Armado 1. – Recibe la orden de producción y el material por parte del almacén se encarga de realizar el dobles o el embocado de las hojas las cuales regresa al almacén una vez terminado su trabajo.

Formación. - Recibe la orden de producción y el material del almacén para comenzar la formación del encuadernado dependiendo el modelo una vez realizado esto regresa el producto al almacén.

Nota: Dependiendo del tipo de encuadernado este pasara del almacén a engrapado si es encuadernado a caballo o en tándem engrapado y si es cosido reforzado pasara a armado 2.

Engrapado. – Recibe el material previamente formado y realiza los ajustes correspondientes a la máquina de acuerdo al tipo de encuadernado (a caballo o tándem), una vez realizado esto regresa el producto al almacén.

Armado 2. – Recibe el material cuando se trata de un encuadernado cosido reforzado realiza los cortes, el encolado y la colocación del hilo en material previamente sujeto por la prensa una vez terminada la actividad regresa el producto al almacén.

Refinado. – Recibe de almacén los distintos tipos de encuadernado y los refina (corta) a las medidas previamente establecidas, una vez terminada su actividad regresa el producto al almacén.

Control de Calidad (CC).- Almacén indica a Calidad que los encuadernados ya están terminados, CC revisa el producto terminado de acuerdo a la orden de producción generada por programación, si el producto cumple con lo especificado se envía a finanzas y si el producto es rechazado se envía a retrabajo.

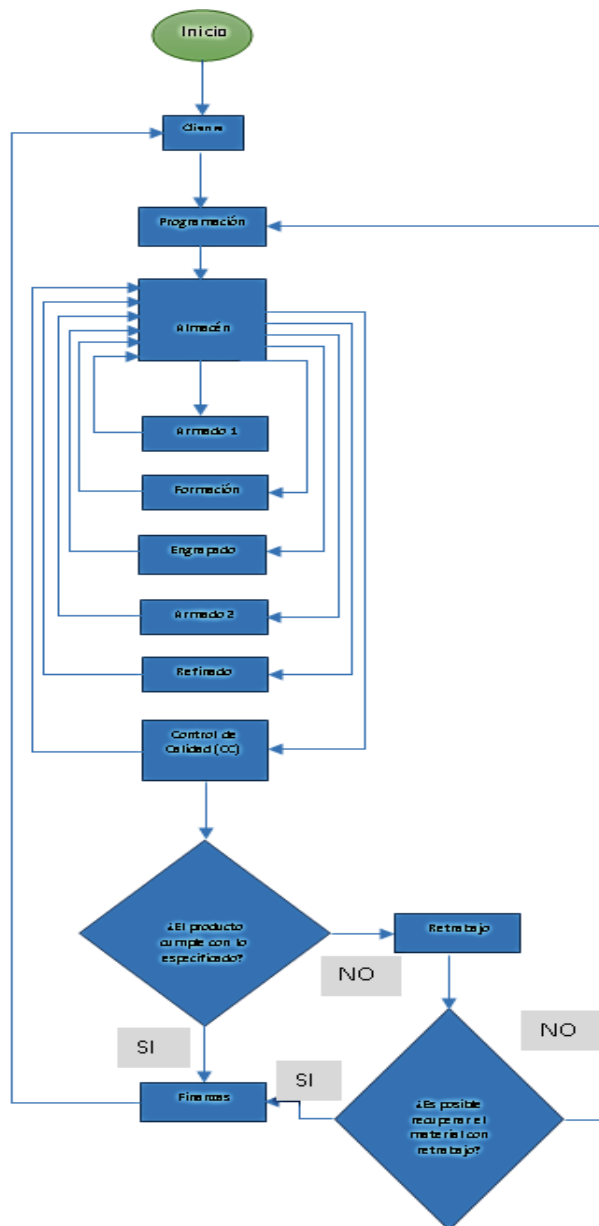
Retrabajo.- revisa el material rechazado y define si se desecha, al no tener forma de recuperarlo o se retrabaja hasta que cumpla lo especificado, el material retrabajado y aceptado se envía a Finanzas y del material desechado se notifica a Programación para que genere una nueva orden de producción

Finanzas.- Entrega el producto terminado al cliente y cobra a esté dependiendo del tipo de encuadernado, además es el encargado de pagarle al Proveedor por los materiales que ha comprado el Almacén.

Proveedor.- Se encarga de entregar al Almacén lo solicitado en la orden de material y cobra a Finanzas por el material entregado.

**Diagrama de Flujo Básico**

El siguiente diagrama de flujo muestra la secuencia lógica del desarrollo del proceso durante la práctica de encuadernado con la intención de que el alumno mejore este proceso con las herramientas vistas de forma teórica en el salón de clases



**Figura 7** Diagrama de flujo del proceso de encuadernado Fuente I. González

**Desarrollo de la Práctica**

Cada departamento al principio de la dinámica es organizado por los propios alumnos, previamente se explica de manera general cuales son los productos a elaborar, así como las actividades de cada puesto de trabajo, la idea principal es crear caos, esto con la finalidad de que el alumno comience a identificar las áreas de oportunidad susceptibles de ser mejoradas a través de las herramientas de la manufactura esbelta. Los departamentos de trabajo se muestran en las figuras de la 8 a la 16.



**Figura 8** Departamento de Finanzas Fuente I. González



**Figura 9** Cliente Fuente I. González



**Figura 10** Departamentos de Programación y Calidad  
Fuente I. González



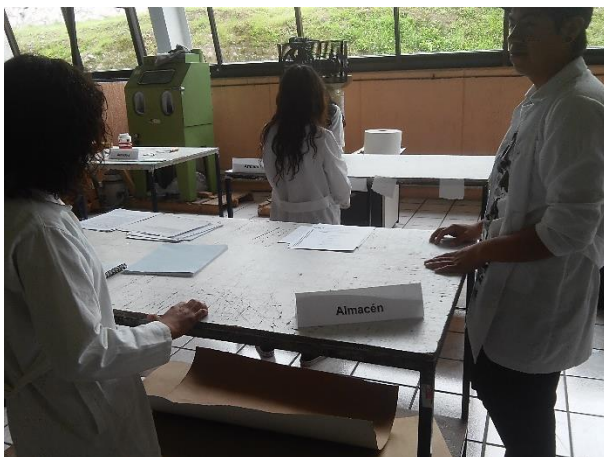
**Figura 13** Departamentos de Armado 1 y Formación  
Fuente I. González



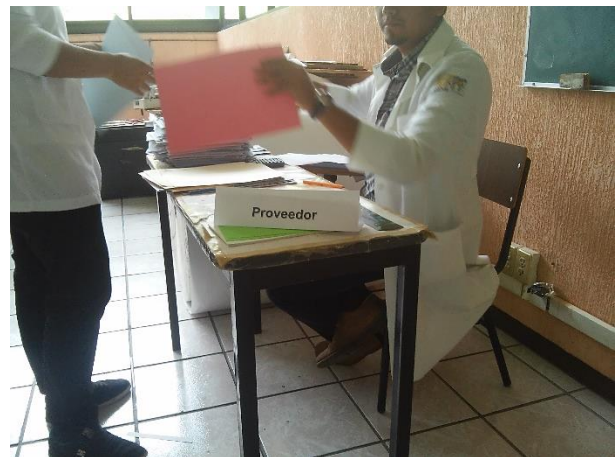
**Figura 11** Departamento de Refinado Fuente I. González



**Figura 14** Departamento de Armado 2 Fuente I. González



**Figura 12** Departamento de Almacén Fuente I. González



**Figura 15** Proveedor Fuente I. González





**Figura 16** Engrapado Fuente I. González

La identificación de los 8 tipos de desperdicios es fundamental para arrancar con las actividades, bajo la confianza de que los alumnos en cursos previos tales como, Tópicos de Manufactura, analizaron algunas de las herramientas principales de la manufactura esbelta, se retoma el conocimiento adquirido, para ponerlo en práctica en el desarrollo de las actividades planeadas de la dinámica.

Una vez organizados los puestos de trabajo y definidas las actividades que debe desarrollar cada departamento, se comienza la corrida o simulación del proceso, se les otorga un tiempo de 60 minutos a partir de los cuales deberán entregar al cliente un total de 40 encuadernados aproximadamente 10 de cada modelo, de acuerdo a los tiempos y cantidades de la lista del cliente.

