

# Desarrollo de un prototipo de electro-eyaculador para aves

René Guillermo Melara Sánchez<sup>1</sup>  
Fátima María Lazo Recinos<sup>2</sup>

## Resumen:

La electroeyaculación es un procedimiento comúnmente utilizado para obtener muestras de semen de mamíferos machos sexualmente maduros, pero en esta ocasión fue utilizada para implementar esta tecnología en las aves de corral. Esta técnica se aplica en programas de cría y de investigación en varias especies, así como en el tratamiento de la disfunción eyaculatoria y en eyaculación en los seres humanos.

## Palabras clave

Electroeyaculador, onda sinusoidal, onda cuadrada, onda triangular.

## Abstract

The electroejaculation is a procedure commonly used to obtain semen samples from sexually mature male mammals, but in this occasion this procedure was used to implement this technology in poultry. This technique is applied in breeding programs and research in various species, as well as in the treatment of dysfunction and premature ejaculation in humans.

## Keywords

Electroejaculator, sine wave, square wave, triangle wave.

## 1. Introducción

La electro estimulación es un tema muy común en el ámbito médico actualmente, el cual consiste en la estimulación eléctrica orientada a diferentes aplicaciones, que pueden ser anestésicas, de terapia de rehabilitación, de terapia de dolor, y en el caso específico del presente artículo en la estimulación de aves machos para facilitar la eyaculación de las mismas.

El principio de electro estimulación interviene en la contracción muscular ordenada por el cerebro, el cual envía una orden en forma de corriente eléctrica que se desplaza a gran velocidad por las fibras nerviosas hasta el musculo, que reacciona contrayéndose. Con la electro estimulación, la excitación se produce directamente sobre el nervio motor gracias a los

impulsos eléctricos perfectamente controlados, de modo que el musculo o el miembro es incapaz de notar la diferencia entre una contracción voluntaria y una contracción inducida eléctricamente.

En la electroeyaculación para aves el principio es similar, con la diferencia que estimulan directamente las gónadas, para provocar la pre eyaculación del ave, debido a que la eyaculación se realiza con ayuda de masoestimulación por parte de un profesional.

La aplicación de electroeyaculación varía dependiendo del tipo de ave a la que se le va a realizar, es por ello que dependiendo de la clase y del tamaño del ave así será la cantidad de voltaje y el tipo de onda y frecuencia que se asignará.

---

1. El autor es graduado de Ingeniería Biomédica de la Universidad Don Bosco, El Salvador.  
(guillermo.melara90@gmail.com)

2. La autora es graduada de Ingeniería Biomédica de la Universidad Don Bosco, El Salvador.  
(fatima027@gmail.com)

Fecha de recepción: 10/10/2012; Fecha de aceptación: 15/11/2012.

## 2. Marco teórico

### 2.1. Generalidades sobre aves

Las aves poseen unas características fisiológicas y anatómicas específicas. Son vertebrados adaptados al vuelo y, aunque alguna haya perdido esta facultad, toda su anatomía y fisiología están ordenadas en función de esta adaptación. Las aves tienen el cuerpo cubierto de plumas, éstas son exclusivas de esta especie, y les sirven para volar y protegerse. Las patas carecen de plumas y suelen estar formadas por escamas parecidas a los reptiles. Su piel está desprovista de glándulas sudoríparas y sebáceas. Tienen un esqueleto ligero y resistente. La rigidez del esqueleto se consigue por: el acortamiento del cuerpo, el gran desarrollo de la cintura escapular y del esternón, la soldadura de las vértebras, la prolongación en forma de gancho de las costillas, la longitud de la cintura pelviana y la forma de unirse el muslo al cuerpo.

Las extremidades anteriores están convertidas en alas, sus dedos reducidos a tres, quedan englobadas en un muñón común. Las posteriores sostienen todo el cuerpo. El muslo queda unido a la masa muscular del cuerpo para adelantar el punto de apoyo y mantenerlo más o menos horizontal. El pie tiene 4 dedos como máximo, y los tarsianos y metatarsianos se sueldan en un solo hueso.

