

# Ciencias de Ingeniería y Tecnología – A

*1er Simposio Internacional de Desarrollo Tecnológico*

*Compilador  
José Francisco Cruz Zúñiga*



## **Ciencias de Ingeniería y Tecnología – A**

1er Simposio Internacional de Desarrollo Tecnológico

Universidad Politécnica del Bicentenario

Carretera Estatal Silao-Romita Km. 2

San Juan de los Durán, Silao de la Victoria, Guanajuato, México

C.P. 36283

[www.upbicentenario.edu.mx](http://www.upbicentenario.edu.mx)

Primera edición 2014

ISBN 978-607-96471-5-5 Ciencias de Ingeniería y Tecnología - A

Se autoriza el uso y contenido de esta obra, siempre y cuando se cite la fuente

# ÍNDICE

Prólogo .....	4
Estudio Transversal para Evaluar la Factibilidad del Proyecto de Infraestructura de Cicloruta .....	6
Detección de Células en una Secuencia de Video .....	10
Equilibrios de formación de complejos de calcio- 2,2'-bipiridina para su aplicación en sistemas de fotosíntesis artificial. ....	14
Módulo de temperatura y control de una incubadora neonatal.....	18
Estudio de imagen y análisis de datos para la adquisición de una prótesis de miembro inferior .....	23

## Prólogo

El objetivo de la presente administración federal es llevar a México a su máximo potencial en un sentido amplio, además del crecimiento económico o el ingreso, factores como el desarrollo humano, la igualdad sustantiva entre mujeres y hombres, la protección de los recursos naturales, la salud, educación, participación política y seguridad, forman parte integral de la visión que se tiene para alcanzar dicho potencial como se plasma en el Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018 (PND, 2013). En este ámbito se han planteado cinco metas nacionales (México en paz, México incluyente, México con educación de calidad, México prospero, México con responsabilidad social), divididas en objetivos, estrategias y líneas de acción. En la meta nacional de México con educación de calidad en el objetivo 3.5 que describe como hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación pilares para el progreso económico y social sostenible. Con estas acciones se hace evidente el compromiso del gobierno federal en el apoyo al desarrollo tecnológico como una estrategia primordial en el desarrollo integral de la sociedad mexicana. En el Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Guanajuato 2035 (PLAN 2035, 2013) se definen estrategias y proyectos para vincular la economía con el humanismo a través del conocimiento y así tener al desarrollo humano y social como eje rector del desarrollo sustentable, equilibrado y equitativo en el estado, en este plan se describen cinco dimensiones estratégicas (humana y social, administración pública y estado de derecho, economía y medio ambiente y territorio), a su vez para cada dimensión se establecen componentes con sus objetivos estratégicos y particulares definiéndose líneas de acción para estos, es así como el gobierno del estado de Guanajuato en concordancia con el plan nacional de desarrollo define sus acciones para elevar la calidad de vida de la población. Con esta visión, el estado de Guanajuato asume la importancia de la divulgación del quehacer científico como una herramienta de integración de los sectores académico, productivo y social en busca del desarrollo sustentable, equilibrado y equitativo en el estado.

Fresán-Orozco (2004) describe el extensionismo universitario como una función estratégica que articula la docencia y la investigación con los sectores económicos productivo,

social y el mismo académico, esto con el objetivo de la consolidación de la misma universidad y el desarrollo de las regiones.

Sifuentes et al. (2011) describen el extensionismo universitario como la proyección de la cultura universitaria hacia la sociedad con la finalidad de contribuir al desarrollo del entorno a través de varias actividades.

Los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES) dentro de su marco de referencia mencionan que las Instituciones de Educación Superior (IES) deben realizar actividades de difusión que comuniquen a la sociedad los valores de la cultura tecnológica a través de artículos, reportes de investigación, publicaciones periódicas, libros de texto, conferencias, exposiciones, congresos, etcétera.

La Universidad Politécnica del Bicentenario (UPB) pretende vincular a los sectores académico, productivo y social de la región del municipio de Silao de la Victoria Guanajuato a través de la realización de un Simposio Internacional de desarrollo tecnológico para discutir las acciones de desarrollo tecnológico implementadas en la región con entes de otras regiones del país y el mundo midiendo el impacto de estas acciones en el desarrollo comunitario de su zona de influencia.

*Noviembre 2014*  
*Secretaría Académica*

# Estudio Transversal para Evaluar la Factibilidad del Proyecto de Infraestructura de Cicloruta

Ramírez Cabrera Norma Lizbeth<sup>1</sup> Chávez Valencia José<sup>1</sup>, Zavala Villagómez Monica<sup>2</sup>  
Santana Ojeda Ricardo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Politécnica del Bicentenario, Carretera. Silao - Romita Km 2, San Juan de los Duran, C.P. 36283, Guanajuato México.

<sup>2</sup> Maestría en Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería Civil, UMSNH.

## Resumen

*El Estudio Transversal nos permite evaluar el comportamiento de una muestra, a través de instrumentos de evaluación (encuesta) que nos ayuda a medir los casos de éxito o fracaso del desarrollo una cicloruta del tramo Silao Centro a la Universidad Politécnica del Bicentenario.*

*El instrumento evaluación se realizó a una muestra de 268 alumnos considerando una población de 1,125 alumnos inscritos en el periodo Septiembre-Diciembre 2014, lo que representa el 23.8% de la población de Estudiantes de la Universidad Politécnica del bicentenario (UPB).*

*Los resultados que se obtienen en la aplicación de la encuesta son que los alumnos se encuentra entre los 17 y 21 años, 70% de los alumnos tienen el interés en cambiar su medio de transporte habitual, 50% cuenta con una bicicleta, 63% se encuentran interesados en una cicloruta y el gasto promedio diario de 43% es mayor a \$15.00 mn.*

*Se genera una aceptación de la hipótesis donde se establece que mayor al 50% de la muestra este conforme al proyecto de la cicloruta.*

Palabras clave: Muestreo, Encuesta, Cicloruta, Comportamiento, Probabilidad, Estadística.

## 1. Introducción

El uso de la bicicleta comienza a cumplir una función que en pocos años será indispensable: ayudar a los transeúntes ciudadanos a llegar de su casa al metro, metrobús o tren y después al trabajo o escuela. De esta manera, reducir el uso de más 3 millones de

automóviles que circulan diariamente en la Ciudad de México. [1]

La población actual en la UPB es de 1,125 estudiantes en tres diferentes horarios y seis programas educativos, estos provenientes de ciudades y poblaciones cercanas al campus, tales como la ciudad de Romita y Silao Guanajuato, con un costo aproximado que supera los \$10 por alumno.

El estudio transversal, se basa en la observación y descripción de fenómenos que nos permite medir la relevancia y el impacto de los mismos en un entorno, para nuestro caso, de la construcción de una Cicloruta en el tramo de Silao Centro a la Universidad Politécnica del Bicentenario (UPB). Dicho análisis nos permitió conocer el impacto de la muestra representativa, considerada en forma aleatoria, tanto para toda la población estudiantil de la UPB como para las poblaciones de las ciudades aledañas a la institución.

## 2. Análisis de resultados

Para la elaboración del estudio, fue necesario:

- Investigar acerca de los alumnos inscritos en la UPB con colaboración de la administración de la institución.
- Posteriormente, se realizó el diseño de la encuesta a realizarse al alumnado englobando las principales respuestas relevantes para el proyecto.
- Se analizaron las encuestas, englobando los resultados en la cantidad de variables menor posible y se les aplicó un análisis estadístico.

- Finalmente, se analizaron los resultados para verificar que la hipótesis propuesta se comprobara, de acuerdo a los parámetros del estudio.

### 3. Análisis estadístico

El análisis Estadístico nos permite poseer vasta información de acuerdo a diversos comportamientos de una muestra o una población, sin embargo lo importante es saber interpretar, comprender y usar eficazmente esta información para la toma de decisiones.

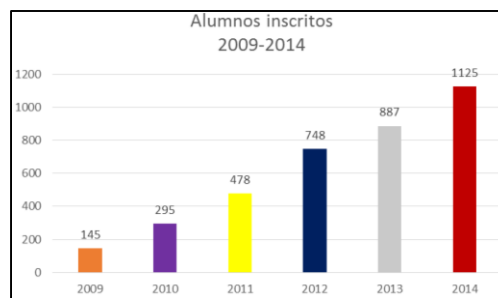
Los métodos estadísticos se rigen por los datos. Por lo regular obtenemos datos de dos fuentes distintas: los estudios observacionales y los experimentos. En un estudio observacional, observamos y medimos características específicas, aunque no intentamos manipular a los sujetos que estamos estudiando. Sin embargo en un experimento aplicamos algún tratamiento y luego procedemos a observar sus efectos sobre los sujetos.

El estudio observacional a la vez se divide en tres. El primero el estudio transeccional (vertical o Transversal), los datos se observan, miden y reúnen en un solo momento. El segundo es el estudio retrospectivo (o de control de caso), los datos se toman del pasado (a través del examen de registros, entrevistas y otros medios) y por último en un estudio prospectivo (o longitudinal o cohorte), los datos se reúnen en el futuro y se toman de grupos (llamados cohortes) que comparten factores comunes [2].

#### 3.1 Muestreo

El objetivo de la inferencia estadística es obtener información que contiene una muestra. La población y la muestra se definen como dos aspectos importantes de un estudio estadístico por tal es indispensable conocer sus definiciones: la población es el conjunto de todos los elementos de interés en un estudio y una muestra es un subconjunto de la población [3].

Para poder determinar la muestra se empleó la información de la Figura 1, donde se obtiene que en promedio existen 613 alumnos con una desviación estándar de 340.053 alumnos anuales.



**Fig. 1. Grafica de distribución alumnos inscritos 2009 al 2014**

Para poder determinar el número de encuestas a realizar dentro de la población que corresponde a 1,125 alumnos inscritos en el periodo de septiembre 2014 se toma a consideración un intervalo de confianza del 90% con un valor crítico  $Z_{\alpha/2}$  de 1.645, se realiza el cálculo considerando un error de 5.5 puntos porcentuales, al determinar el tamaño de la muestra se desconocía la proporción poblacional, por tal se considera el error en puntos porcentuales y se realiza el cálculo correspondiente, considerando los valores anteriores se debe encuestar a 224 alumnos para poder obtener el margen de confiabilidad y error antes mencionados.

$$n = \frac{(z_{\alpha})^2 \cdot 25}{E^2} = \frac{(1.645)^2 \cdot 25}{(0.055)^2} = 223.63 \quad (1)$$

El estudio logro aplicarse a 268 alumnos, la proporción en la muestra encuestada se obtiene con la fórmula de proporción muestral (P), donde se considera x como la muestra y N Población, por tal al aplicar  $x/N = 268/1,125$  equivale a una proporción del 23.8% de la muestra analizada.

$$\text{Proporción Muestral (p)} = \frac{x}{N} \quad (2)$$

Para poder realizar la siguiente investigación se consideró como hipótesis que para llevar a cabo la aceptación del proyecto es necesario que mayor al 50% de la muestra evaluada este conforme al desarrollo del proyecto.