## Resultados

Al finalizar la actividad se hace un recuento de los activos, así como del dinero (moneda ficticia), aspectos diversos como, cantidad de encuadernados producidos (A), encuadernados entregados al cliente (B), encuadernados entregados al cliente a tiempo (C), confiabilidad de la entrega (D), tiempo promedio de entrega (E), partes con defectos (F), coeficiente de retrabajo (G), tiempo promedio de throughput (H), tiempo de cambio de herramental (I), ingresos (J), gastos/costos (K), ganancias (L), liquidez (M), capital invertido en inventario (N), todo esto con apoyo de la tabla que se presenta de forma parcial a continuación:

Ronda de Simulación	Encuad. Producidos A	Encuad. entregados al cliente B	Encuad. entregados al cliente a tiempo C	Confiabilidad en la entrega % D
Fuente de los datos	contar	contar	Plan de ordenes	Órdenes a tiempo / total de ordenes
Ronda 1	41	33	0	0
Ronda 2	50	40	30	75
Ronda 3	45	40	39	97

**Tabla 1** Resumen de resultados Fuente I. Gonzalez

## Conclusiones

La puesta en práctica de dicho taller proporciona un abanico de posibilidades en tanto a su implementación en los demás laboratorios de la universidad, el entusiasmo y la participación de los alumnos fue clave en el desarrollo de las primeras pruebas piloto, existen diversos elementos susceptibles de ser mejorados tales como los instrumentos de registro y control de las corridas, los espacios, herramientas y equipos utilizados, sin embargo es importante hacer notar que la intención de este artículo es poner de manifiesto la importancia de la manufactura esbelta como herramienta en el desarrollo de las herramientas de mejora de los procesos productivos.

Es posible a partir de estas primeras pruebas innovar en los procesos que actualmente se llevan a cabo en las prácticas del laboratorio apoyándose en un elemento cuantificable que permitirá el control de los resultados a futuro.

### **Referencias**

Células de Trabajo, Tecnologías de Grupo, Recuperado el 10 de octubre del 2016 de: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/9237/Capitulo2.pdf>

Díaz del Castillo Felipe, (2009), Lecturas de Ingeniería 6, La Manufactura Esbelta, Laboratorio de Tecnología de Materiales, Estado de México, Cuautitlán Izcalli.

Holger Regber, Klaus Zimmermann, 2001, Mejorar de forma eficiente los procesos en equipo, Festo Didactic GmbH & Co. KG, D-73770 Denkendorf/Germany 2007

K. Hodson William, (2001), Manual del Ingeniero Industrial Tomo II, D.F., México, Mac Graw Hill

Planco Palma Luz, (2009), La oficina esbelta manual de bolsillo, Chicago, Estados Unidos, Productivity Press

Shigeo Shingo, (2002), Manual de Implementación del JIT, Miami, Estados Unidos Productivity Press

## Sistema de adquisición de datos para un deshidratador de alimentos solar en la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez

IBARRA-MUÑOZ, Elixena†\*, CASTAÑEDA-LOSOYA, Patricia y ALVARADO-BAÑUELOS Guadalupe

*Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez*

Recibido Noviembre 08, 2015; Aceptado Marzo 11, 2016

### Resumen

El objetivo del trabajo de investigación fue proponer un sistema de adquisición de datos para el deshidratador de alimentos solar en la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez. La metodología fue no experimental, cualitativa, descriptiva, de tipo aplicada, el modo empleado fue documental. El principal resultado fue el diseño de la adquisición de los datos proponiendo un dispositivo al cual se van a conectar los sensores, y éste a su vez será conectada una computadora, en la simulación se obtuvieron los datos de los cuatro factores principales que afectan el funcionamiento del deshidratador solar. Cabe señalar que debido al factor viento característico de la ciudad se pudiera dañar los sensores ocasionando con ello una necesidad de reposición de los mismos.

### Adquisición de datos, Deshidratador solar, factor viento

### Abstract

The objective of this investigation is to propose a data acquisition system for the current food dehydrator that exists in the Universidad Tecnológica in Juarez City, Mexico. The methodology employed was no experimental, qualitative, descriptive and applied type, the method used was documentary. The main result obtained was the design of the data acquisition itself with the proposal of a device on which it will be connected each one of the sensors, this device will also be connected to a personal computer, in the simulation we get the data of the main contributors that affect the functionality of solar dehydrator. Due the very usual hard wind of the city, the sensors could result damaged and has to be replaced.

### Data acquisition, solar dehydrator, wind factor

**Citación:** IBARRA-MUÑOZ, Elixena, CASTAÑEDA-LOSOYA, Patricia y ALVARADO-BAÑUELOS Guadalupe. Sistema de adquisición de datos para un deshidratador de alimentos solar en la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería. 2016, 3-6: 41-50.

\*Correspondencia al Autor: (Correo Electrónico: elixena\_ibarra@utcj.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

En la sección de antecedentes se tomaron las fuentes de información de la Secretaría de Energía (SENER), donde describe la situación de México en cuanto al desarrollo de las energías renovables, se especifica de donde provienen las principales fuentes de energía (eólica, solar, hidráulica, geotérmica y de biomasa) y la capacidad de cada una de las fuentes, los permisos otorgados para la generación de energía renovable, siendo la eólica a la cual más se han otorgado permisos, con una estimación para el año 2027 sea la generación de electricidad a partir de energías renovables se incremente en 21.089 MW con fuentes de eólica e hidráulica principalmente, con modalidades de servicio público, autoabastecimiento y generación distribuida. Destacando el estado de Chihuahua con su privilegiada situación geográfica tiene uno de los índices más altos de irradiación estando únicamente por debajo del desierto del Sahara. En los criterios metodológicos se describen cual método se eligió y cada uno de los pasos para llevar la investigación.

Los principales resultados obtenidos después del análisis de los requerimientos de la cámara de deshidratación de alimentos solar que fue creada por maestros y alumnos de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez de la carrera de energías renovables, para la obtención de lecturas de las variables que afectan al entorno de la cámara de deshidratación, se diseñó un sistema de adquisición de datos proponiendo los sensores que medirán las diferentes variables, que a su vez van conectados a un dispositivo de adquisición de datos que va conectado a un computador para la obtención y el análisis del comportamiento de dichas variables, proveyendo una herramienta para el posterior estudio y manipulación de los datos obtenidos.

**Problema de Investigación**

En la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez se diseñó un deshidratador solar de alimentos con el propósito de facilitar al alumnado el aprendizaje de saber utilizar la energía solar para llevar a cabo este proceso y así dejar de utilizar la energía convencional reduciendo de esta forma las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Actualmente no existe un software que le permiten conocer el comportamiento de las variables ambientales que afectan. Es preciso conocer el comportamiento de estas variables para poder optimizar los recursos empleados en el proceso de deshidratación.

Los problemas principales que se centran en el actual proyecto son:

1. No se están midiendo todas las variables ambientales.
2. Inexistencia de un sistema de alertas en tiempo real para la toma de decisiones.
3. Ausencia de registros históricos que permitan conocer el comportamiento del medio ambiente para optimizar los recursos empleados en la deshidratación.

El factor ambiental que actualmente se está midiendo es: la temperatura ambiente situado en la cámara de deshidratación a través de un termostato.

Los factores que no se están midiendo son 6:

1. Humedad relativa dentro de la cámara deshidratadora.
2. Humedad relativa del medio ambiente.
3. Temperatura del agua que se almacena en el calentador de agua de tubos evacuados
4. Temperatura del aire entrante a la cámara deshidratadora
5. Flujo volumétrico del agua expulsada por la bomba de agua hacia el intercambiador de calor.

Por lo tanto es necesario conocer: ¿Cuál es el sistema de adquisición de datos para el deshidratador solar en la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez?

Para lo cual es importante responder a las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es la humedad relativa dentro y fuera de la cámara de deshidratación?
- ¿Cuál es la temperatura del agua que se almacena en el calentador de agua de tubos evacuados y la del aire entrante a la cámara de deshidratación?
- ¿Cuál es el flujo volumétrico del agua expulsada por la bomba de agua hacia el intercambiador de calor?

### **Objetivos del estudio**

Objetivo general.

Proponer un sistema de adquisición de datos para el deshidratador de alimentos solar en la universidad tecnológica de ciudad Juárez.

### **Objetivos específicos**

- Determinar la humedad relativa dentro y fuera de la cámara de deshidratación.
- Determinar la temperatura del agua que se almacena en el calentador de agua de tubos evacuados y la del aire entrante a la cámara de deshidratación.
- Identificar el flujo volumétrico del agua expulsada por la bomba de agua hacia el intercambiador de calor.

### **Justificación**

El medir las variables ambientales relacionadas al sistema de deshidratación de alimentos además de tener la referencia histórica de los mismos permitirá saber cuánta energía es la adecuada, así como también ayudara en la toma de decisiones basadas en datos reales, ya que actualmente la aplicación de recursos se basa en simulaciones.

### **Criterios Metodológicos**

La naturaleza de la investigación fue cualitativa ya que las variables que se utilizan se formulan por medio de cualidades, por lo que no es posible asignar números La investigación fue de tipo aplicada, ya que solo formuló una propuesta de desarrollo de un sistema de adquisición de datos para el deshidratador solar de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, para que posteriormente sea utilizado como parte de una herramienta de estudio en la carrera de energías renovables.