Las aves carecen de diafragma. Los pulmones están conectados a la cavidad torácica y poseen un sistema de sacos de aire que constituye una estructura esencial en el proceso de respiración. El intercambio gaseoso se realiza en los pulmones de manera continua, en serie, tanto a la entrada como a la salida del aire, a diferencia del resto de las especies vertebradas. Los sacos aéreos sirven para aligerar el peso, aumentar el volumen del pulmón y ayudan a regular la presión. La cavidad abdominal es bastante pequeña e incluye la parte caudal de

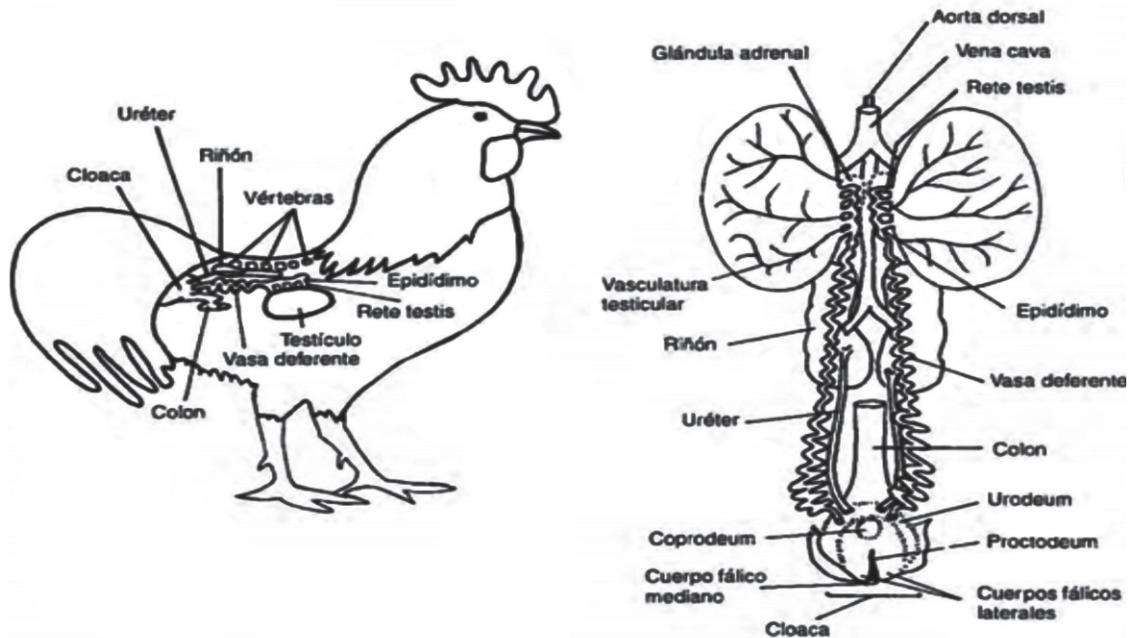
la molleja y el intestino, el bazo y los ovarios con el oviducto o los testículos con el ductus deferente. No tienen vejiga. La orina se transporta a través de los uréteres que desembocan en la cloaca. El sistema circulatorio es completo. El corazón es grande con 4 cavidades. Los eritrocitos son ovalados y nucleados. No tienen plaquetas propiamente dichas, sino trombocitos nucleados. La hembra es heterogamética (2 cromosomas sexuales diferentes), mientras que el macho es el sexo homogamético. Presentan un encéfalo bien desarrollado. En general, tienen una rica organización familiar y social, y una conducta instintiva muy desarrollada.

Si se comparan con los mamíferos, las aves presentan una alta tasa metabólica, es decir, la absorción, el metabolismo y la eliminación de los elementos nutritivos y los excrementos se realiza más rápidamente, necesitando un aporte alimenticio continuo y rico en energía, que consiguen aunque la comida se realice a intervalos, debido a la existencia del buche que almacena y regula el tránsito del alimento.

### 2.2. Anatomía del ave (aparato genital)

En el macho, a diferencia de otras especies, las gónadas son intraabdominales. Presentan un epidídimo poco desarrollado y 2 conductos deferentes, que van a desembocar en el urodeo de la cloaca.