#### 3.2 Distribución de frecuencias del instrumento de evaluación

Anderson Sweeney en 1999, establece que una distribución de frecuencias es un resumen tabular de un conjunto de datos que muestra la frecuencia (o la cantidad) de artículos en cada una de varias clases que no se traslapan, su objetivo es proporcionar una perspectiva de datos, perspectiva que no se puede obtener rápidamente con solo examinarlos.

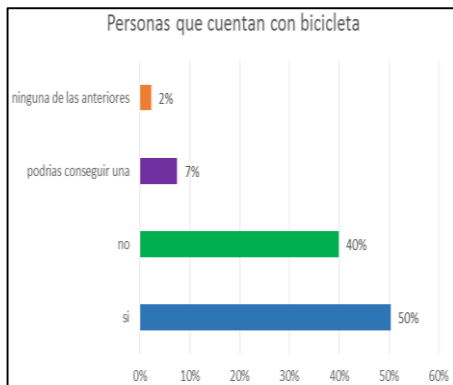
Para poder determinar el impacto de la cicloruta se aplicó una encuesta a la proporción de a muestra del 23.8% donde se les pregunto lo siguiente: Edad, Lugar del que se traslada, tiempo estimado de traslado, tipo de vehículo habitual de traslado, costo por traslado, turno al que pertenece, si el alumno cuenta con vehículo familiar, si considera importante el emplear otro medio de transporte, si le interesa una cicloruta y por último si cuenta con bicicleta propia. Para poder generar el análisis estadístico de estas preguntas se emplea la Distribución de Frecuencias y se toman las preguntas relevantes a la construcción.

Con los datos adquiridos en la encuesta se pudo obtener que el segmento de edades promedio de los alumnos es entre 17 y 21 años, lo cual se encuentra representado en la Figura 2, y que 50% de los alumnos cuentan con una bicicleta tal como se muestra en la Figura 3.

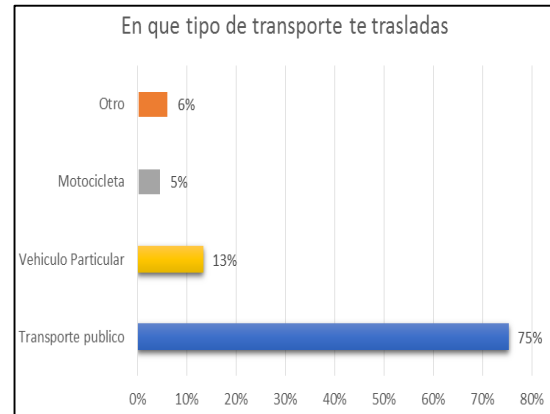
El tipo de transporte que convencionalmente utilizan los estudiantes es el transporte público con un 75% y entre otros se considera el 11% de acuerdo a la Figura 4. Mientras que en la Figura 5, se aprecia que 43% de los alumnos gastan más de \$15 diarios para trasladarse de Silao centro a la universidad politécnica del bicentenario.

Frequency Distribution - Quantitative							
EDAD						cumulative	
lower	upper	midpoint	width	frequency	percent	frequency	percent
17	< 21	19	4	180	67.2	180	67.2
21	< 25	23	4	76	28.4	256	95.5
25	< 29	27	4	10	3.7	266	99.3
29	< 33	31	4	2	0.7	268	100.0
				268	100.0		

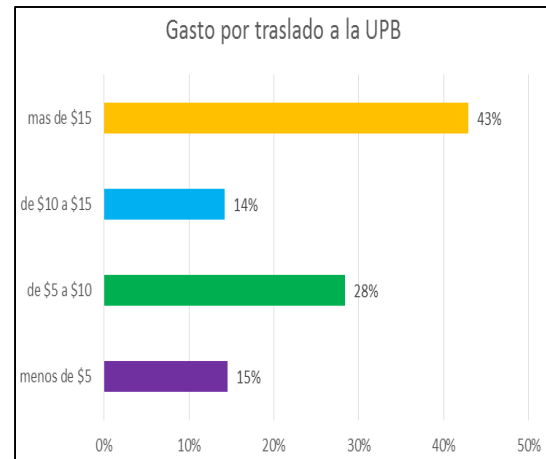
**Fig. 2. Distribución de Edad de Alumnos**



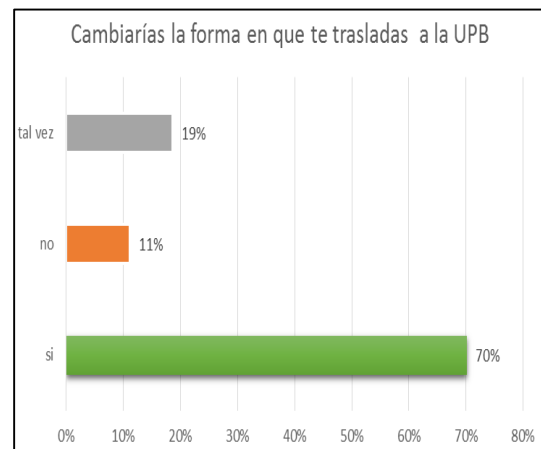
**Fig. 3. Personas que cuentan con bicicleta**



**Fig. 4. Distribución de frecuencias del medio de transporte habitual**



**Fig. 5. Gasto por traslado de Silao centro a la Universidad Politécnica del Bicentenario.**

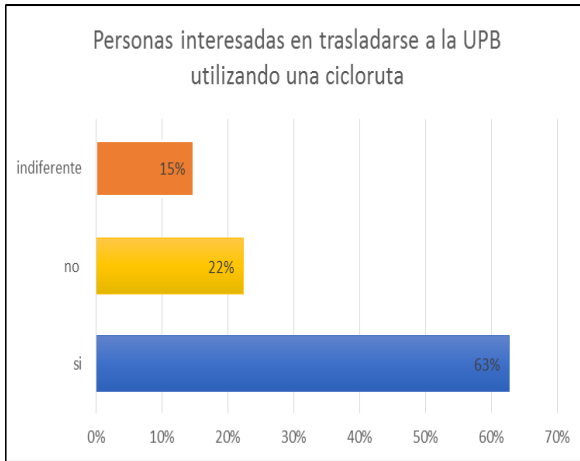


**Fig. 6. Personas con disponibilidad de cambiar su medio de transporte convencional.**

Dentro de la información adquirida por medio de la encuesta se obtiene que 70% de los alumnos



consideran que cambiarían su transporte habitual, tal como se muestra en la Figura 6 y los alumnos interesados en una ciclovía es 63% de la muestra, tal como se muestra en la Fig. 7.



**Fig. 7. Distribución de frecuencias de los alumnos interesados en una cicloruta.**

#### 4. Análisis de resultados

Realizando el análisis descriptivo de datos se llegó a formular y comprobar la hipótesis para poder identificar la aceptación del segmento de alumnos para gestionar el un proyecto de una Cicloruta de Silao Centro a la Universidad Politécnica del Bicentenario, considerando un nivel de confianza del 95%.

Dentro de una muestra aleatoria de 268 alumnos, 168 alumnos se encuentra interesados en el desarrollo de una cicloruta para obtener la proporción de alumnos de acuerdo con el proyecto se divide 168/268 lo que equivale a una proporción de 62.68 % de acuerdo a la Figura 8, se establece como hipótesis que más de 50% de los alumnos muestreados consideren la aceptación o el interés por el proyecto de la cicloruta, por tal se puede concluir que se acepta la hipótesis debido a que el P Value es menor al nivel de significancia del 10%.

$$H_0: \mu \leq 50\% \quad H_1: \mu > 50\% \quad (3)$$

Prueba e IC para una proporción					
Prueba de $p = 0.5$ vs. $p > 0.5$					
Muestra	X	N	Muestra p	90% Límite inferior	Valor P exacto
1	168	268	0.626866	0.586527	0.000

**Fig. 8. Prueba de Hipótesis para una proporción**

#### 5. Conclusiones

Al desarrollar el proyecto de la Cicloruta se verán beneficiados más de 500 estudiantes directamente, así como se evitara el uso de por lo menos 100 vehículos en estacionamiento universitario y en las vialidades de la ciudad.

Se pretende así dar inicio a un proceso de convertir a la ciudad de Silao y alrededores en ciudades autosustentables en transporte y amigables con el medio ambiente.

El costo para el desarrollo de la infraestructura de ciclorutas es alto, sin embargo mediante el financiamiento generado por el “Fondo de desembolso rápido para soluciones innovadoras en transporte del Banco Interamericano para el desarrollo (BID); que otorga financiamiento de US\$ 1.5 millones de dólares. [4]

La implementación de equipamiento ciclista fomenta la intermodalidad con sistemas masivos y semi - masivos de transporte público, representando el interés por incrementar el uso de la bicicleta con otros medios de transporte, maximizando la inversión para mejorar la movilidad en la ciudad y brindando al usuario la posibilidad de elegir un transporte sustentable. [5].

#### Referencias

- [1] <http://www.jornada.unam.mx/2012/01/30/economia.html>. Consultada el día 14 de noviembre de 2014.
- [2] Mario f. Triola. “Estadística”. Pearson Education, Novena Edición, ISBN 970-26-0519-9, pp 20-21, 328. México, 2004.
- [3] Anderson Sweeney Williams. “Estadística para administración y Economía”. Thompson Editores, Volumen 1, ISBN 968-7529-41-5, p 249,265, México 1999.
- [4] [http://www.iadb.org/es/temas/transporte/infrafund\\_1635.html](http://www.iadb.org/es/temas/transporte/infrafund_1635.html). Consultada el día 14 de noviembre de 2014.
- [5] Secretaria del medio ambiente. “Manual del Ciclista Urbano de la Ciudad de México. Gobierno del Estado de México. . Primera edición. 2011.

# Detección de Células en una Secuencia de Video

Ambriz Colín Fernando, Avilés Ferrera José Josías, Rodríguez Sánchez Marcos, Cano Ramírez Jaime, Flores Pérez José Manuel, Arredondo González Pablo Isaí.