El carácter de la investigación fue no experimental descriptiva, ya que no se manipulará la variable de estudio y solamente se trabajó en el diseño de medición y adquisición de datos en el deshidratador. De tipo descriptivo porque aunque son 6 variables las que van a manejar se realiza de manera independiente. El método fue analítico-sintético, documental. El modo empleado para el análisis fue documentales (bibliográficas) mediante las técnicas o métodos que serán empleados para el análisis de los documentos (análisis de contenidos.) El trabajo de investigación se realizó en Ciudad Juárez, Chihuahua entre los meses de septiembre a enero de 2015.

## Análisis de los Resultados

La deshidratación de los alimentos ocurre cuando el aire caliente pasa a través del producto evaporando el agua contenida, Impide el crecimiento de las bacterias, que no pueden vivir en un medio seco, por ejemplo en las piñas, manzanas y plátano. Este proceso persigue la extracción de humedad del producto que queremos deshidratar y se hace por el contacto con el aire que pasa a una temperatura ambiente o precalentada.

El calentador de aire de placa plana se diseñó el ducto por donde fluye el aire. Es necesario que fluya aire caliente que viene del calentador de aire de placa plana (CAPP) hacia la cámara de deshidratación y que también se desvíe este aire y pase a través del intercambiador de calor alojado también dentro del ductos. En la figura 1 se muestran los elementos que conforman todo el sistema en donde las partes principales son: el calentador de aire de placa plana, el intercambiador de calor, un calentador de agua de tubos evacuados, 2 paneles solares, una batería de descarga profunda, el controlador, el convertidor de voltaje, la bomba de agua, la bomba de aire, el solenoide para controlar la rejilla y la cámara de deshidratado.

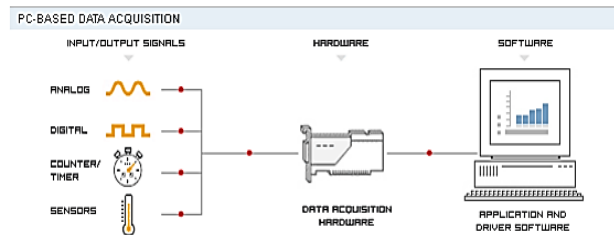


**Figura 1** Vista frontal del deshidratador de alimentos solar

El sistema de adquisición de datos se comprende de las siguientes partes:

- Señales físicas de entrada / salida
- Dispositivo DAQ / hardware
- El software del controlador
- La aplicación de software (software de aplicación).

En la figura 2 se observa gráficamente el diagrama de Adquisición de datos.



**Figura 2** Diagrama básico de un sistema de Adquisición de datos. Fuente: (National Instruments, 2014)

Se propone utilizar el dispositivo de adquisición de datos. DAQ Multifunción de Bajo Costo de 12 Bits, 10 kS/s con las siguientes características:

- 8 entradas analógicas (12 bits, 10 kS/s)
- 2 salidas analógicas (12 bits a 150 S/s), 12 E/S digitales; contador de 32 bits
- Energizado por bus para una mayor movilidad, conectividad de señal integrada
- La versión OEM está disponible
- Compatible con LabVIEW, LabWindows™/CVI y Measurement Studio para Visual Studio .NET

Sensores.

Para determinar la humedad relativa y temperatura del aire dentro y fuera de la cámara de deshidratación se propone que se utilicen dos sensores uno fuera de la cámara de deshidratación y otro dentro.

El sensor HP2XVSTA es parte de la serie de sensores de HP diseñados para proveer un monitoreo de humedad con una alta precisión. El HP2XVSTA también puede monitorear la temperatura y tiene un elemento HS completamente reemplazable. Monitorear los niveles de humedad y temperatura en un edificio ayuda a asegurar el confort y ayuda a ahorrar energía. Este sensor es capaz de medir la humedad de 0 a 100% y la temperatura de -40 a 122 Fahrenheit. (National Instruments, 2014)

Rangos: Temperatura: -40° a +60° C. - 30° a +70°C.

Otros rangos a elegir.

Humedad: 0-100%.

Precisión: Temperatura: 0.1°C.

Humedad Relativa: ±0.8%.

Para determinar la temperatura del agua que se almacena en el calentador de agua de tubos evacuados se propone que se use el sensor de temperatura contra agua DS18B20 de National Instruments. El termómetro DS18B20, ofrece 9 –bit a las mediciones de temperatura Celsius 12 bits y tiene una función de alarma con usuario programable no volátil con puntos de activación superior e inferior.

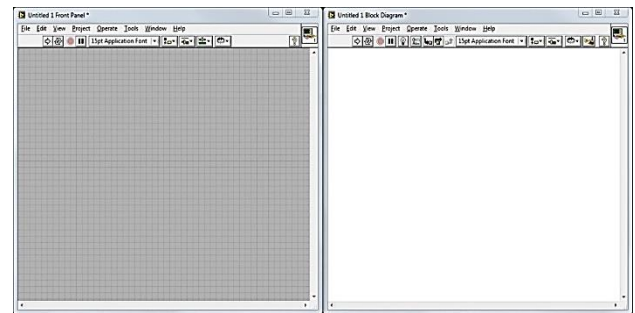
El DS18B20 comunica a través de un bus 1-Wire que, por definición, requiere sólo una línea de datos para la comunicación con un centro de microprocesador. Tiene una temperatura de funcionamiento rango de -55 ° C a + 125 ° C y tiene una precisión de ± 0.5 ° C en el rango de -10 ° C a + 85 ° C. Además, el DS18B20 puede derivar energía directamente desde la línea de datos ("poder parásito"), eliminando la necesidad de una fuente de alimentación externa.

Para determinar el flujo volumétrico del agua se propone utilizar el sensor Stevens SDX Submersible que es un sensor de extrema durabilidad capaz de medir niveles a 3 profundidades, 0-10 pies, 0-35 piez, y de 0-50 pies. Un circuito interno dentro de la caja del SDX convierte la señal a 4-20 mili amperes (mA), con 4 mA que corresponden a la presión atmosférica y 20 mA que corresponden a la temperatura del agua donde se encuentra el sensor sumergido. (National Instruments, 2014)

En la plataforma de National Instrumentos permite hacer simulaciones con sus productos, para lo cual se procedió realizar la configuración de dispositivo de adquisición de datos (DAQ), que es programable con LabView (software de aplicación de fácil comunicación con el hardware).

A continuación se muestra la configuración del LabView para la obtención de los datos de los sensores que se realizó y su transferencia a una computadora personal

1. Se comenzó a programar con un VI (Virtual Instruments) de LabVIEW en blanco.



**Figura 3** Diagrama de bloques en blanco del VI de LabView

2. En la ventana en blanco (del diagrama de bloques), se le da clic derecho y se selecciona Input » DAQ Assistant.

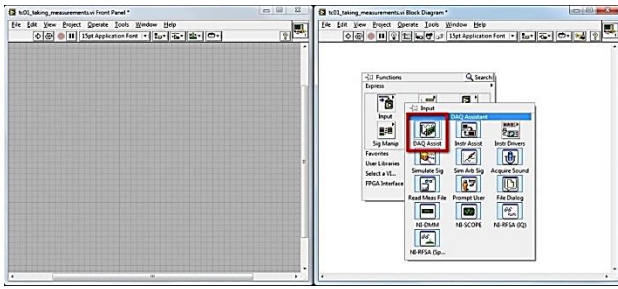


Figura 4 Menú de creación para el nuevo VI

3. Una vez que se coloca el DAQ Assistant en el Diagrama de Bloques, se abre el Asistente de Configuración el cual contiene las instrucciones paso a paso para los tipos de medidas más comunes. Se selecciona Analog Input » Temperature » Thermocouple tal y como se muestra en la siguiente figura 4 ya que la temperatura es la variable que deseamos obtener.

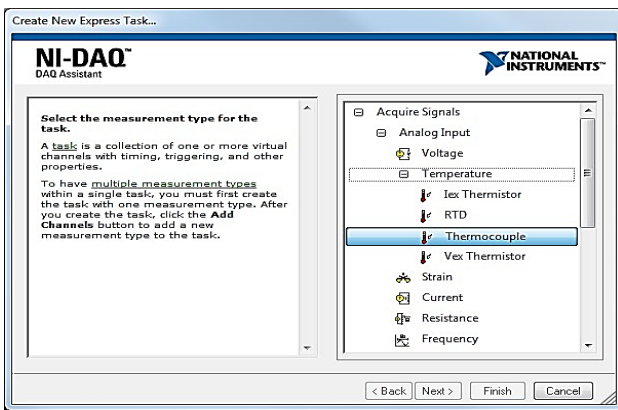


Figura 5 Asistente de configuración

4. Se selecciona primeramente ao0 como el dispositivo de medida para el primer sensor de temperatura; para las siguientes simulaciones con los otros dispositivos que corresponden al restante de las variables se eligió ao1 y así consecutivamente como se muestra en la figura 6.