Los machos no tienen un órgano copulador como en los mamíferos, sino una papila eréctil rudimentaria que prolapsa en el momento del servicio. En esta zona hay una cantidad de acúmulos linfáticos que van a aportar linfa en el momento de la cópula. Esa papila eréctil en el momento de la cópula es la que va a transportar los espermatozoides eyaculados hasta la cloaca de la hembra, que también está prolapsada (ver Figura 1).



**Figura 1.** Aparato reproductor del macho.

Testículos: cada uno tiene una forma de habichuela y se encuentran cerca del extremo superior de los riñones a ambos lados. Aunque están cerca de los sacos aéreos, su temperatura es la misma que la corporal del animal (41-43 °C).

El parénquima testicular no está tabicado, a diferencia de lo que ocurre en algunos mamíferos. Está compuesto de:

- a) Un compartimiento tubular (aproximadamente el 85-95% del volumen testicular), constituido por los tubos seminíferos. En el epitelio de estos túbulos se efectúa la espermatogénesis.
- b) Un compartimiento intertubular, que incluye algo de tejido conjuntivo, una red arteriovenosa y linfática y una red nerviosa, adrenérgica y colinérgica.
- c) Los tubos seminíferos se terminan en la proximidad inmediata del cordón testicular, donde se conectan con los túbulos de la rete testis, que se comunican a su vez con los conductos eferentes, que desembocan en el canal de epidídimo. Este último se prolonga por el conducto deferente, muy replegado donde se realiza la maduración y almacenamiento de los espermatozoides. Puede ser comparado con el epidídimo de mamíferos.

Este desemboca, a través de la vesícula espermática en el urodeo.

Epidídimo: estructura alargada, unida casi a la totalidad del borde dorso medial del testículo. En el epidídimo de las aves se distingue la cabeza, el cuerpo y la cola. Y contiene cerca de 90 conductos aberrantes, remanentes de sacos ciegos de túbulos mesonéfricos.

Conducto deferente: durante su trayecto los conductos deferentes discurren en forma sorprendente, en zigzag se longitud es de unos 10cm. Su diámetro aumenta antes de entrar a la cloaca.

Órgano copulador: esta denominación abarca el conjunto de los repliegues linfáticos de la cloaca, el falo y los cuerpos vasculares paraclocales. Estos últimos son cuerpos ovoides, incrustados en la pared de la cloaca, que se llenan de linfa en el momento de la erección. Dicha linfa transita en la cloaca a través de los repliegues linfáticos, en forma de un fluido transparente que puede mezclarse con el semen. En el momento de la erección los repliegues redondeados de la cloaca se hinchan, formando una ligera protuberancia hacia el exterior de la cloaca y constituyen un pequeño canal por donde se evacua el esperma.

### 2.3. Impedancia bioeléctrica

La impedancia bioeléctrica es una técnica utilizada para medir la composición corporal, basada en la capacidad que tiene el organismo para conducir una corriente eléctrica. La resistencia y la reactancia dependen del contenido en agua y de la conducción iónica en el organismo. Son definidos de la siguiente forma: Resistencia (R), es la oposición del tejido al pase de la corriente (físicamente, la oposición de un conductor al paso de la corriente alterna) y Reactancia (Xc), es el otro efecto negativo sobre la conducción eléctrica y está descrito por el comportamiento como condensador de la membrana celular y depende de la frecuencia de la señal.

Tal conductividad eléctrica es mayor en el tejido magro, respecto al tejido adiposo, ya que el primero contiene prácticamente casi toda el agua y los electrólitos del cuerpo. En consecuencia, es sobre la masa magra que es posible medir la impedancia a partir del agua. La conductividad de componentes como la sangre o la orina es alta, la del músculo intermedia y la de huesos, grasa o aire es baja.

### 3. Alcances y limitaciones

#### 3.1. Alcances

a) El electroeyaculador genera tres señales: senoidal, triangular y cuadrada. Cada una trabaja a una frecuencia en rango de 3 a 100 Hz. Se

podrá seleccionar la señal deseada a través de un interruptor externo.

b) Se podrá controlar los niveles de tensión y los rangos de frecuencia para la estimulación eléctrica en el ave.

c) El equipo contara con una entrada para poder colocar el tester para poder verificar el nivel de voltaje que se esté seleccionando.

d) La corriente con la que trabaja es de 20mA, con voltaje variable según la impedancia del ave.