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

## Resumen

*El presente trabajo muestra un algoritmo para la detección de células en una secuencia de video, empleando el análisis cuadro a cuadro de la imagen, para realizar el rastreo de las células. Se probaron distintas técnicas, métodos y sus combinaciones en búsqueda de aquel algoritmo que ofreciera el mejor desempeño.*

*Se comenzó por optimizar la calidad de la imagen. Aplicando diferentes técnicas y métodos, para hacer resaltar más a las células del resto de la imagen y hacer más fácil su detección e incrementar el número de células detectadas en el cuadro. Así como también ignorar aquellos objetos que no son células.*

*Los resultados obtenidos demuestran que el algoritmo usado para el análisis de las imágenes incrementa el éxito en la detección e identificación de las células dentro de la imagen. Aunque en algunas ocasiones por las características propias de las imágenes no se haya podido mejorar mucho su calidad.*

**Palabras clave:** Detección, Segmentación, Células, Procesamiento de imágenes.

## 6. Introducción

En el procesamiento de imágenes la detección de objetos dentro de las imágenes, la mayoría de las veces se hace por medio de alguna propiedad característica del objeto u objetos que se pretenden detectar; propiedades como el tamaño, color, textura forma, etc. [1], [2]. Son con frecuencia las más usadas, pero ¿qué? se hace en el caso de que las propiedades antes mencionadas no puedan ser utilizadas, por ejemplo, porque el objeto tiene una forma irregular que no se puede aproximar a ninguna forma geométrica; o porque el color de los objetos y el color del fondo de la imagen son muy semejantes;

o porque simplemente los objetos están continuamente cambiando su forma.

Las imágenes fueron proporcionadas por el Dr. Oliver Debeir. Para adquisición de las imágenes se utilizó un microscopio de contraste de fase (Olympus, modelo IX50, radio de magnificación 10:1), con una cámara de video acoplada (Hitachi Denshi, modelo KP-M1E/K-S10) conectada a una tarjeta de adquisición (Matrix Vision PC-GRAB-GI frame grabber de 32 bits). Las dimensiones de las imágenes son de 700x500 pixeles (con una resolución de pixel de 0.92m en el radio de magnificación antes mencionado) discretizadas sobre 256 niveles de gris (8 bits/pixel) [3].

Por las razones antes expuestas, se buscó obtener un algoritmo detector de células que, teniendo en cuenta el estado original de las imágenes, sus características y propiedades, mejorara la calidad de las imágenes para que el proceso de detección tenga un desempeño más óptimo.

Después de habersele aplicado este pre procesamiento a las imágenes, se procedió a buscar un método de detección que discriminara mejor entre las células y el fondo de la imagen. Se experimentó con diferentes métodos, con diferentes umbrales y ajustes hasta alcanzar un desempeño mejor de detección, en comparación con la detección de células en la misma imagen pero sin la aplicación del pre procesamiento.

La segmentación de las células en la imagen fue más precisa, permitiendo hacer una discriminación más al ras, más al contorno de las células. Sin embargo, se seguirá trabajando en la segmentación de células que están muy juntas unas de otras, pues aunque, se segmentaron mejor, el algoritmo no pudo identificar dos o más células como independientes, si estas, eran muy cercanas, o si la membrana celular se tocaba una con otra.

## 7. Pre procesamiento y Segmentación

Las imágenes con las que se ha estado trabajando tienen propiedades y características muy particulares, debido al método que se utilizó para obtenerlas [1]. Las células y el fondo de la imagen tienen un color de gris muy semejante; la forma irregular que adoptan las células y el halo brillante, son las características y propiedades de las imágenes que se utilizarán para hacer el pre procesamiento.

La Figura 1, muestra un ejemplo de las imágenes, en ella se puede apreciar el cuerpo de la célula (SOMA), el halo brillante alrededor de la membrana celular y el fondo de la imagen.

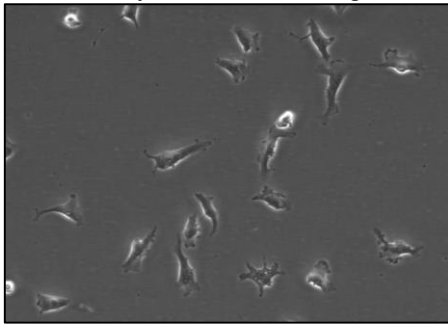


Fig. 1. Imagen Original.

### 7.1 Segmentación por Clustering

Basándose en la observación de las características antes descritas de las imágenes, ver Figura 2. Se designaron 3 clases, la primera clase se le asignó a los píxeles que corresponden al halo brillante alrededor de las células; la segunda clase se le asignó a los píxeles que pertenecen al fondo de la imagen y la última clase corresponde a los píxeles que corresponden al cuerpo de la célula.

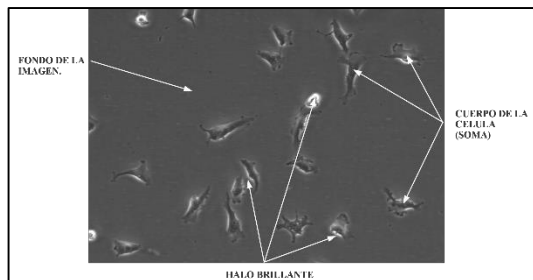


Fig. 2. Propiedades de las imágenes.

Los resultados de este método se aprecian en la Figura 3 (a). Como puede apreciarse en algunos casos se dio lugar a una sub segmentación, es decir, que algunas células se segmentaron como una sola

célula, cuando debió de haberse segmentado como varas células independientes; la Figura 3 (b), corresponde a la clase 1, los píxeles ahí mostrados, corresponden a los halos brillantes alrededor de la célula. La Figura 3 (c), son los píxeles que fueron asignados como fondo de la imagen, la clase 2, ahí se puede observar, y se comprueba lo que ya antes se había mencionado, el color del fondo de la imagen y el color del cuerpo de las células son muy semejantes. Finalmente en la Figura 3 (d), se muestran los píxeles que fueron asignados como el cuerpo de las células, la clase 3, debido a que los píxeles que conforman el cuerpo y halo de las células se separan, en vez de agruparse todos como una sola región. Lo que no ayuda a la tarea de segmentar las células como de forma individual e independiente.

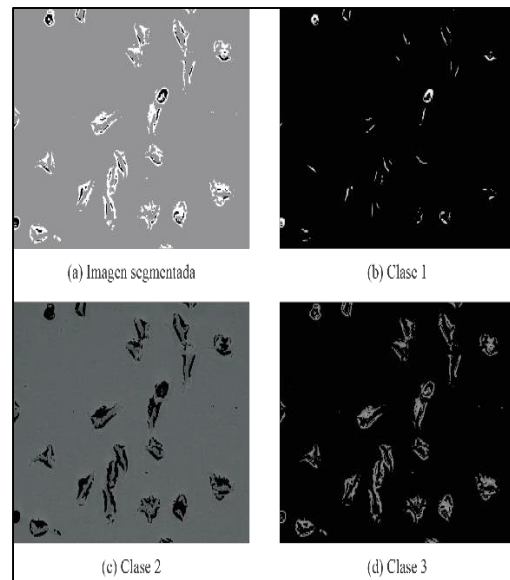
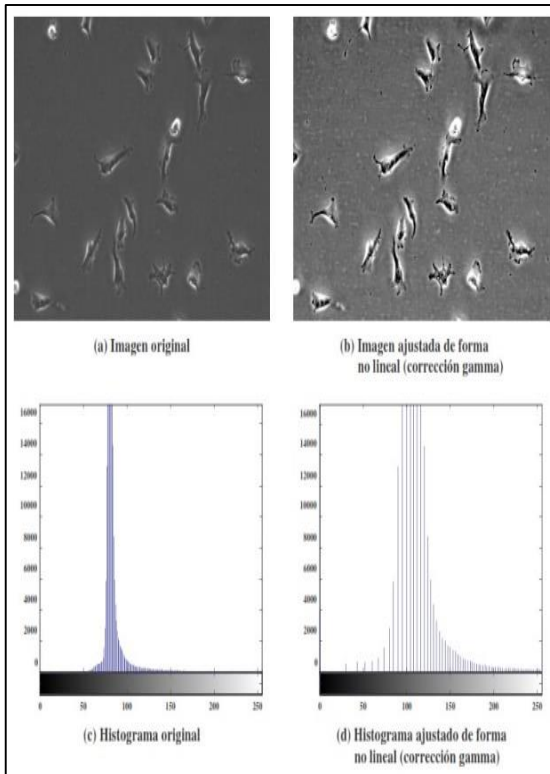


Fig. 3. (a) Segmentación por medio de método K-means, (b) Clase 1; halo brillante, (c) Clase 2; fondo de la imagen, (d) Clase 3; cuerpo de la célula.

### 7.2 Segmentación por Intensidad

Para evitar que el color del cuerpo de las células y el color del fondo de las imágenes afectaran o disminuyan la eficacia de los métodos de segmentación, ya que, como se demostró anteriormente, la intensidad de gris en ambos casos es casi igual; se hizo un ajuste a las imágenes para que el contraste de las imágenes sea mayor y las células sean más visibles.

La Figura 4, muestra un análisis de histograma de la imagen sin ajuste y una imagen con un ajuste no lineal.

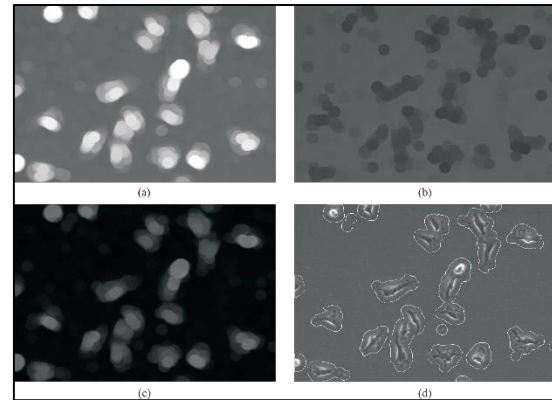


**Fig. 4. Comparación entre imagen original e imagen ajustada.**

La Figura 4 (a) y su histograma Figura 4 (c), muestran lo cerrado de las intensidades de color, lo que como ya había sido mencionado, hace que la segmentación por clustering, no sea el método más adecuado para dicha tarea. La Figura 4 (b) y su histograma la Figura 4 (d), muestra que el gráfico del histograma ha sido abierto pues la distribución es ahora mayor, lo que se aprecia en la imagen ajustada 4 (b), las células son ahora más visibles y el fondo de la imagen se contrasta mejor. Sin embargo, esta mejoría no fue suficiente para segmentar las células por este método únicamente, aun así, la mejoría obtenida en el contraste de las imágenes se usó en combinación con otros métodos, que se discutirán más adelante.

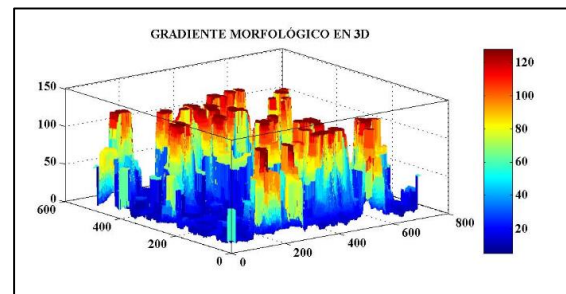
### 7.3 Operaciones Morfológicas

Debido a que las imágenes están en escala de grises, se les aplico las operaciones morfológicas para segmentar las células, cabe mencionar que para este proceso, se tomó ventaja del ajuste no lineal que se le aplicó a las imágenes para aumentar el contraste. Las operaciones morfológicas constan de la dilatación y erosión, la Figura 5 muestra todo el proceso de segmentación.