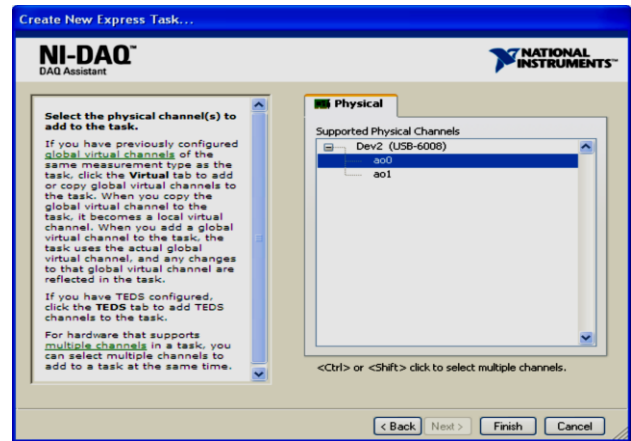


Figura 6 Selección del dispositivo para el sensor de temperatura

5. La ventana de configuración del asistente proporcionó la oportunidad de configurar los parámetros para la tarea de medida de termopares, en esta pantalla se eligió de 0 a 100 en el rango ya que son los valores donde el agua se encuentra en su estado líquido, sin embargo para la temperatura del ambiente este valor fue de -15 a 50 grados ya que son los valores donde fluctúa la temperatura de Ciudad Juárez, la escala de unidades en grados centígrados y el tipo de termopar fue J de acuerdo al portal de National Instruments. Se muestra en la figura 7.

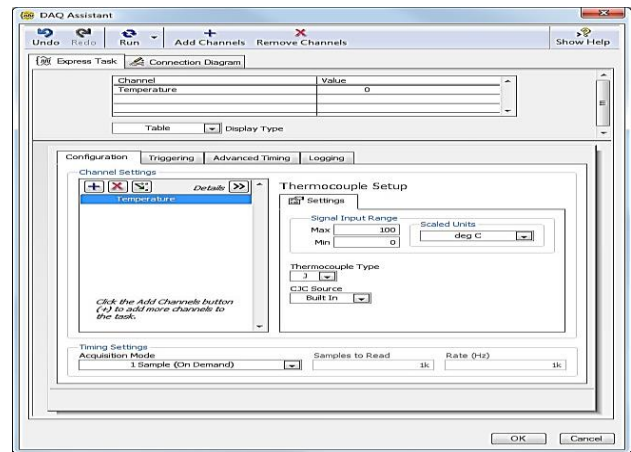
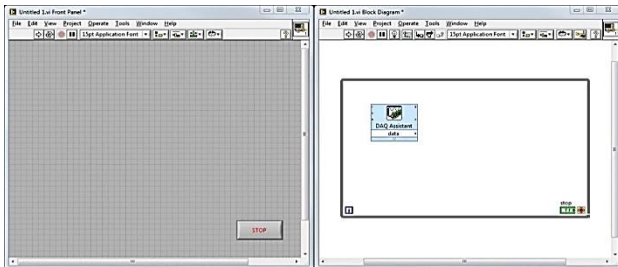


Figura 7 Cuadro de diálogo de configuración de rangos de temperatura

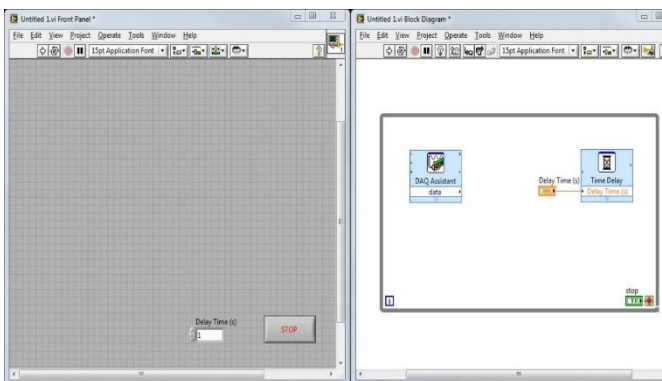


6. Después de la configuración, el siguiente paso es hacer que el dato se obtenga de los dispositivos cada determinado tiempo, a continuación se le da clic con botón derecho en el Diagrama de Bloques, seleccionamos Exec Control » While Loop y arrastramos el ciclo alrededor del DAQ Assistant, el resultado fue lo que muestra la figura 8.



**Figura 8** Configuración Exec control para la obtención de datos en ciclos paso 1

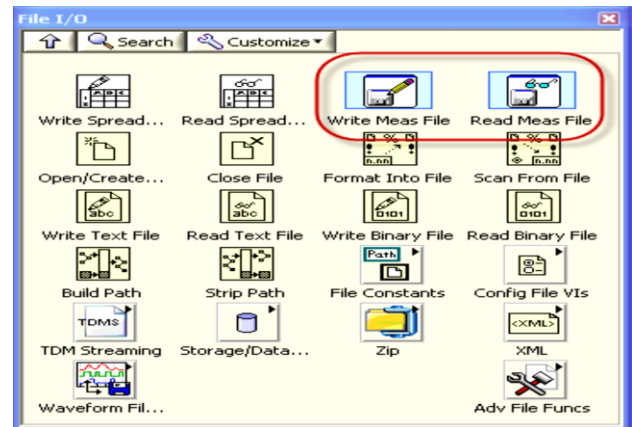
7. Se le da clic con botón derecho en el Diagrama de Bloques, seleccionamos Exec Control » Time Delay y pusimos en el ciclo while. Se le da clic con botón derecho en la entrada Tiempo de Retraso y se selecciona Create » Indicator para añadir un control al Panel Frontal. El resultado se muestra en la figura 9.



**Figura 9** Configuración Exec control para la obtención de datos en ciclos paso 2

Enviar la información a un archivo y leer del mismo.

Mantener un registro de esta información es muy importante por lo que para tal propósito se usan las opciones enmarcadas en rojo de la siguiente figura, estas opciones se pueden encontrar en la barra File I/O. Como se indica en la figura 10.



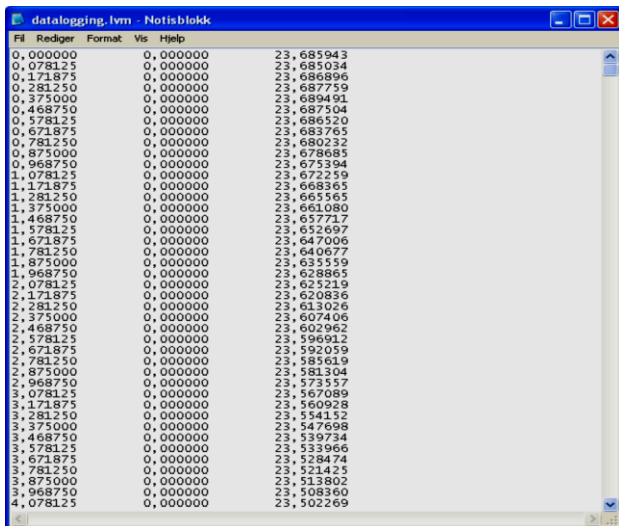
**Figura 10** Cuadro de dialogo para la lectura y escritura de los datos en una archivo

En este caso se desea escribir los datos obtenidos del dispositivo DAQ en un archivo de texto para usarse después y para este propósito es necesario usar la función “Write to Measurement File” en la paleta I/O; aun cuando se puede guardar los datos en un texto separado por Tab (formato LVM) o en formato binario (TDMS), se eligió el formato LVM por su sencillez en la lectura visual o bien para futuros análisis de datos. La opción se muestra en la figura 11.



**Figura 11** Control para escribir en el archivo de datos

Cuando se arrastra el icono al espacio de trabajo, una ventana con la configuración deberá aparecer automáticamente, la configuración por defecto. El archivo fue creado tal como se muestra en la figura 15 y guardado en la locación que se le indico C:\Work\Labwork\SystemIdentificationLab\Solutions\Code\LabVIEW\datalogging.lvm.



Time	Humidity	Temperature	Flow
0,000000	0,000000	23,685943	
0,078125	0,000000	23,685034	
0,156250	0,000000	23,686896	
0,234375	0,000000	23,687759	
0,312500	0,000000	23,689491	
0,390625	0,000000	23,687504	
0,468750	0,000000	23,686520	
0,546875	0,000000	23,683765	
0,625000	0,000000	23,680232	
0,703125	0,000000	23,678685	
0,781250	0,000000	23,675394	
0,859375	0,000000	23,672259	
0,937500	0,000000	23,668365	
1,015625	0,000000	23,665565	
1,093750	0,000000	23,663080	
1,171875	0,000000	23,657717	
1,250000	0,000000	23,652697	
1,328125	0,000000	23,647006	
1,406250	0,000000	23,640677	
1,484375	0,000000	23,635559	
1,562500	0,000000	23,628865	
1,640625	0,000000	23,625219	
1,718750	0,000000	23,620836	
1,796875	0,000000	23,613026	
1,875000	0,000000	23,607406	
1,953125	0,000000	23,602962	
2,031250	0,000000	23,596912	
2,109375	0,000000	23,592059	
2,187500	0,000000	23,585619	
2,265625	0,000000	23,581304	
2,343750	0,000000	23,573537	
2,421875	0,000000	23,567089	
2,500000	0,000000	23,560928	
2,578125	0,000000	23,554152	
2,656250	0,000000	23,547698	
2,734375	0,000000	23,539734	
2,812500	0,000000	23,533966	
2,890625	0,000000	23,528474	
2,968750	0,000000	23,521425	
3,046875	0,000000	23,513802	
3,125000	0,000000	23,508360	
3,203125	0,000000	23,502269	

Figura 13 Archivo creado con las lecturas de los datos

A partir de aquí se puede leer del archivo y mostrar los resultados en una gráfica para su análisis. Cuando se arrastra el icono que se muestra en la figura 11, al espacio de trabajo, una ventana con la configuración deberá aparecer automáticamente, la configuración por defecto.