#### 3.2. Limitaciones

a) El electroeyaculador que se diseñó está destinado a ser utilizado en aves pequeñas, debido a que el voltaje máximo que entrega el electro eyaculador es de 11.5v.

b) El equipo se alimenta con tres baterías de 9v para poder alcanzar el voltaje máximo propuesto.

### 4. Definición del proyecto

Un electroestimulador, aplicado en una especie de ave específica, refiriéndose en especial a las características eléctricas necesarias para crear un dispositivo con fines de criopreservar especies, se plantea la instrumentación que ayudaría a conseguirlo.

Las características de las aves con las que se podrá utilizar el electroeyaculador se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Datos de carácter eléctricos.

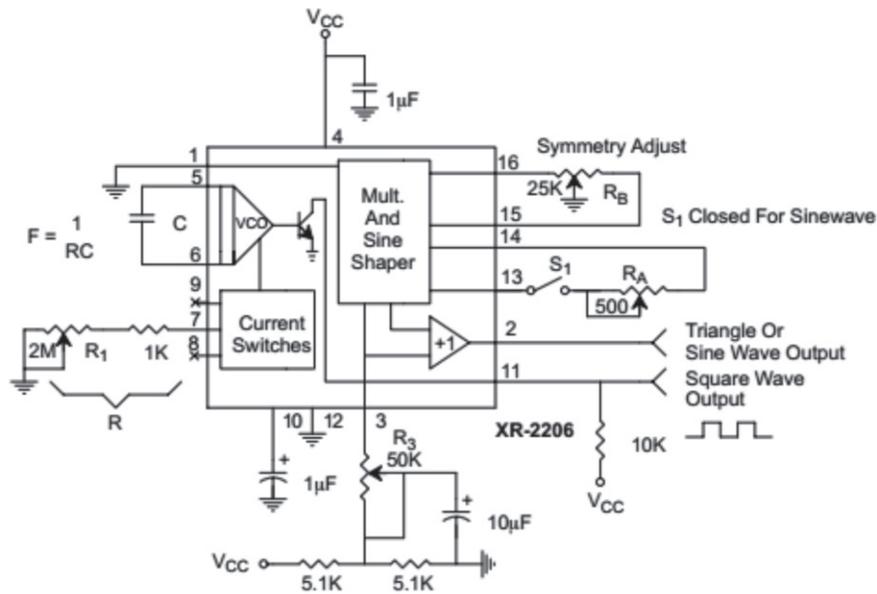
Especie	Talla de sonda	Voltaje	Corriente	Resistencia	Densidad de corriente	Volumen de semen
Budgerigar	78mm <sup>2</sup>	3.67 VAC	3.93mA	928.5Ω	0.05mA/mm <sup>2</sup>	0.0628ml
Cockatiel	150mm <sup>2</sup>	6.53 VAC	9.24mA	808Ω	0.0615mA/mm <sup>2</sup>	0.15ml
Indian ringneck	150mm <sup>2</sup>	4.37 VAC	7.94mA	695Ω	0.0528mA/mm <sup>2</sup>	0.0133ml

### 5. Etapas

El proceso para que el circuito a su salida tenga cada una de las 3 ondas (cuadrada, senoidal o triangular), se divide en 3 etapas electrónicas.

#### 5.1. Generación de las ondas

Para la generación de las ondas se utilizó el integrado XR -2206 implementando, y de su hoja técnica se eligió el diseño más conveniente para el propósito del electroeyaculador. El circuito de la Figura 2, fue el utilizado para el caso.