**Fig. 5. (a) Dilatación, (b) Erosión, (c) Gradiente Morfológico, (d) Imagen Segmentada.**

La figura 5(a), se muestra la operación de dilatación usando un elemento estructural circular con un radio de 15 píxeles. La Figura 5(b), se muestra la operación de erosión donde se empleó de igual manera el elemento estructural circular con el radio de 15 píxeles. La Figura 5(c) se muestra el gradiente morfológico, ahí se puede apreciar las regiones de interés donde las células se encuentran. Finalmente la Figura 5(d), se muestran las células segmentadas en base al gradiente morfológico, a la imagen se le aplico un contorno blanco para ilustrar las áreas de interés.



**Fig. 6. Gradiente Morfológico en 3D**

En la Figura 6, se puede observar claramente la segmentación de las zonas donde se encuentran las células, zonas en rojo, y en color azul el fondo de la imagen.

## 8. Análisis de resultados

Como se demostró en el histograma de intensidades, de las imágenes originales, el color de las células y el color del fondo de la imagen es muy semejante, por ello fue necesario aplicar un ajuste no lineal para incrementar el contraste de las células con respecto al fondo de las imágenes, y aunque el aumento en el contraste no fue muy significativo.

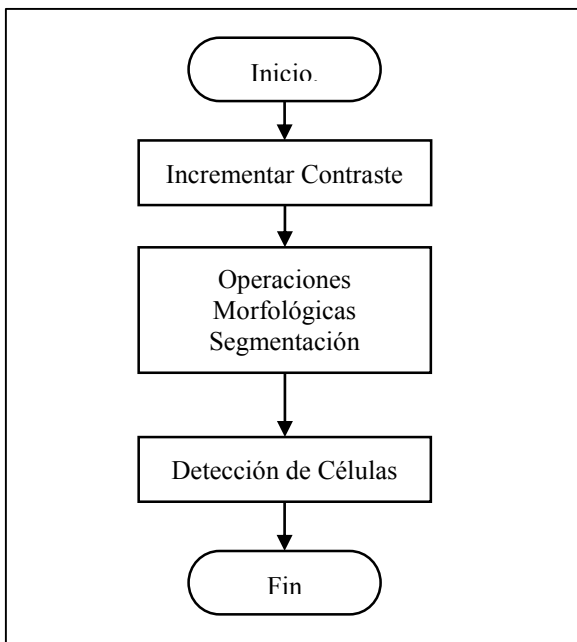
Pues en el caso de la segmentación por el método de clustering, no hubo mejoras en la segmentación.

Sin embargo, cuando se hizo la segmentación por medio de las operaciones morfológicas, ese pequeño incremento en el contraste de las imágenes entre el cuerpo de las células y el fondo de la imagen permitió mejorar el desempeño de la segmentación, pues hizo posible discriminar mejor entre las zonas de interés de las que no lo son.

## 9. Conclusiones

Obtener una buena segmentación de las células depende de incrementar el contraste de la imagen en su totalidad, de la combinación de uno o más métodos, ya que la aplicación de un método por sí solo no ofrece el desempeño necesario.

Las operaciones morfológicas resultaron la mejor opción para la aplicación de la segmentación, debido a que las imágenes están en escala de grises, su aplicación resulta natural y la opción lógica, aún queda pendiente la realización de más experimentos en esta área con diferentes elementos estructurales y diferentes umbrales a fin de lograr un detención más exacta, que se apegue más al contorno de la membrana celular. La figura 7, muestra el procedimiento que se empleó simplificado.



**Fig. 7. Diagrama de flujo del experimento**

## Referencias

- [1] David G. Stork. Richard O. Duda, Peter E. Hart. Pattern Classification. Wiley Interscience, 605 Third Avenue, New York, NY, second edition, November 2000.
- [2] William K. Pratt. Digital Image Processing. Wiley & Sons, Inc, 605 Third Avenue, New York, NY, third edition, 2001.
- [3] Debeir, O.; Van Ham, P.; Kiss, R.; Decaestecker, C., "Tracking of migrating cells under phase-contrast video microscopy with combined mean-shift processes," *Medical Imaging, IEEE Transactions on*, vol.24, no.6, pp.697,711, June 2005
- [4] Ambriz, F.; Torres, M.; Aviña, J.; Saavedra, J.; Debeir, O.; Sanchez, J., "Detection of Biological Cells in Phase-Contrast Microscopy Images," *Artificial Intelligence*, 2006. MICAI '06
- [6] Aviña, J.; Torres, M.; Ambriz, F.; Debeir, O.; Sanchez, J., "Detection of biological cells in phase-contrast video microscopy", *Electronics and Photonics*, 2006. MEP 2006. Multiconference on , vol., no., pp.239,243, 7-10 Nov.2006.

# Equilibrios de formación de complejos de calcio- 2,2'-bipiridina para su aplicación en sistemas de fotosíntesis artificial.

Jacqueline González-González, Ma. Del Refugio González-Ponce; José de Jesús Nezhualcóyotl Segoviano-Garfías

Departamento de Ingeniería Bioquímica. Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. Carretera Irapuato – Silao Km.12.5. C.P: 36821. Irapuato,Gto. Teléfono: (473)1147530. [jesus.nezhualcoyotl@itesi.edu.mx](mailto:jesus.nezhualcoyotl@itesi.edu.mx)

## Resumen

*La reacción del rompimiento fotocatalítico del agua, ocurre de forma natural mediante la fotosíntesis que tiene lugar en plantas, algas y cianobacterias. El fotosistema II es el encargado de facilitar la reacción, ya que su centro de reacción se compone de un clúster metálico manganeso-calcio, conocido como complejo oxigénico (OEC). Utilizando como método de estudio a la espectrofotometría, en el presente trabajo, se plantea la posibilidad de evaluar la estabilidad en disolución de acetonitrilo de un complejo de calcio-2'2-bipiridina, que pueda funcionar como modelo electrónico parcial del clúster manganeso-calcio. El valor logarítmico de la constante de formación obtenida en las condiciones empleadas en este estudio es  $\text{Log}b=7.19 \pm 0.65$ .*

**Palabras claves:** Fotosíntesis artificial, complejo oxigénico (OEC), 2'2-bipiridina, espectrofotometría, acetonitrilo.

## 1. Introducción

Una de las reacciones más importantes para los seres vivos es el proceso del rompimiento del agua en hidrógeno y oxígeno molecular por medio de luz [1]. El rompimiento fotocatalítico del agua ocurre de manera natural durante el proceso de la fotosíntesis [2]. El fotosistema II (PSII) es una enzima fotosintética, que cataliza la reacción donde se lleva a cabo el rompimiento del agua [3]. La reacción tiene lugar en el complejo oxigénico (OEC) [3]. Este clúster consiste en un arreglo de manganeso tetranuclear, calcio y cloruro [4]. Datos obtenidos recientemente, apoyan la idea del papel

importante que desempeña el calcio en el interior del complejo:

- (1) la asistencia en la deshidrogenación de los enlaces  $\text{Mn-OH}_x\text{O}$
- (2) estabilización de cargas
- (3) regulan el acceso de moléculas de agua a los sitios activos de Manganeso[5].

En la estructura complejo oxigénico (EOC), el Ca tiene siete ligandos, tres con oxígeno, dos puentes carboxilato y dos moléculas de agua[6].

Uno de los métodos más prometedores para la producción de hidrogeno mediante la imitación de la tecnología de la naturaleza denominada fotosíntesis artificial. En 1980, un complejo  $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$  fue investigado ampliamente, por su posible aplicación potencial en la reacción del rompimiento del agua [7].

Desde el descubrimiento de la 2,2'-bipiridina, ha sido utilizada ampliamente para la formación de complejos con iones metálicos por sus propiedades quelatantes, debido a su estabilidad redox y facilidad de funcionalización[8]. La 2-2'-bipiridina es un compuesto neutro y actúa como un fuerte aceptor  $\pi$ . La presencia de los anillos aromáticos posibilita la formación de estructuras supramoleculares mediante el establecimiento de interacciones no covalentes de apilamiento  $\pi$ - $\pi$ . En el presente trabajo, se reportan las constantes de formación del complejo calcio-2,2-bipiridina. Nuestro trabajo busca la identificación de las especies de calcio que absorben luz. La intención es evaluar si la absorbancia molar del complejo calcio-2'2-bipiridina pueda funcionar como modelo electrónico parcial del clúster manganeso-calcio.

## 2. Métodos y materiales

En la determinación de constantes de formación, se utiliza como disolvente el acetonitrilo grado HPLC (Tecsiquim), Nitrato de calcio tetrahidratado,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  y 2,2'-bipiridina ( $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_2$ ) (Sigma-Aldrich).

### 2.1. Estudios de equilibrio espectrofotométricos

Todas las mediciones espectrales se realizan en un sistema de espectroscopia Cary UV, en una celda de cuarzo estándar con 1 cm de longitud óptica y 3 ml de volumen, una temperatura ambiental de 25 °C. La determinación de las constantes de formación se realiza mediante el refinamiento de los datos espectrofotométricos con el programa HypSpec.

### 2.2. Estudios de equilibrio de Ca-2'2'-bipiridina

Se realizan dos experimentos A y B, en los cuales se realizan dos disoluciones, una conteniendo nitrato de calcio tetrahidratado (0.00016 M y 0.000237 M) y una de 2,2'-bipiridina (0.000250 M y 0.000358 M), en matraces de 25 ml. En un matraz de 10 ml, se coloca un volumen de 1 ml de calcio en el cual la concentración de calcio se mantiene constante para cada una de las 15 soluciones stock y un volumen de 0.1 ml hasta de 1.5 ml de 2,2'-bipiridina para generar una concentración final (0.0000538 M y 0.00004 M).