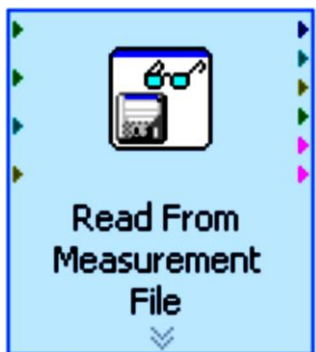


Figura 14 Control para la lectura en el archivo de datos

Después de ajustar todos los parámetros tal y como se indican en la figura anterior y dar click en el botón Read File Now para visualizar en la sección de Sample Data, los valores contenidos en el archivo, se da click en el botón de OK.

## Resultados

Los resultados obtenidos de la simulación de las mediciones de humedad, temperatura y flujo volumétrico y almacenados en un archivo de forma periódica y son representados a través de una gráfica comprueba que hay compatibilidad entre la DAC y los sensores propuestos y por lo tanto que el sistema de adquisición de datos es posible. La implementación de dicho sistema de adquisición de datos permitirá tomar la decisión de cuanto energía aplicar para el proceso de deshidratación en las diferentes estaciones del año basado en datos reales según el comportamiento de las variables medidas, aumentando con ello la efectividad al optimizar los recursos y evitar la interrupción del proceso.

Este sistema de adquisición de datos permitirá a los alumnos de la carrera de energías renovables el desarrollo de la principal competencia que se requiere que cumplan los alumnos de dicha carrera, la cual es la creación de propuestas de proyectos que ayuden a las empresas y particulares a implementar sistemas de consumo de la energía renovables.

Sin embargo debido a los vientos fuertes que se generan en la ciudad, se corre el riesgo que una vez implementados los sensores se desprendan o muevan del lugar y no se hagan las mediciones correctas o bien se dañen y conlleve a la compra de nuevos sensores.

**Agradecimiento**

Se desea dar las gracias a la Carrera de energías renovables, en especial al Maestro en energías renovables Rafael Vidal por su contribución al desarrollo de esta investigación.

**Conclusiones**

Se puede concluir que el sistema de adquisición de datos es factible debido a que la simulación se realizó con éxito. Dicha simulación se realizó con el software de diagramación LabView y los sensores propuestos.

**Referencias**

¿Qué son las Energías Renovables?. Clasificación. Evolución histórica. Las fuentes de energía. (s.f.). <http://www.biodisol.com/que-son-las-energias-renovables-clasificacion-evolucion-historica-las-fuentes-de-energias-renovables/>

Ammonit Measurement GmbH. (2012). Energía Eólica: Relevancia - Historia y Evolución. <http://www.ammonit.com/es/informacion-eolica/energia-eolica>

BIODISOL. (s.f.). ¿Qué son las Energías Renovables?., de Clasificación. Evolución histórica. Las fuentes de energía: <http://www.biodisol.com/que-son-las-energias-renovables-clasificacion-evolucion-historica-las-fuentes-de-energias-renovables/>

Castaneda, H. A., Gomez, J. D., & Leal, A. (Junio de 2006). Proveedor de Servicios Basados en Localización. Revista Avances en Sistemas e Informática, 19.

Energiasolar. (2009). Deshidratador Solar. Obtenido de <http://www.energiasolar.mx/secador-solar/es-secador-o-deshidratador-solar-ventajas-las-secadoras-solares.html>

Esplugas, S., & Aguilar, M. E. (2005). Fundamentos de transmisión de calor. Barcelona: Graficas Rey S. L. [uy/ensenian/catsistc/docs/bol2.pdf](http://www.ensenian.com/catsistc/docs/bol2.pdf)

Flores, C. (2011). Tecnología de Información. Madrid: Pearson.

Flores, C. (2013). Metodología de la Investigación. México: Pearson.

Gastronomia solar. (2009). Deshidratador solar y secado solar de alimentos. Obtenido de <http://www.gastronomiasolar.com/deshidratador-solar-secado-alimentos/>  
Geonica S.A. (s.f.). Sensores. Obtenido de <http://www.geonica.com/prod/80/138/Sensores-Meteorologicos-e-Hidrologicos/Temperatura-y-Humedad-del-Aire/>

Jimenez, A. M. (17-09-2012). Dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas. Espana: PARANINFO.

Marcilla, J. D. (2012). Organización control mantenimiento instalaciones solares. Espana: PARANINFO.

Marcilla, J. D. (2012). Organización y control mantenimiento instalacion solar. Espana: PARANINFO.

National Instruments. (2014). Recuperado el 10 de Enero de 2014, de <http://www.ni.com/white-paper/9904/en/>

National Instruments. (2014). Productos. Recuperado el 11 de Diciembre de 2014, de Que es DAQ: <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

Perspectiva de energías renovables 2013-2027. (2013). Perspectiva de energías renovables 2013-2027. Obtenido de SENER: [http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2013/Prospectiva\\_Energias\\_Renovables\\_2013-2027.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2013/Prospectiva_Energias_Renovables_2013-2027.pdf)

ProMexico. (2014). Sector de Energías Renovables en Mexico. Obtenido de [http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/energias\\_perfil\\_del\\_sector](http://mim.promexico.gob.mx/wb/mim/energias_perfil_del_sector)

ProMexico con datos de FDI Markets. (2014). Fortalezas Mexico. Obtenido de <http://www.promexico.gob.mx/es/mx/fortalezas-mexico>

SAGARPA. (Noviembre de 2014). Componente de Bioenergía y sustentabilidad. Obtenido de <http://www.anschihuahua.com/FIRCO.pdf>

Sánchez, A. B. (2011). Economía de la Energía. Recuperado el 19 de Noviembre de 2012, de <http://www.economiadelaenergia.com/energia-eolica/>

SEGOB. (28 de Abril de 2014). Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5342501&fecha=28/04/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342501&fecha=28/04/2014)

SENER, C. Y. (2014). INEGI.

Suarez Sarmiento, A., & Macias Lopez, E. (Septiembre 2011). Multimedia Services ans Streaming for Mobile Devices. IGI Global.

Subsecretaria de Planeación energética y desarrollo tecnológico. (2012). Programa especial para el uso y aprovechamiento de las energías renovables. Recuperado el 12 de 2013, de <http://www.sener.gob.mx/webSener/res/0/Programa%20Energias%20Renovables.pdf>

Symantec. (14 de Marzo de 2013). Mobile Devices have become critical business tools: Survey. TheEconomicTimes.

Telemark University Collage. (16 de Agosto de 2013). Department of Electrical Engineering, Information Technology and Cybernetics. Recuperado el 10 de Enero de 2014, de <http://home.hit.no/~hansha/documents/labview/training/Data%20Acquisition%20in%20LabVIEW/Data%20Acquisition%20in%20LabVIEW.pdf>

Villegas, A. (2014). Sistema de adquisición de datos vía web para el monitoreo de sensores industriales. 2.

## Software didáctico para niños de preescolar “Adivina con Kinect”

TORRES, Daniel †\*, ARROYO, Marisol, RODRÍGUEZ, María de Jesús y BALTAZAR, Leslie

*Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato*

Recibido Julio 6, 2016; Aceptado Septiembre 19, 2016

### Resumen

Adivina con Kinect surge de la necesidad de proveer herramientas tecnológicas interactivas a los niños de nivel preescolar; derivado del requerimiento de la Secretaría de Educación Pública (SEP), de innovar el proceso de enseñanza-aprendizaje en este nivel educativo, haciendo uso de las Tecnologías de la Información (TI) (Secretaría de Educación Pública, 2013). La herramienta propuesta utiliza el dispositivo Kinect de Microsoft que permite que los niños sean como un “Control Humano”, utilizando cualquier parte de su cuerpo, en este caso, únicamente sus manos para trabajar con la aplicación. El software didáctico fue creado con el Kit de Desarrollo de Software (SDK) de Microsoft para el dispositivo Kinect, siguiendo el Modelo de Prototipos. Las pruebas realizadas arrojaron resultados significativos en aspectos como: aceptación, motivación y mejora en el proceso enseñanza-aprendizaje.