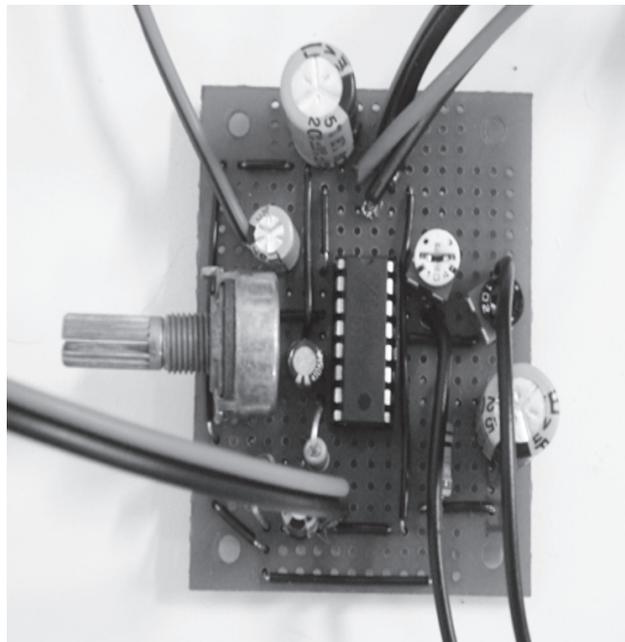
**Circuit for Sine Wave Generation with Minimum Harmonic Distortion.**

**Figura 2.** Circuito generador de ondas

Este circuito es de mucha precisión, los potenciómetros RA, RB y R3 sirven para ajustar de la mejor manera la señal. En el caso de Ra es el interruptor que permite el ajuste entre el cambio de señal triangular a senoidal y viceversa, ya que ambas comparte la salida en el pin 2 del IC, mientras que RB es el potenciómetro de ajuste

de simetría de la señal, y R3 ajusta la amplitud de la señal de salida.

El potenciómetro R1 es el encargado de variar la frecuencia. Físicamente esta etapa es como se aprecia en la Figura 3.



**Figura 3.** Etapa de generación de ondas.

## 5.2. Etapa de inversor de voltaje

Para la etapa amplificación se necesita tener un voltaje simétrico para la alimentación de los amplificadores operacionales 741, por lo que a partir de una fuente de una polaridad se tiene que obtener una fuente bipolar, es decir, que posea voltaje positivo y negativo.

Para la obtención del voltaje negativo se implemento un circuito inversor de voltaje haciendo uso de un 555. El circuito que se implemento se presenta en la Figura 4.

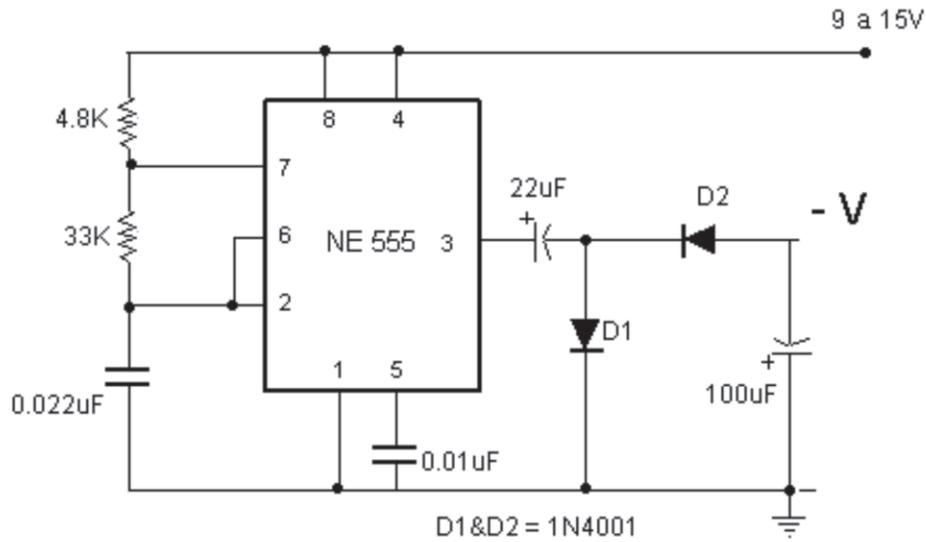


Figura 4. Circuito inversor de voltaje.

Físicamente este circuito se ve como en la Figura 5.