## 3. Discusión de resultados

En la Figura 1a y 1b, se muestran los espectros electrónicos del experimento (A) y (B) en acetonitrilo ( $\text{C}_2\text{H}_3\text{N}$ ) del complejo de calcio-2'2'-bipiridina. Se puede observar que en ambos sistemas comienza a aparecer a baja concentración de ligante, un máximo de 280, y a medida que la concentración de 2,2'-bipiridina aumenta, se observa un efecto hipercrómico. Los valores de absorbancia observados en diferentes longitudes de onda se midieron a 25 °C, la determinación de la constante de formación, se logró utilizando el siguiente modelo:

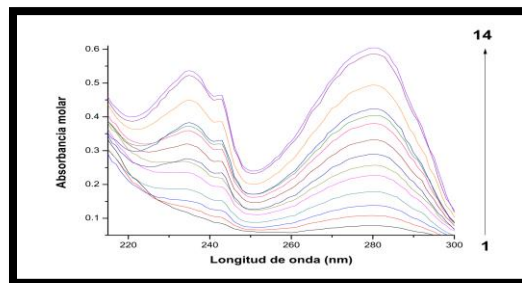


Fig. 1a. Espectros de absorción del sistema de Ca- 2'2'-bipiridina en solución de acetonitrilo, para los espectros 1-14:  $[\text{Ca}^{2+}] = 0.00001661 \text{ M}$  y 2'2'-bipiridina

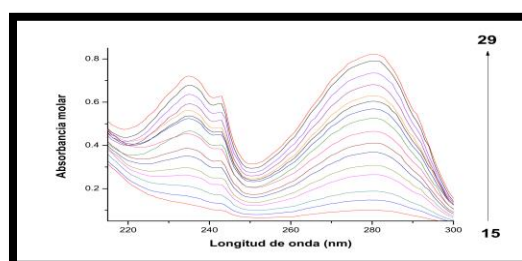


Fig. 1b. Espectros de absorción del sistema de Ca- 2'2'-bipiridina en solución de acetonitrilo, para los espectros 15-29:  $[\text{Ca}^{2+}] = 0.000237 \text{ M}$  y [2'2'-bipiridina]

En la figura 2a, se muestra el espectro electrónico del complejo calculado de  $[\text{Ca}(\text{bipy})]^{2+}$  en acetonitrilo, al igual que el espectro del calcio libre y de la 2'2'-bipiridina libre.

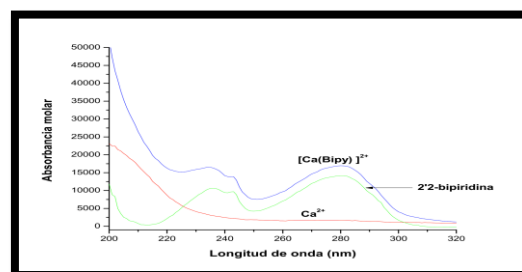
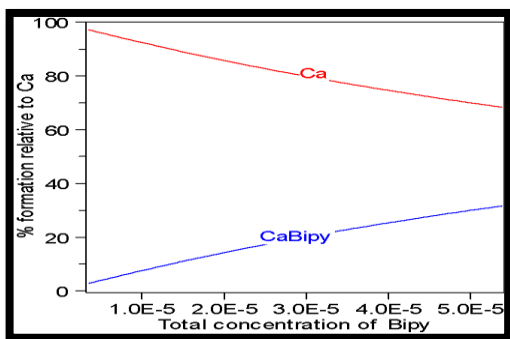


Fig. 2: a) Concentraciones molares de los espectros calculados del sistema Ca-2'2'-bipiridina:  $\text{Ca}^{2+}$ ; 2'2'-bipiridina;  $[\text{Ca}(\text{bipy})]^{2+}$

El diagrama de distribución de especies del sistema Ca-2,2'-bipiridina se muestra en la Figura 2b. Una solución con concentración de 1:1.5 equimolar de calcio y 2,2'-bipiridina, para los experimentos a baja y alta concentración tiene una abundancia de 18 % del complejo formado.



**Fig 2b): Diagrama de distribución de especies del sistema  $[Ca (bipy)]^2$**

En la Tabla 2, se muestra una revisión de constantes de equilibrio para el calcio-2,2'-bipiridina en diferentes disolventes y condiciones.

**Tabla 2. Contantes de equilibrio calcio-2,2'-**

Complejo	Log β	Fuerza iónica	Solvente	Método	Ref.
$[Ca(bipy)]^{2+}$	1.97	0.95 M	Etanol	Espectrofotometría	[9]
$[Ca(bipy)]^{2+}$	2.71	1.0 M	Acetonitrilo, acetona y metanol	Fluorimetría	[10]
$[Ca(bipy)_2]^2$	4.81	1.0 M	Acetonitrilo, acetona y metanol	Fluorimetría	[10]

#### bipiridina en diferentes disolventes y condiciones

En el sistema propuesto, se muestra un efecto de transferencia de carga metal→ligando, este se presenta comúnmente en complejos de iones metálicos que tienen número de oxidación bajo y orbitales llenos, con ligandos que poseen orbitales  $\pi^*$  de baja energía como lo es la 2,2'-bipiridina. La efectividad del acetonitrilo como donador de pares de electrones, es expresada por su número donador (14.1), el cual juega un papel importante en la solvatación de compuestos iónicos, se ha relacionado con las capacidades de disolventes para aceptar y donar pares de electrones. En comparación con los disolventes reportados que fueron utilizados en la determinación de constantes de formación ilustradas en la tabla 2, el acetonitrilo al tener un número donador inferior que

del ligante al metal, esta capacidad es tomada en cuenta como un factor importante en la diferencia significativa entre las constantes obtenidas en estudios anteriores. Sin embargo aunque el complejo ha sido estudiado y se tienen constantes de formación reportadas, no se ha reportado constantes de formación del complejo utilizando acetonitrilo y en ausencia de la fuerza iónica.

**Tabla 1. Parámetros experimentales para el sistema de Ca-2'2-bipiridina en acetonitrilo**

Especies	Equilibrio	Log β
$[Ca(bipy)]^{2+}$	$Ca^{2+} + Bipy \rightleftharpoons [Ca(bipy)]^{2+}$	$Log \beta = 7.19 \pm 0.65$
Composición de la disolución	[TL] Rango de $2.508 \times 10^{-06}$ a $5.016 \times 10^{-05}$ mol L <sup>-1</sup> y de $3.584 \times 10^{-06}$ a $7.168 \times 10^{-05}$ mol L <sup>-1</sup> [TM] Constante en $1.661 \times 10^{-05}$ mol L <sup>-1</sup> y $2.372 \times 10^{-05}$ mol L <sup>-1</sup>	
	Fuerza iónica, electrolito	No
	Rango de pH	No
Método experimental	Valoración espectrofotométrica.	
Temperatura	25°C	
Número total de datos de los puntos	Formación de complejos de Ca: 29 puntos	
Método de cálculo	HYPSPPEC	

el etanol, acetona y agua, tiene la capacidad de solvatar menos al metal, permitiendo la unión

## 4. Conclusiones

En el presente estudio, no se utiliza la fuerza iónica debido a que puede ocasionar la precipitación en el sistema de calcio. En este estudio se evalúa la estabilidad en disolución de un complejo de calcio-2'2-bipiridina, para comparar a este sistema al que posee naturaleza. Con la finalidad que pueda funcionar como modelo electrónico parcial del clúster manganeso-calcio. Se pretende realizar estudios análogos con diferentes ligandos como lo son 1,4-butanodiamina y 1,10-fenantrolina, y así evaluar al sistema que represente un modelo electrónico más adecuado al espectro del calcio presente en el clúster OEC.



## Referencias

1. Amouyal, E., *Photochemical production of hydrogen and oxygen from water: A review and state of the art*. Solar Energy Materials and Solar Cells, 1995. **38**(1&#x2013;4): p. 249-276.
2. Najafpour, M.M., *Calcium-manganese oxides as structural and functional models for active site in oxygen evolving complex in photosystem II: Lessons from simple models*. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 2011. **104**: p. 111-117.
3. Barber, J., *Crystal Structure of the Oxygen-Evolving Complex of Photosystem II*. Inorganic Chemistry, 2008. **47**(6): p. 1700-1710.
4. Vrettos, J.S., J. Limburg, and G.W. Brudvig, *Mechanism of photosynthetic water oxidation: combining biophysical studies of photosystem II with inorganic model chemistry*. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics, 2001. **1503**(1&#x2013;2): p. 229-245.
5. Reedijk, J. and E. Bouwman, *Bioinorganic Catalysis*. 1999: Taylor & Francis.
6. Najafpour, M.M., et al., *Nano-sized manganese oxides as biomimetic catalysts for water oxidation in artificial photosynthesis: a review*. Journal of The Royal Society Interface, 2012. **9**(75): p. 2383-2395.
7. Kobayashi, M., S. Masaoka, and K. Sakai, *Syntheses, Characterization, and Photo-Hydrogen-Evolving Properties of Tris (2, 2'-bipyridine) ruthenium (II) Derivatives Tethered to an H<sub>2</sub>-Evolving (2-phenylpyridinato) platinum (II) Unit*. Molecules, 2010. **15**(7): p. 4908-4923.
8. Schubert, U.S. and C. Eschbaumer, *Macromolecules Containing Bipyridine and Terpyridine Metal Complexes: Towards Metallosupramolecular Polymers*. Angewandte Chemie International Edition, 2002. **41**(16): p. 2892-2926.
9. Ghasemi, J. and M. Shamsipur, *Specthotometric study of complex formation between ome alkali anda alkaline earth cations and several conventional (N,N), (N,O) and (O,O) Ligands in 95% Ethanol*. Journal of Coordination Chemistry, 1993. **28**(3-4): p. 231-236.
10. Ghasemi, J. and M. Shamsipur, *Fluorimetric Study of Complexation of Alkali and Alkaline Earth Cations with 1,10-Phenanthroline, 2,2&#x2013;-Bipyridine and 8-Hydroxyquinoline in Nonaqueous Solvents*. Journal of Coordination Chemistry, 1992. **26**(4): p. 337-344.

# Módulo de temperatura y control de una incubadora neonatal

Cervantes Valdovinos Raymundo Alejandro, Pérez Juárez Jeannette de San Juan, López Orocio Ana Laura

<sup>1</sup>Programa de Ingeniería Biomédica, Universidad Politécnica del Bicentenario, Carretera. Silao - Romita Km 2, San Juan de los Duran, C.P. 36283, Guanajuato México.

## Resumen

*El siguiente trabajo se realiza con la finalidad de tener un sistema de control eficiente de temperatura hacia un neonato. En este trabajo se presenta un sistema de monitoreo de temperatura con un acceso al público en general y sobretodo diseñada con un control más óptimo y avanzado. Se diseña e implementa a través de un sistema de control electrónico con el sensor LM35, utilizando Arduino y LabView, las alarmas programas de temperatura hechas para la incubadora neonatal tiene como objeto cumplir los lineamientos planteados en las normas de seguridad. (NOM-066-SSA1-1993).[1]*

**Palabras clave:** Incubadora Neonatal, Neonato, Temperatura, Control, LabView.

## 1. Introducción

La incubadora es una bio máquina que tiene un entorno que está cerrado y controlado, que provee calor al bebé prematuro, haciendo circular aire caliente sobre su piel. Algunas de las cualidades de la incubadora son: [2]

1. Sistema de posiciones para que se puedan tomar distintos planos de inclinación.
2. Los paneles son transparentes.
3. Facilitación del transporte (comúnmente ruedas).
4. Sistema que minimice los ruidos que puedan existir en la incubadora.
5. Suministro de energía eléctrica.
6. Comúnmente se alojan bebés de menos de 2.2 kg.
7. Sistema de alarmas.
8. Existencia de concentración del calor.
9. Sistema de control de temperatura de la piel del bebé como del ambiente de la incubadora.
10. Doble pared para los bebés prematuros que sean de menos de 1500 gr.
11. Sistema de humidificación del ambiente.