**Software Didáctico, Niños Preescolar, Kinect, Enseñanza-Aprendizaje**

### Abstract

“Adivina con Kinect” arises from the need to provide interactive technological tools to children preschool; derived from the request of the Secretary of Public Education (SEP), to innovate the teaching-learning process at this level, making use of Information Technology (IT) (Secretaría de Educación Pública, 2013). The proposed tool uses the Microsoft Kinect device that allows children to be like a "human control" using any part of their body, in this case, only their hands to work with the application. The educational software was created with the software development kit (SDK) of the Microsoft Kinect device, following the Prototype Model. The tests showed significant results in areas such as: acceptance, motivation and improvement in the teaching-learning process.

**Educational Software, Preschool, Kinect, Teaching-Learning Process**

**Citación:** TORRES, Daniel, ARROYO, Marisol, RODRÍGUEZ, María de Jesús y BALTAZAR, Leslie. Software didáctico para niños de preescolar “Adivina con Kinect”. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería. 2016. 3-6: 51-59.

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: dantorres@utsoe.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

Es un software didáctico interactivo creado con el Kit de Desarrollo de Software de Microsoft para el dispositivo Kinect, que busca contribuir como una herramienta de apoyo en el proceso enseñanza-aprendizaje de contenidos temáticos. Esta herramienta está dirigida a niños de nivel preescolar, con mira a abordar todos los niveles de la educación básica.

Ha sido probado a nivel local en la ciudad de Valle de Santiago, Guanajuato, obteniendo resultados favorables que demuestran que este software didáctico es un proyecto innovador, de fácil uso y accesible para cualquier institución. Asimismo, dichas pruebas han permitido plantear nuevos retos para el proyecto a futuro.

**Justificación**

Actualmente la Secretaría de Educación demanda el uso de recursos y herramientas innovadoras que apoyen el proceso enseñanza - aprendizaje (Secretaría de Educación Pública, 2013), así mismo considerando que los niños pequeños comienzan su desarrollo ligados a los nuevos dispositivos tecnológicos, surge la idea de contar con una aplicación que facilite el desafío planteado a la educación preescolar de manera atractiva y movilice los saberes a través del juego.

**Problema**

La incorporación de las Tecnologías de la Información y Comunicación en la sociedad y en especial en la educación se ha vuelto muy importante y ha ido evolucionado a lo largo de estos últimos años, tanto que la utilización de estas tecnologías en el salón de clase ha pasado de ser una posibilidad a una necesidad.

En la actualidad, un gran número de profesores muestran cierto grado de resistencia al cambio, sobre todo en la implementación de tecnologías para remplazar las técnicas tradicionales. “Los docentes no deben olvidar que una de las funciones de la educación, quizá la más importante, es la integración del individuo a la sociedad. La tecnología es parte de esa sociedad, y por lo tanto, se debe de integrar al ámbito educativo. Sobre todo en estos tiempos de globalización” (Barragán Sánchez, s.f).

Considerando lo anterior, se pretende hacer partícipes de forma activa al docente y al alumno en el uso de las tecnologías de la información, con ello, lograr cambios significativos en los procesos de comunicación e interacción y la manera de evaluar los procesos de enseñanza-aprendizaje.

El problema que aborda el presente proyecto se formula con la siguiente pregunta:

¿Cómo ayudar a los niños y a los docentes a mejorar su experiencia en el proceso enseñanza aprendizaje, empleando herramientas que incorporen las Tecnologías de la Información y Comunicación?

**Hipótesis**

Utilizar la aplicación como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje en el nivel de educación preescolar, permitirá mejorar el aprovechamiento de los niños al reafirmar los conocimientos vistos en el aula de clase, reforzando el vocabulario, la comprensión y la habilidad motriz de los niños, además de mejorar el proceso de aprendizaje a través de imágenes, sonidos y movimientos.

## Objetivos

### Objetivo General.

Proporcionar una herramienta didáctica interactiva a nivel preescolar, que posibilite el aprendizaje a través del juego, contribuyendo a su educación inicial, favoreciendo la comprensión y el desarrollo motriz en los niños pequeños mediante el uso de imágenes, sonidos y movimientos.

### Objetivos específicos:

- Investigar las reformas por parte de la Secretaría de Educación Pública que requieren la innovación en los métodos de enseñanza a través de la incorporación de las Tecnologías de la Información y Comunicación.
- Diseñar y desarrollar una herramienta que incorpore de forma correcta el dispositivo Kinect de Microsoft.
- Seleccionar y diseñar los contenidos temáticos a incorporar en la herramienta.
- Implementar pruebas dentro de instituciones de nivel preescolar para posibilitar la evaluación del proyecto.

## Marco Teórico

Dentro del ámbito de la educación, hoy en día, existen diversas herramientas basadas en Tecnologías de la Información.

El dispositivo Kinect no es la excepción, por lo que para el desarrollo del presente proyecto se revisaron aplicaciones, plataformas, proyectos de investigación, etc., entre los cuales destacan:

- Investigate the Digestive System (Chambers, Digestive System Kinect and Science, 2011). El cual enseña a los estudiantes las diferentes partes del sistema digestivo usando Kinect. El usuario arrastra y coloca las partes del sistema digestivo en los recuadros oscuros y la aplicación verifica que sean correctos, siendo correctos el recuadro oscuro desaparece y el nombre de la parte resalta.
- Kinect Mix and Match (Chambers, Kinect Mix and Match, 2012). Permite relacionar palabras entre dos columnas. El usuario interactúa seleccionando una palabra de la primera columna y la relaciona con otra de la segunda columna. Originalmente está diseñada para el aprendizaje de lenguajes pero puede utilizarse para otros ámbitos como el de relacionar palabra con su significado.
- KinectMath (Angotti, 2013). Aplicación enfocada a la enseñanza de temas de matemáticas utilizando una interfaz basada en Kinect; a través de movimientos de los brazos y manos introduce al alumno en conceptos de manipulación de funciones, teoría de grafos y manipulación de figuras geométricas.
- Aunque no representa un proyecto en específico, Kinect Education (Kissko, 2013) constituye una comunidad en línea donde se exponen consejos e ideas para el desarrollo de aplicaciones educativas con Kinect, además de contar con enlaces para algunas aplicaciones de ejemplo ya terminadas.
- K-Imagen Conceptos (Morales, 2013), aplicación educativa desarrollada en el marco de una investigación en el Instituto Tecnológico de Parral, esta aplicación emplea el dispositivo Kinect para permitir al usuario acomodar etiquetas en una imagen a través del movimiento de los brazos con la finalidad de identificar partes o elementos significativos.

Otro de los puntos a considerar para el desarrollo del proyecto fue el Plan Nacional de Desarrollo (2013-2018), cuyo primer objetivo de la Meta Nacional menciona que se debe “Desarrollar el potencial humano de los mexicanos con educación de calidad”.

Para alcanzar dicho objetivo se establece el “Promover la incorporación de las nuevas tecnologías de la información y comunicación en el proceso de enseñanza-aprendizaje” y de esta manera alcanzar el objetivo de “Asegurar la calidad de los aprendizajes en la educación básica y la formación integral de todos los grupos de la población”. (Secretaría de Educación Pública, 2013)

De igual forma es necesario resaltar que, dentro de los principios de la educación sobre todo en las etapas tempranas (preescolar) el aprendizaje lúdico es primordial, éste consiste en hacer que el alumno encuentre una forma de resolver las barreras y obstáculos que hay en su entorno permitiéndole obtener su propio aprendizaje.

Uno de los elementos que han permitido generar ambientes de aprendizaje lúdicos es la incorporación del juego usando las nuevas tecnologías. (Placencia Valadez, Zeron Felix, & González García, s.f.).

### Metodología de Investigación

Según Arias (1999), define el diseño de la investigación como “la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado” (p.30).

#### Tipo de Investigación.

La investigación que se realizó fue de tipo exploratoria (diagnóstico), ya que se identificaron los requerimientos actuales que demanda la SEP para el proceso enseñanza-aprendizaje en el nivel básico de educación (Secretaría de Educación Pública, 2015) y se realizaron entrevistas a una muestra representativa de profesores de educación preescolar, y se presentó el diseño de una propuesta de un software didáctico.

Las Fuentes utilizadas para el proyecto se fundamentaron en:

- Bibliografía referente al proceso enseñanza-aprendizaje en educación básica.
- Entrevista a la Directora y Profesores de preescolar involucrados en el proceso.
- Entrevista a padres de familia de los grupos donde se aplicaron las pruebas del prototipo.
- Observación directa en las aulas donde se llevan a cabo las clases a los niños de preescolar.

A través de las entrevistas, observación y visita de campo se corroboró la necesidad de incorporar las tecnologías de la información al proceso enseñanza-aprendizaje en el nivel preescolar.

También se consideró la investigación tipo experimental, mediante la cual se puso a prueba el software desarrollado.