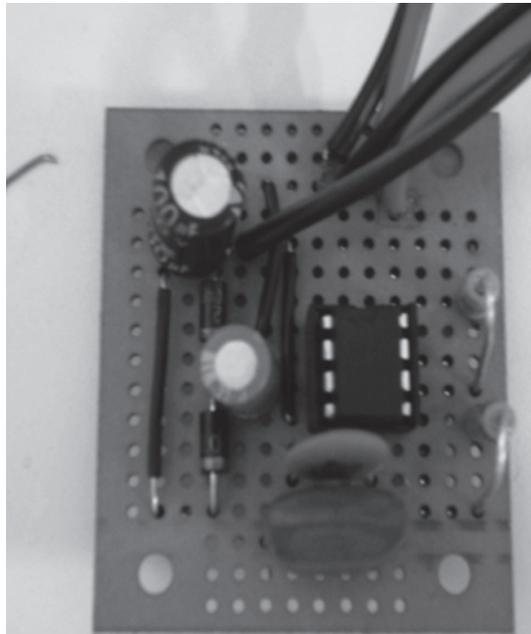
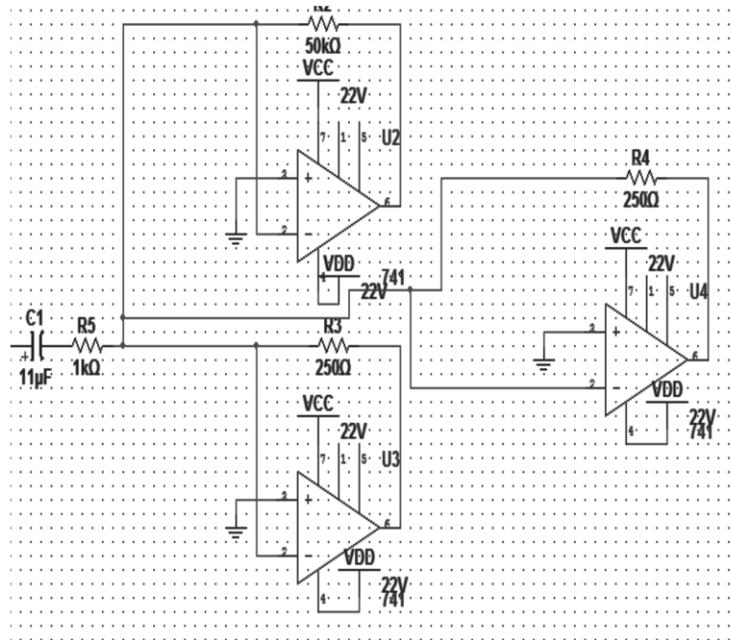


Figura 5. Etapa inversora de voltaje.

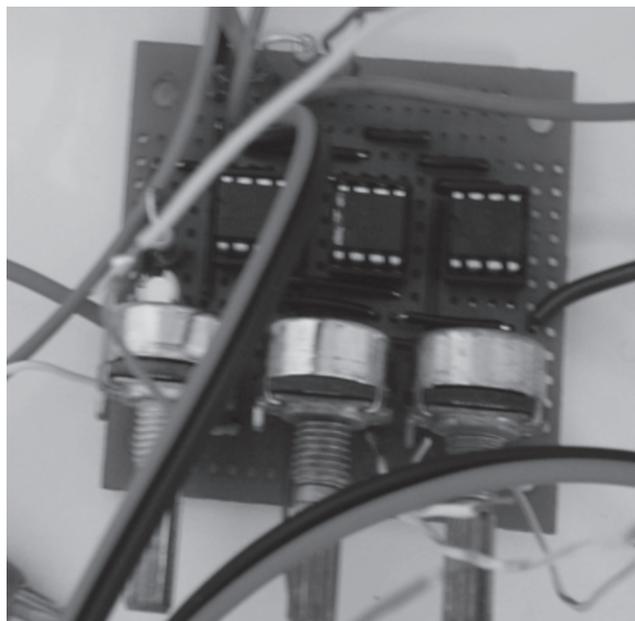
### 5.3. Etapa de amplificación

Esta etapa está compuesta por 3 amplificadores operacionales 741, cada uno amplifica una señal específica por lo que sus ganancias son distintas y ajustables, cada uno con su respectivo potenciómetro (ver Figura 6).