## 12. Fuente de oxígeno.



**Fig. 1** neonato y control de una incubadora neonatal

La termorregulación es una función fisiológica crítica en el neonato ligada a la sobrevivencia, a su estado de salud y a la morbilidad asociada. Es la habilidad de mantener un equilibrio entre la producción y la pérdida de calor para que la temperatura corporal esté dentro de cierto rango normal. En el recién nacido neonato, la capacidad de producir calor es limitada y los mecanismos de pérdidas pueden estar aumentados, según la edad gestacional y los cuidados en el momento del nacimiento y el periodo de adaptación.

Para ello también fue importante conocer ciertos aspectos tales como la zona termo neutral ya que esta tiene el reto de mantener al neonato dentro de la gama de temperaturas en las cuales su mecanismo de regulación térmica sea capaces de compensar las variaciones de temperatura.

Las incubadoras neonatales proporcionan un entorno controlado para recién nacidos que necesitan ser cuidados especiales. Este prototipo tiene la finalidad de cubrir las necesidades mínimas de un hospital, de modo que el personal médico pueda controlar el entorno del neonato, como se muestra en la Fig. 1.

### 1.1 Operación y parámetros de temperatura [4]

La mayoría de las incubadoras tienen dos modos (o sea dos maneras) como pueden operar el sistema de regulación las cuales se aprecian en el panel de control de la incubadora, que son:

- a) Modo de control de la temperatura de piel.
- b) Modo de control de la temperatura del aire.

### 1.2 Modo de control de la temperatura de piel

También es llamado modalidad servo controlada; aquí se compara la temperatura real del paciente con el control de la temperatura del paciente (temperatura deseada o de referencia) con el objetivo de disminuirse o aumentarse automáticamente, pero esto dependerá de si el niño está frío o caliente. La temperatura de control del paciente se puede ajustar entre 34.0° C y 38.0° C.

### 1.3 Modo de control de la temperatura de aire

También es llamado manual; su función es hacer una comparación de la temperatura del aire (la que existe dentro de la incubadora) con el control de la temperatura de aire (temperatura deseada o de referencia) para determinar si va conectarse o no el calentador.

Si la temperatura del aire es muy alta respecto a la seleccionada de control del aire, entonces el calentador se apagará, y si es muy baja el calentador se encenderá. La temperatura de control del aire se puede ajustar entre 22° C y 38° C.

### 1.4 Sensores de temperatura

Los sensores juegan un papel importante en una incubadora. Los más comunes son:

- a. Sensor de piel.
- b. Sensor de aire.
- c. Sensor del flujo de aire.
- d. Sensor de alta temperatura.

### 1.5 Norma de NOM-066-SSA1-1993

La norma indica las siguientes condiciones:

[7]

- ✓ Las condiciones ambientales de operación.
- ✓ Temperatura: 293 K a 305 K (20°C a 32°C)
- ✓ Humedad relativa: 60% ± 20%
- ✓ Presión barométrica: 75.4 kPa a 100.1 kPa (580 mmHg a 770 mmHg).
- ✓ Velocidad del aire: 10 a 15 cm/seg.

El LM35 es un circuito integrado sensor de temperatura de precisión en grados centígrados, cuyo voltaje de salida es linealmente proporcional a la temperatura en grados Celsius (Centígrados), que no necesita ningún tipo de calibración, y provee una exactitud de ¼ °C en una habitación y de 3/4°C en la

escala completa de -55°C – 150°C. Su salida es lineal, siendo su factor de escala de +10.0mV/°C.

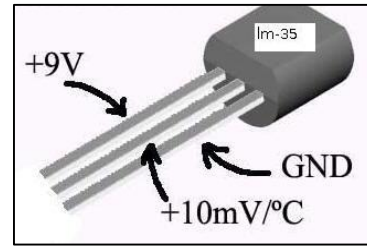


Fig. 2 Sensor de temperatura LM35

## 2. Desarrollo

Mediante el software LabView y la tarjeta arduino, se comenzó con la realización de las pruebas en circuitos pequeños, entre ellas se realizaron los circuitos de temperatura en todas sus modalidades tanto con el sensor más básico de temperatura que existe tal como los termopares, pero el más adecuado a nuestra aplicación fue el LM35. Las características y cualidades que se pretendía que cumplirán dichos circuitos eran las siguientes:

- Concentrará el calor en un punto
- Control de temperatura
- Humidificación del ambiente
- Sistema que minimice los ruidos

El objetivo fue el panel de control, el cual pudiera ser mostrado en una pantalla LDC para control del equipo y sufrir sus debidas modificaciones en el software LabView, tanto de alta como baja temperatura ahí mismo mostrada (Fig 3) Teniendo en cuenta que el sistema es mejorable y que este control podría realizarse posteriormente mediante alguna aplicación de Android o monitoreo vía Bluetooth.

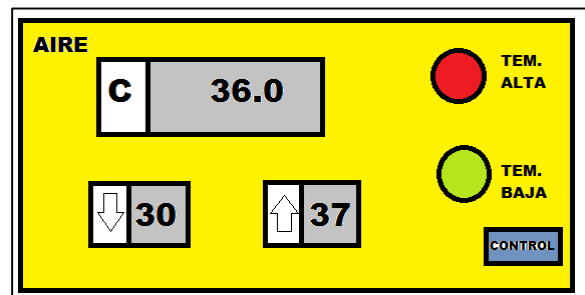


Fig. 3. Control de temperatura base para el sistema de control

Se trabajó sobre la termorregulación del neonato, ya que el ambiente que permite a un neonato mantener la temperatura corporal deseada con unas

necesidades mínimas de energía y oxígeno se logra a base de este proceso.

Cuando las pérdidas de calor superan a la producción, el organismo pone en marcha mecanismos termorreguladores para aumentar la temperatura corporal, esto se hacía a expensas de un gran costo energético, más sin embargo de las pruebas realizadas se puede constatar que el ahorro que energía que lleva el proceso creado es sumamente basto pues no se requiere de una gran cantidad. [4]

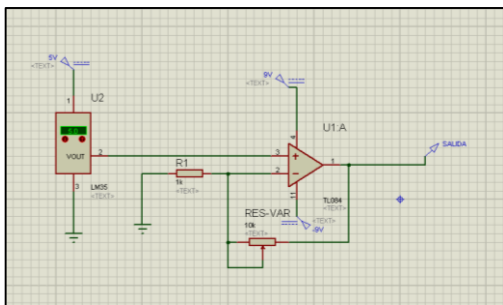
**Tabla 1. Valores normales de temperatura en el recién nacido a término (OMS 1997)**

Condición	Temperatura
Temperatura corporal central normal (axilar)	36.5 a 37.5 °C
Temperatura de piel (abdominal)	36.0 a 36.5 °C
Hipotermia Leve (corporal o piel)	35.5 a 35.9 °C
Hipotermia moderada (corporal o piel)	31.5 a 35.4 °C
Hipotermia grave (corporal o piel)	< 31.5 °C

El sistema de control maneja temperaturas lineales acorde al sensor LM35. Las alarmas de encuentran en relación a la importancia de los valores normales de temperatura en el recién nacido a término, los cuales se muestran en la tabla 1.

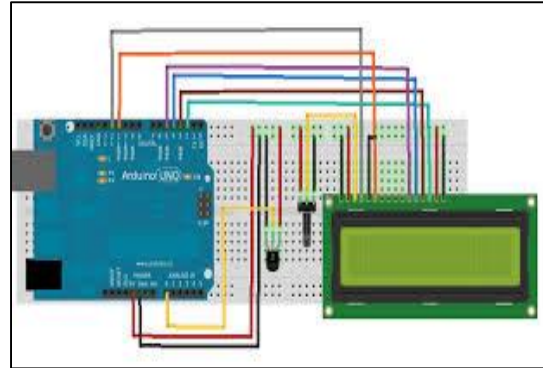
Se caracterizó el sensor de temperatura para la obtención de datos con un mínimo error, donde el porcentaje de error fue de 1.5%, mediante la ecuación:

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{\text{Valor}_{real} - \text{Valor}_{Experimental}}{\text{Valor}_{Experimental}} \right| \times 100 \quad (1)$$

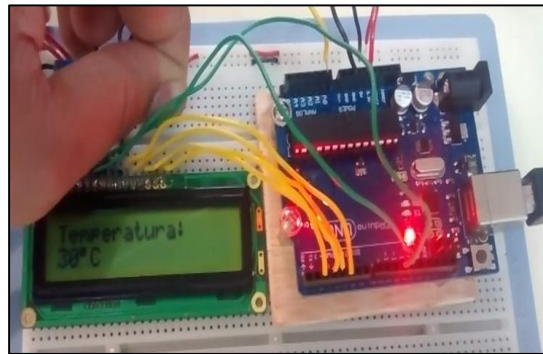


**Fig. 4 Circuito para la adquisición de la señal simulado en proteus**

Se adquirió los valores de temperatura en relación a voltaje para caracterizar al sensor como se muestra en la figura 4, en la simulación en proteus.

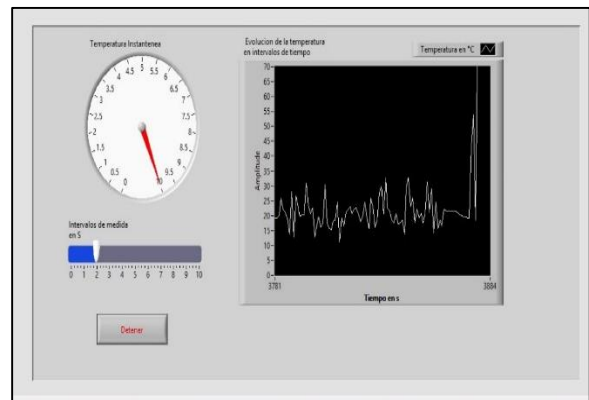


**Fig. 5 Simulación del circuito de temperatura y la pantalla LCD**



**Fig. 6. Circuito del control de temperatura**

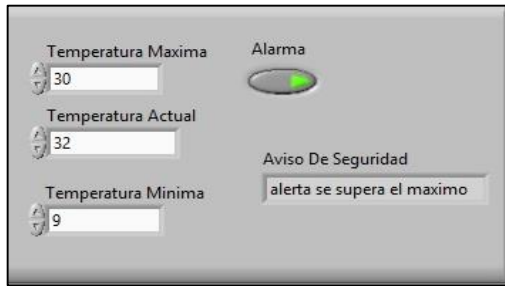
Se realizó el sistema de temperatura utilizando la tarjeta de adquisición arduino, el armado se muestra en la figura 5 y 6.