### Métodos Teóricos

A través del método analítico-sintético se pudo penetrar en la esencia del fenómeno objeto de estudio y realizar una síntesis de la información obtenida.



Se analizan por partes los principales contenidos temáticos y consideraciones al respecto, lográndose establecer los fundamentos teóricos metodológicos de la investigación, la fundamentación de la propuesta, el diagnóstico y su análisis.

El método inductivo-deductivo se utilizó en la búsqueda de la solución al problema a partir de la información y las situaciones que se fueron sumando, hasta llegar a generalizaciones y conclusiones.

### Población y Muestra

La población abarca el grueso de instituciones educativas a nivel preescolar ubicadas en Valle de Santiago, Guanajuato.

La muestra se enfocó al Jardín de Niños María Montessori considerando los tres grados de preescolar: 1ro., 2do. y 3ero., realizando visitas de campo y observación en horario de clases a un grupo de cada grado.

### Metodología de Desarrollo de Software

El software didáctico fue desarrollado implementando el modelo basado en prototipos (Figura 1), que permite construir un sistema rápidamente, facilitando la comprensión de los requerimientos a medida que evoluciona el proyecto, realizando las mejoras o ajustes necesarios en el momento que se presenten, atendiendo los resultados obtenidos de las pruebas y los comentarios o retroalimentación de los involucrados.



**Figura 1** Ciclo de vida prototipos. Fuente: J. Juzgado, 1996

Atendiendo al análisis realizado de la problemática, se determinó seleccionar una muestra representativa, por lo que se acudió a un Jardín de Niños donde se llevaba a cabo reunión de órgano colegiado para aplicar una encuesta a las educadoras y una entrevista a la directora. Con la información recabada se desarrolló el primer prototipo, del cual se han ido realizando mejoras, respondiendo a las propuestas y resultados obtenidos en cada prueba aplicada.

Se definen las siguientes etapas para el desarrollo:

1. Revisión de literatura referente a software didáctico utilizando el dispositivo Kinect y aplicaciones existentes en el mercado.
2. Identificar el contexto y las necesidades específicas del proceso enseñanza-aprendizaje, para incorporar tecnologías de la información y definir la estructura que soportará el proceso.

Esto incluye:

- Identificar los principales contenidos temáticos que deben incluirse en la herramienta propuesta.
- Seleccionar los sonidos, imágenes y ejercicios que se van a utilizar.

3. Desarrollar e implementar el software didáctico propuesto. Determinar requerimientos específicos, realizar el diseño de la aplicación, implementar los contenidos temáticos, desarrollar y probar la aplicación.

4. Evaluar el desempeño y funcionalidad, analizar resultados e identificar la viabilidad y eficiencia de la propuesta.

## Resultados

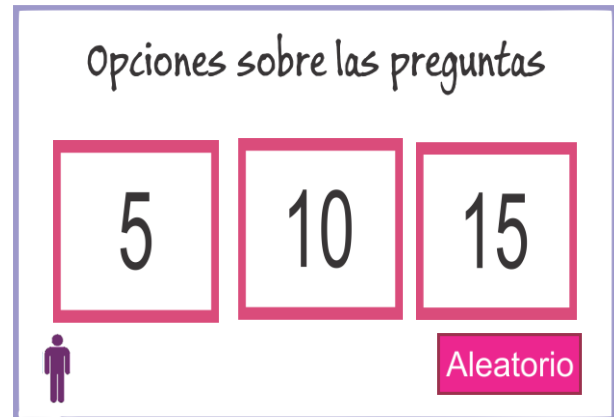
Actualmente el proyecto se encuentra en su versión 1.4 la cual se encuentra conformada de:

- Pantalla de inicio. El usuario recibe un saludo de bienvenida (Figura 2).



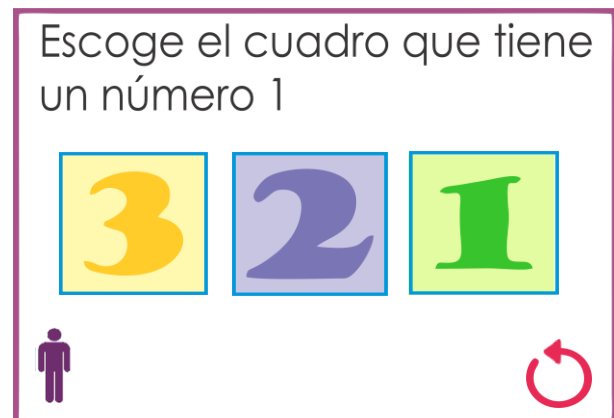
**Figura 2** Pantalla de inicio. *Funte: Elaboración propia*

- Pantalla de Selección de Preguntas. Permite elegir la cantidad de preguntas a trabajar en la sesión (Figura 3).



**Figura 3** Pantalla de Selección de Preguntas. *Fuente: Elaboración propia*

- Pantalla con la pregunta a responder. Muestra la pregunta emitiendo una frase, incluyendo las alternativas de respuesta (Figura 4).



**Figura 4** Pantalla de la pregunta a responder. *Fuente: Elaboración propia*

- Pantalla de respuesta correcta. Muestra al usuario la respuesta correcta (Figura 5).



**Figura 5** Pantalla de respuesta correcta (Fuente: Elaboración propia)

El software didáctico fue probado en los siguientes escenarios:

- a) Tianguis de la Ciencia celebrado en Valle de Santiago, Gto. durante la 22ª semana de la Ciencia y la Tecnología. La herramienta fue utilizada con niños de preescolar, primaria y jóvenes de secundaria; obteniéndose una gran participación y aceptación de quienes interactuaron con la herramienta.
- b) Jardín de niños María Montessori, ubicado en la Colonia Lindavista de Valle de Santiago, Gto. La herramienta fue adaptada con contenidos proporcionados por la educadora del grupo de 2B. Las pruebas se aplicaron a los 26 niños del grupo, logrando incrementar el nivel de motivación en todos los participantes, favoreciendo el aprendizaje y atención en los niños diagnosticados con rezago de conocimientos.
- c) X Edición del Concurso Latinoamericano de Proyectos de Cómputo Proyecto Multimedia en su etapa regional llevada a cabo en Morelia, Mich. Durante el evento, la herramienta fue ejecutada por los asistentes, que en su mayoría fueron estudiantes de los diferentes niveles educativos, desde preescolar hasta universidad, así como profesores y público en general.

La aplicación resultó atractiva para los usuarios y tuvo buena aceptación en cuanto al uso y manejo.

d) UTSOE Valle de Santiago, Gto. Se tuvo la oportunidad de presentar la aplicación con los participantes beneficiarios del programa PERAJ. Este programa atiende niños con rezago educativo y social. Los niños interactuaron con la herramienta y los resultados fueron satisfactorios al verles motivados y dispuestos a aprender jugando.

e) X Final Latinoamericana de Proyectos de Cómputo (Infomatrix) llevada a cabo en Guadalajara, Jalisco. La aplicación resultó de interés no solo para los usuarios, sino para profesionistas de diferentes perfiles, que realizaron sugerencias en cuanto a ámbitos de aplicación se refiere. De igual forma la herramienta fue atractiva para los asistentes y tuvo muy buena aceptación.

f) Concurso Infomatrix Brasil llevado a cabo en Lages, Santa Catarina, Brasil. La aplicación tuvo muy buenos comentarios e incluso propuestas de mejora y sugerencias de aplicación en diversas disciplinas del conocimiento.

g) Los padres de familia que tuvieron algún contacto con la herramienta cuestionaron sobre la posibilidad de adquirirla para utilizarla en el hogar como apoyo en la educación de sus hijos.

h) Los jóvenes y maestros de otras instituciones han hecho comentarios positivos acerca de la implementación de la herramienta en el ámbito de la educación y lo ven como algo innovador y moderno.

## Conclusiones

Este software didáctico es un proyecto ambicioso que busca convertirse en una herramienta tecnológica innovadora en el área de la educación básica.

Los resultados hasta ahora obtenidos muestran una gran aceptación, versatilidad y aplicabilidad en los diferentes contextos, considerando que las generaciones actuales están estrechamente ligadas al uso de dispositivos tecnológicos de vanguardia; lo que seguramente se traduce en una nueva forma de adquirir aprendizaje, capacidades y habilidades visuales, auditivas y motrices. El empleo de este tipo de herramientas por parte de los formadores, resulta ser un instrumento valioso en su labor de enseñanza, al utilizar tecnología que les permita interactuar con sus grupos y mejorar el proceso de aprendizaje, obteniendo mayor aprovechamiento.

### Referencias

Angotti, R. (2013). KinectMath. Obtenido de Home Page KinectMath: <http://kinectmath.org/>  
Arias., F. G. (1999). El Proyecto de Investigación: Guía. Obtenido de <http://www.smo.edu.mx/>:  
<http://www.smo.edu.mx/colegiados/apoyos/proyecto-investigacion.pdf>

Barragán Sánchez, J. (s.f). LA INTEGRACION DE LA TECNOLOGIA EN EL PROCESO ENSEÑANZA APRENDIZAJE. Obtenido de <http://bibliotecadigital.conevyt.org.mx/>:  
[http://bibliotecadigital.conevyt.org.mx/concurso/tematica\\_e/0132.pdf](http://bibliotecadigital.conevyt.org.mx/concurso/tematica_e/0132.pdf)

Chambers, R. (2011). Digestive System Kinect and Science. Obtenido de Blog de Ray Chambers:  
<http://raychambers.wordpress.com/2011/10/16/digestive-systemkinect-and-science/>

Chambers, R. (2012). Kinect Mix and Match. Obtenido de Blog de Ray Chambers:  
<http://raychambers.wordpress.com/2012/04/04/kinect-mix-and-match/>

Chavira, G. M., Villalobos González, G. J., Bañuelos Lozoya, E. O., & Alvarado Yáñez, O. F. (29 de Noviembre de 2013). K-IMAGEN CONCEPTOS: APLICACIÓN EDUCATIVA PARA COLOCAR CONCEPTOS SOBRE UNA IMAGEN UTILIZANDO EL DISPOSITIVO KINECT. Obtenido de MEMORIAS CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACION CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA. : <http://www.chi.itesm.mx/investigacion/wp-content/uploads/2013/11/EDU22.pdf>

Cituk, D. M. (2010). México y las TIC, en la educación básica. e-FORMADORES.

DECRETO por el que se aprueba el Programa Sectorial de Educación 2013-2018. (13 de Diciembre de 2013). DIARIO OFICIAL de la Republica Mexicana. Ciudad de México, México.

Evaluación del Desempeño Docente. Perfiles, Parámetros e Indicadores para Docentes y Técnicos Docentes. Ciclo 2015-2016. (2015) Secretaría de Educación Pública (SEP). (24 de Agosto de 2015). Obtenido de <http://servicioprofesionaldocente.sep.gob.mx/>:  
[http://servicioprofesionaldocente.sep.gob.mx/content/ba/docs/2015/permanencia/parametros\\_indicadores/PPI\\_DESEMPENO%20DOCENTE\\_TECDOCENTES.pdf](http://servicioprofesionaldocente.sep.gob.mx/content/ba/docs/2015/permanencia/parametros_indicadores/PPI_DESEMPENO%20DOCENTE_TECDOCENTES.pdf)

Fernández Sánchez, E. (5 de Septiembre de 2012). Control de Software Educativo Mediante Kinect de Microsoft. Obtenido de <https://e-archivo.uc3m.es/>:  
[https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16846/TFG\\_Estefania\\_Fernandez\\_Sanchez.pdf?sequence=1](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16846/TFG_Estefania_Fernandez_Sanchez.pdf?sequence=1)

Ibañez, R., & Fanaro, D. (4 de Julio de 2013). Herramienta para facilitar el desarrollo de aplicaciones basadas en Kinect. Obtenido de Contribuciones al EST 2013: <http://42jaiio.sadio.org.ar/proceedings/simposios/Trabajos/EST/22.pdf>

Kissko, J. (2013). Kinect Education. Obtenido de Home Kinect Education : <http://www.kinecteducation.com/>

Morales, G. (2013). K-Imagen Conceptos. Obtenido de <http://www.chi.itesm.mx/>

Perona, J. (7 de Julio de 2011). Reto SDK de Kinect: Desarrolla con Kinect. Obtenido de MDSN Blogs: <https://blogs.msdn.microsoft.com/esmsdn/2011/07/07/reto-sdk-de-kinect-desarrolla-con-kinect/>

Placencia Valadez, M. C., Zeron Felix, M., & González García, J. G. (s.f.). El aprendizaje lúdico a través de la nuevas tecnologías: una estrategia de enseñanza a distancia. Obtenido de <http://148.229.2.56/Documentos/Revista/Volumenes/Volumen5/Ponencia%2095-UAT-Cd.pdf>

Romero, E. (30 de Septiembre de 2015). ¿Quién soy?: [MaestrosdeAudicionyLenguaje.com](http://www.maestrosdeaudicionylenguaje.com). Obtenido de [MaestrosdeAudicionyLenguaje.com](http://www.maestrosdeaudicionylenguaje.com): <http://www.maestrosdeaudicionylenguaje.com/>

## Instrucciones para Autores

---

### [Titulo en Times New Roman y Negritas No.14]

Apellidos en Mayusculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor  
*Correo institucional en Times New Roman No.10 y Cursiva*

(Indicar Fecha de Envio: Mes, Dia, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

---

#### Resumen

Titulo

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

#### Abstract

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

#### Keywords

**Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman y Negritas No.11**

---

**Cita:** Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor. Titulo del Paper. Título de la Revista. 2015, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

---

---

\*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: )

† Investigador contribuyendo como primer autor.

# Instrucciones para Autores

© ECORFAN-(Indicar el país de publicación)

## Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del artículo

## Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Titulo en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

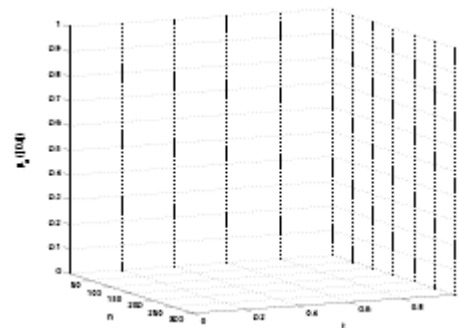
Desarrollo de Articulos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

## Inclusión de Graficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

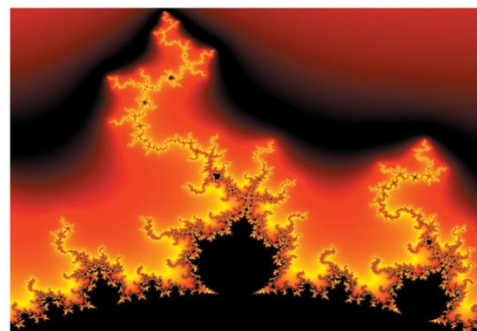
[Indicando el titulo en la parte inferior con Times New Roman No.10 y Negrita]

[www.ecorfan.org/bolivia](http://www.ecorfan.org/bolivia)



**Grafico 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberan ser imágenes- todo debe ser editable.



**Figura 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberan ser imágenes- todo debe ser editable.


**Tabla 1** Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberan ser imágenes- todo debe ser editable.

Cada artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Titulo secuencial.

## Instrucciones para Autores

---

**Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:**

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

### Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

### Resultados

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

### Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

### Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

### Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

### Referencias

Utilizar sistema APA. **No** deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del artículo.

### Ficha Técnica

Cada artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias



**Formato de Originalidad**



Sucre, Chuquisaca a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20\_\_\_\_

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

---

Firma (Signature):

---

Nombre (Name)

## Formato de Autorización



Sucre, Chuquisaca a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20 \_\_\_\_

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN-Bolivia a difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN-Bolivia to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

\_\_\_\_\_  
Firma (Signature)

\_\_\_\_\_  
Nombre (Name)

# Revista de Aplicaciones de la Ingeniería

Análisis de falla de pernos de acero AISI 12L14

**LAZCANO-UGALDE, Erika Magali, MÉNDEZ-MACÍAS, Gerardo y MEDINA-MENDOZA, José Antonio**

Diseño y fabricación de prótesis faciales utilizando técnicas modernas de la ingeniería

**MEDELLIN-CASTILLO, Hugo Iván & MÉNDEZ-RUIZ, Verónica**  
*Universidad Autónoma de San Luis Potosí*

El uso del robot NAO para el desarrollo de las habilidades Speaking y Listening en el idioma Inglés con alumnos de nivel superior

**SÁNCHEZ, Octavio, CÓRDOVA, Luis Alberto, LÓPEZ, Pablo y ALFARO, Julio César**  
*Universidad Tecnológica de Tehuacán*

Implementación de un sistema de riego a base de material reciclable (PET), en el cultivo de pepino (cucumis sativus) bajo invernadero

**VARGAS-SOTO, Juan Ángel & SILVA-MARRUFO, Oscar**

Propuesta de diseño del taller de manufactura esbelta en el laboratorio de postprensa de la UTFV

**GONZÁLEZ-NÚÑEZ, Isrrael, QUINTERO-AVILES, Carlos, ESPINOSA-JIMÉNEZ, María Margarita y GUERRERO-CORONEL, Wendy**

Sistema de adquisición de datos para un deshidratador de alimentos solar en la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez

**IBARRA-MUÑOZ, Elixena, CASTAÑEDA-LOSOYA, Patricia y ALVARADO-BAÑUELOS Guadalupe**  
*Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez*

Software didáctico para niños de preescolar “Adivina con Kinect”

**TORRES, Daniel, ARROYO, Marisol, RODRÍGUEZ, María de Jesús y BALTAZAR, Leslie**  
*Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato*



[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)