**Fig. 7 Medición de Temperatura**

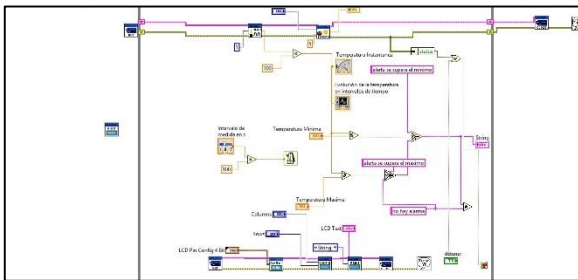
Se realizó el sistema de control en LabView, mostrado en la figura 7 y 8, donde el programa obtiene una temperatura menor, una temperatura

mayor, y el control de alarmas que se activa dependiendo de la condición del neonato.

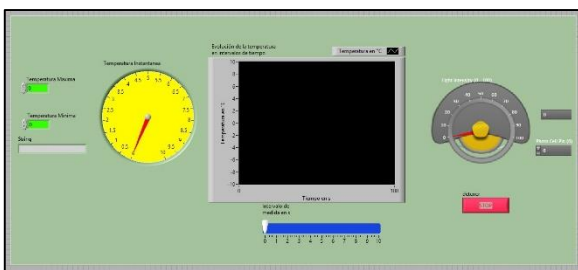


**Fig. 8. Sistema de Alarmas en LabView**

En la figura 9 y 10 se muestra el sistema completo, el uso de sensores de temperatura es determinante en la seguridad de las personas, manejar controles automáticos, mediante software implica una reducción de costos, por la automatización que implica. Es por ello la importancia del sistema creado.



**Fig. 9 Lenguaje código del software LabView**



**Fig. 10 Monitor de control en LabView, sistema con alarmas**

### 3. Conclusiones

A través del tiempo se han realizado varias colaboraciones en el ámbito de encontrar las mejores condiciones que se pueden brindar y favorecer al oportuno desarrollo de un neonato.

Es de gran importancia resaltar se deben cumplir las normas de diseño requeridas, que señalan que no se debe afectar el ambiente interno del neonato y deben proporcionarle seguridad. Concluyo

la formación del circuito y del módulo completo diseñado en el programa LabView así como su funcionamiento e interacción con el sensor de temperatura LM35

Se logró consolidar un caracterización en la cual, tras el programa que se construyó arrojaba la comparación de la temperatura interna que detectaba el sensor así como le voltaje que era necesario para que dicha función fuera posible. Controlando temperaturas mayores y menores, en referencia a una temperatura.

Gracias al proceso de investigación, diseño y construcción, se cuenta con un prototipo de temperatura capaz de proporcionar condiciones seguras y cómodas al neonato, que le permiten un adecuado desarrollo, pero debido a diversas limitaciones quedan aspectos importantes por mejorar en trabajos futuros. Como trabajo a futuro se trabaja con el sensor de temperatura HDT11, que es compatible con arduino y LabView, el cual puede tener menor margen de error y estabilizaremos el sistema con un control PID.

### Referencias

- [1] Restrepo L. Durango N. Gómez N., "Prototipo de Incubadora Neonatal", Escuela de Ingeniería de Antioquia, Universidad CES, Medellín Colombia, Mayo 1 2007.
- [2] Zaragoza I. Gómez Y. Cabrera G., "Diseño y construcción de un prototipo de incubadora controlado por lógica difusa", Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, La Habana, Cuba, Octubre Mayo 23 2001.
- [3] Cosajay L., "Diseño e implementación de un programa preventivo para las incubadoras de bebes del área de pediatría del hospital de San Juan de dios", Universidad San Carlos, Guatemala, Octubre 2007.
- [4] Álvarez A. Terrón A. Vargas P., "Proyecto de Diseño e implementación de un sistema de incubadora inteligente", Universidad Tecnológica Nacional, Mendoza.
- [5] Barrios A., "Desarrollo del Software del sistema embebido de la burbuja artificial neonatal", Universidad Pontificia Católica de Perú, Lima, 2006.
- [6] Beruntus V., "Estudio del control inteligente de Incubadoras", Facultad de Medicina e Ingeniería, Uruguay, Junio 8 2004.

- [7] Bustamante J. Cevallos A., “Diseño e Implementación de un prototipo de incubadora neonatal en cumplimiento con la norma UNE-EN60601-2-19”, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, Julio 2013.

# Estudio de imagen y análisis de datos para la adquisición de una prótesis de miembro inferior

Sánchez Elías María Gloria<sup>1</sup>, López Orocio Ana Laura<sup>1</sup>, Zaragoza Estrada Paola<sup>1</sup>, Ledesma Silva Gabriel Daniel<sup>1</sup>, Rodríguez Reyes Citlalic<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica del Bicentenario, Carretera. Silao - Romita Km 2, San Juan de los Duran, C.P. 36283, Guanajuato México. alopezo@upbicentenario.edu.mx

## Resumen

*En este trabajo de investigación se presenta un análisis general de las prótesis de miembro inferior, así como los principales resultados obtenidos con la evaluación del daño corporal en amputados, utilizando el software Matlab, elaborando una base de datos que permite analizar las condiciones y características del paciente, así como el procesamiento de imágenes aplicadas a las zonas de intereses del sujeto, examinando las funciones corporales y contextos del muñón, permitiendo al paciente conocer si es candidato a utilizar prótesis.*

*De esa manera, mediante la base de datos proponemos una alternativa viable, acondicionando costos, condiciones y necesidades del paciente, a los actuales proveedores de prótesis en México.*

Palabras clave: Muñón, Matlab, Prótesis, Segmentación, Bordes.

## 1. Introducción

En la actualidad no existe información suficiente de análisis de prótesis de miembro inferior así como de las características que deben tener las prótesis para satisfacer las necesidades de cada persona. Por lo tanto nace la necesidad de crear un estudio para poder hacer una selección de prótesis, de esta manera poder estudiar y analizar las necesidades del paciente.

Durante este proceso se necesita del estudio de la anatomía humana en una amputación, esta constituye en un proceso traumático para el individuo que precisa buscar reencontrarse psicológica y socialmente con su extremidad perdida. En el proceso de rehabilitación del amputado puede transcurrir de forma rápida y eficaz, obteniendo el individuo gran funcionalidad e independencia en la utilización de sus prótesis, o, por el contrario, se pueden observar fallos en la rehabilitación que comprometen la progresión

del individuo en grado variable. La valoración del daño corporal en amputados persigue obtener una evaluación justa y objetiva, corregir en la medida de lo posible la causa y/o consecuencia del daño.

Por lo que al hacer una evaluación de esta debe comunicar al lector la información necesaria sobre el diseño, proceso, análisis y generalidad de los resultados. El miembro residual de la amputación, denominado muñón, es el responsable del control de la prótesis durante el ortostatismo y la deambulación. Para llevar a cabo esta tarea, es necesario que el amputado tenga sensibilidad dentro de los patrones normales, que le permita la movilidad de la palanca ósea de forma coordinada e independiente durante la marcha con prótesis. Con la colocación de una prótesis, la alineación corporal tiene que buscar el equilibrio frente a esta nueva situación. Cuanto más alto es el nivel de amputación más grados de libertad se pierden en función de la ausencia de las articulaciones que contribuyen tanto al movimiento como a la postura estática [1].

## 2. Tipos de prótesis

La prótesis es un aparato externo usado para reemplazar total o parcialmente un segmento de un miembro, ausente o deficiente. Hay dos grandes tipos: [1]

- Endroprótesis se implantan mediante cirugía, se anclan al hueso y sirven para sustituir una articulación dañada por artrosis o traumatismo
- Exoprotesis son dispositivos que sustituyen total o parcialmente un aparato musculoesquelético por amputación, cuya colocación o remoción no requiere medios quirúrgicos. Existen prótesis Endo-esqueléticas y Exoesqueléticas

Dado la situación de desarrollo de prótesis en México, la adquisición de una de ellas, para los pacientes que las requieren, se vuelve una tarea difícil, y en ocasiones imposible, por el costo de

adquisición. A continuación se muestra una base de datos la cual realiza un análisis de los pacientes e indica bajo qué condiciones el muñón, si es apto para una prótesis, y en su defecto alguna otra alternativa.

### 3. Cuestionario protésicos

Según el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) [1], 70% de las amputaciones no traumáticas de pie son consecuencia de complicaciones infecciosas por diabetes mellitus. Las cuales son originadas por falta de control médico, ya que es crónico-degenerativas. Un 5% de amputaciones son derivadas de accidentes automovilísticos, de trabajo, quemaduras de tercer grado. Mientras que la Secretaría de Salud y Asistencia (SSA), informa que en 2007 se amputaron 75 mil piernas en México. [1]

La amputación es una incapacidad que afecta a cualquier persona. Al suceder esto, con la ayuda, de una parte del cuerpo (muñón), como base del elemento protésico, se intenta recuperar las facultades perdidas. Esta necesidad lleva a crear cada día prótesis cada vez más perfectas, es decir, que se ajusten lo mejor posible a la anatomía del cuerpo; con su resistencia, extensiones, flexiones, centros de masa, utilidades, color y textura.

Es por ello que se realizó un cuestionario con 26 preguntas (de las 100 originales) que abarcan cuatro áreas, el campo físico (dolor físico y molestias, energía y fatiga, sueño y descanso, las actividades de la vida diaria, la dependencia de medicamentos y tratamiento médico, capacidad para trabajar), psicológico (los sentimientos positivos, el pensamiento, aprendizaje, memoria y concentración, la y autoestima), social (relaciones personales y de apoyo social, la actividad sexual) y medio ambiental (seguridad física y protección, vivienda, recursos financieros, asistencia sanitaria y social, disponibilidad y calidad, oportunidades para adquirir nueva información y habilidades, participación y oportunidades ocio / recreación, medio ambiente físico -contaminación, ruido, tráfico y clima- y transporte).

El cuestionario empieza preguntando los datos básicos del paciente como el nombre, la edad, el sexo, ¿Cuánto tiempo tiene con la amputación?, etc. En base a ello, se desprende el resto de las preguntas, como se mencionó anteriormente se pregunta por etapas, la primera es la social. En este ámbito se investiga el estado socioeconómico del paciente, las personas con las que se relaciona durante el proceso

de amputación y rehabilitación y si el paciente realiza alguna actividad física.

En la segunda parte del cuestionario, es orientado al campo físico. Es importante saber la causa de la amputación, se considera que los accidentes de trabajo producen un mayor índice de amputaciones en extremidades superiores (73 a 81%) y los accidentes de tráfico y las enfermedades tienen un porcentaje más elevado sobre las extremidades inferiores (63%). Las causas más frecuentes son malformaciones congénita, infecciosa, vascular, tumoral, y por causa accidental. El cuestionario protésico toma en cuenta los aspectos más importantes antes mencionados [Fig.1].

El formulario muestra un cuadro con el título "Causas de Amputacion del Muñón". Dentro del cuadro hay una lista de opciones con casillas de verificación:

- Malformaciones Cong...
- Tumorial
- Vascular
- Infecciosa
- Causas accidental

**Fig. 1 Causas de Amputación.**

El muñón es la parte del miembro amputado comprendida entre la cicatriz y la articulación situada por encima. Todo muñón quirúrgicamente bueno debe reunir las tres condiciones siguientes:

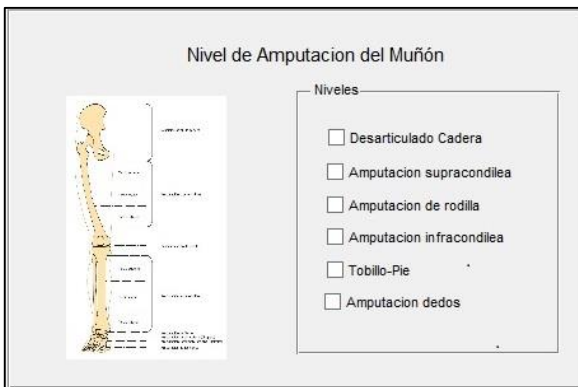
- Forma suavemente cónica.
- Sensibilidad normal.
- Cicatriz debidamente situada y móvil [2].

El paciente debe de saber en dónde se encuentra localizado su muñón [Fig.2.]. La condiciones en las que se encuentra, la sensibilidad, y que este no cuente con algún tipo de úlceras, al existir mejores condiciones de rehabilitación, es un mejor candidato para la prótesis. La prueba de sensibilidad se la hacen al paciente con los ojos cerrados en puntos específicos como: extremidad central, media y lateral a través de monofilamentos [Fig.3.]. [3]

Otro parámetro es el tipo de dolor que tiene, el dolor post-quirúrgico es por una mala cicatrización o mal vendaje del muñón. La sensación del miembro



fantasma, es la presencia de la parte amputada y sentir el dolor de esta parte.



**Fig. 2 Niveles de Amputación.**

La rehabilitación ayuda al paciente para modelar y muscular el muñón para poder sostener la prótesis, teniendo un control y equilibrio del cuerpo. Con la rehabilitación se combate la pérdida de masa muscular del muñón y el edema (acumulación de líquidos) que se necesitan.

Cabe destacar que una vez que el paciente se recupera es importante que su rehabilitación sea adecuada y sobre todo las posiciones y tipo de vendaje se monitoreen constantemente porque es uno de los últimos pasos para que el paciente pueda utilizar una prótesis. Ya que el vendaje le da la forma adecuada para que entre en el encaje de la prótesis [Fig.4].



**Fig. 3 Prueba de Sensibilidad.**

Y por último hay que saber si el paciente ha usado una prótesis provisional, alguna en específica o es la primera vez que el paciente la va a manipular.

La ansiedad, depresión, frustración, hostilidad, egocentrismo, agresividad, dependencia e irrealidad son fenómenos que pueden desenvolverse muy intensamente en el amputado, y los cuales, pueden afectar los resultados [3].



**Fig. 4 Rehabilitación y vendaje.**

El paciente al resolver cada una de estas preguntas de una forma consciente y efectiva, el programa lograra tener resultados exactos y lo más fidedignos posibles, indicándole si es candidato y que tipo de prótesis es apto para las condiciones analizadas, si no lo fuera se indica cual es la condición a mejorar. Sucesivamente, se hará un estudio de imágenes del muñón para pasar al procesamiento de imágenes adecuado, para extraer la mayor información posible, la cual sea apta para el médico, o los especialistas que lo necesiten.

## 4. Procesamiento del muñón

El análisis de imágenes del muñón comprende todos los métodos y técnicas que se utilizan para extraer información de una imagen. El primer paso para ello lo constituye la segmentación de la imagen que se ocupa de descomponer una imagen en sus partes constituyentes, es decir, los objetos de interés y el fondo.

### 1.1 Detección de bordes y algoritmo de Canny

La idea esencial en la detección de bordes es encontrar puntos en la imagen que tengan localmente máximo gradiente. Las imágenes son distorsionadas por el ruido. Cualquier proceso de detección de bordes basado en fronteras debe por una parte suprimir el ruido y por otra localizar el borde tan preciso como sea posible.

Uno de los métodos relacionados con la detección de bordes es el uso de la primera derivada, la que es usada por que toma el valor de cero en todas las regiones donde no varía la intensidad y tiene un valor constante en toda la transición de intensidad. Por tanto un cambio de intensidad se manifiesta como un cambio brusco en la primera derivada, característica que es usada para detectar un borde, y en la que se basa el algoritmo de Canny. [4]

El algoritmo de Canny consiste en tres grandes pasos:

- **Obtención del gradiente:** en este paso se calcula la magnitud y orientación del vector gradiente en cada píxel.
- **Supresión no máxima:** en este paso se logra el adelgazamiento del ancho de los bordes, obtenidos con el gradiente, hasta lograr bordes de un píxel de ancho.
- **Histéresis de umbral:** en este paso se aplica una función de histéresis basada en dos umbrales; con este proceso se pretende reducir la posibilidad de aparición de contornos falsos.

#### 4.1 Algoritmo del gradiente Prewitt para la detección de bordes.

El Prewitt no enfatiza los píxeles cercanos al centro de la máscara, si no que pondera la información de filas y columnas adyacentes para dar mayor inmunidad al ruido de una imagen. Prewitt proporciona una mejor detección de los bordes verticales y horizontales en comparación con los bordes diagonales. Para cada píxel de la imagen se calcula un valor a partir de los píxeles vecinos. Se suele denominar que se aplica una máscara, así en el caso de Prewitt se utilizan dos máscaras una en el sentido de las X y otra en el sentido de las Y (se considera que la imagen es una matriz) [Fig. 5] y después se calcula el módulo de los gradientes direccionales. [4]

Las máscaras son:

	-1	0	1		1	1	1
Gx=	-1	0	1	Gy=	0	0	0
	-1	0	1		-1	-1	-1

**Fig. 5 Mascara del modelo de gradiente**

Siendo x, y la posición del píxel a calcular y [x, y] el valor en esa posición. El cálculo del valor de (parece muy largo pero no son 6 operaciones) [5].



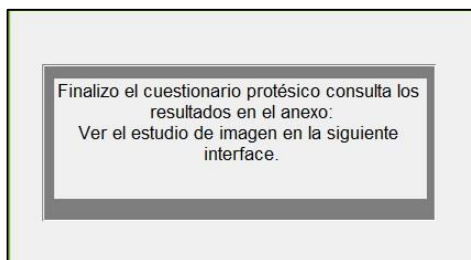
**Fig. 6 Diagrama de flujos para el procesamiento de imágenes.**

## 5. Análisis de Resultados

Al terminar el cuestionario de preguntas de muestra resultados. En la [Fig. 6] se muestra uno de los paneles realizado en el Software Matlab 7.0.

**Fig. 6 Panel del cuestionario prótesis**

En caso de que su muñón está muy dañado por alguna razón como por ejemplo no tiene sensibilidad tendrá que buscar más alternativas para poder usar una prótesis o realizar una investigación para mejorar su condición. Se muestra el panel preliminar al análisis de imágenes.



**Fig. 7 Cuestionario preliminar a la conclusión**

El procesamiento de las imágenes como se muestran a continuación son los resultados de la aplicación del filtro Canny, el filtro Prewitt y segmentación de la imagen, así como su comparación a la imagen original [Fig.8]



**Fig. 8 a) Imagen original b) Segmentación de Bordes  
c) Aplicación del filtro Canny d) Aplicación del filtro Prewitt**

## 6. Conclusiones

Para una obtención buena de resultados es necesario ingresar medidas antropológicas del paciente (diámetros y longitudes de segmentos), para que los cálculos y reconstrucciones tridimensionales de las extremidades mediante el procesamiento de imágenes sean las medidas reales del sujeto de estudio.

Posteriormente al panel del software que realiza el reconocimiento y valoración del paciente:

Se debe realizar una evaluación médica y condiciones de selección para la implementación de prótesis. Se debe evaluar síntomas objetivos y subjetivos, sensibilidad, y valoración articular y muscular.

Partiendo de ello con este estudio se busca lograr que cualquier persona sin importar su género, peso y estatura, etc. Pueda conocer qué tipo de prótesis es adecuada para su uso y cuáles son las condiciones en las cuales se debe de tener más cuidado y que tenga conciencia de los daños que se puedan tener de una mala rehabilitación al muñón

En el procesamiento de imágenes nos permite observar la forma de muñón, y conocer las regiones de interés, para poder hacer una reconstrucción tridimensional, para múltiples aplicaciones. Se seguirá trabajando para obtener desarrollo e implementación del modelo geométrico de una prótesis, el análisis debe ser versátil (en estructura, dimensiones y peso) para que se adapte al tipo de persona que lo requiera.

## 7 Referencias

- [1] BOCK, otto. *Compendio de prótesis. Prótesis para la extremidad inferior*. Segunda edición. Schiele & Schon
- [2] Meurs M, Maathuis C, Lucas C, Hadders-Algra M, Van der Sluis C. *Prescription of the first prosthesis and later use in children with congenital unilateral upper limb deficiency: A systematic review*. *Prosthet Orthot Int* 2006; 30: 165-173
- [3] Tonon da Luz S C, Avila AOV, Oliveira TP, Andrade MC, Ventoza Lacunza C, Berral de la Rosa FJ, *Valoración del daño corporal en amputados de miembros inferiores: prueba de sensibilidad, postura, sobrecarga articular y calidad de vida*, *Trauma Fund MAPFRE* (2010) Vol. 21 n° 3:178-183
- [4] Tamayo, Juan Fernando. *Diseño conceptual de un Sistema protésico de rodilla para amputados transfemorales. Tesis de posgrado*. Universidad Nacional - Sede Medellín. 2007

Iván Danilo García Santillán, *Visión Artificial y Procesamiento Digital de Imágenes usando Matlab*, Ibarra – Ecuador 2008. Pág. 103, Volumen 1



## **Ciencias de Ingeniería y Tecnología - A**

1er Simposio Internacional de Desarrollo Tecnológico

Universidad Politécnica del Bicentenario  
Carretera Estatal Silao-Romita Km. 2  
San Juan de los Durán, Silao de la Victoria, Guanajuato, México  
C.P. 36283  
[www.upbicentenario.edu.mx](http://www.upbicentenario.edu.mx)

Obra terminada el 28 de Noviembre de 2014



Ciencias de Ingeniería y Tecnología - A

ISBN: 978-607-96471-5-5