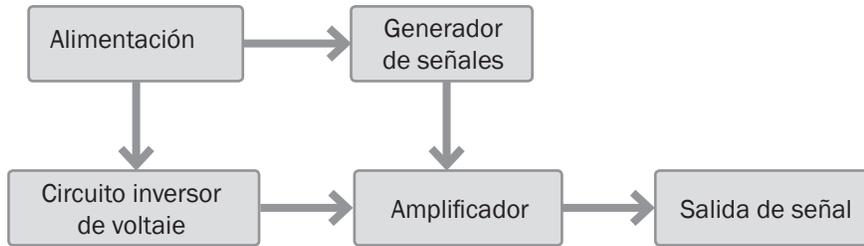
**Figura 6.** Circuito de amplificación de las señales.

Esta etapa físicamente se aprecia en la Figura 7.



**Figura 7.** Etapa de amplificación.

La operación de todo el sistema se plasma en el diagrama de bloques de la Figura 8.



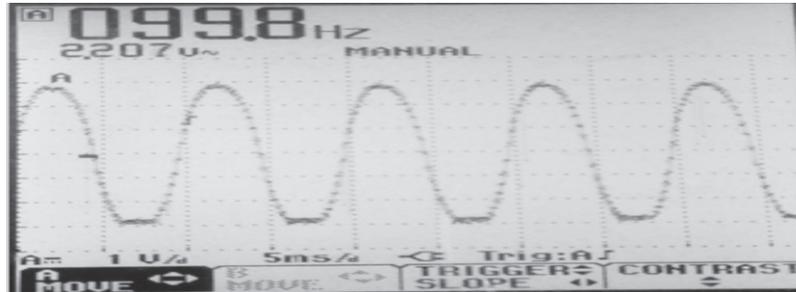
**Figura 8.** Diagrama en bloques del funcionamiento.

La alimentación se genera de 3 baterías de 9v cada una. La inversión del voltaje está dada por el arreglo de 555 presentado anteriormente. Para el generador de señales se utilizó el integrado XR-2206 y para la etapa de amplificación, se hizo uso de un 741.

### 6. Mediciones de las ondas de salida

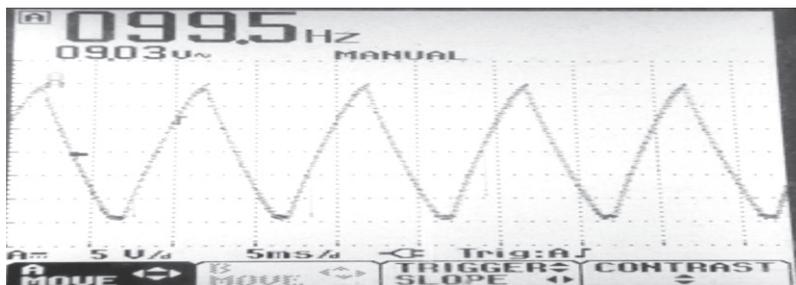
En las Figuras 9, 10 y 11 se muestran las mediciones de ondas de salida: senoidal, triangular y cuadrada.

#### 6.1. Onda senoidal



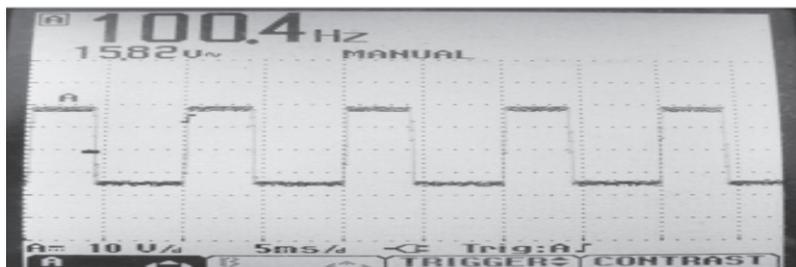
**Figura 9.** Onda senoidal medida.

#### 6.2. Onda triangular



**Figura 10.** Onda triangular medida.

#### 6.3. Onda cuadrada



**Figura 11.** Onda senoidal cuadrada.

## 7. Chasis

El chasis cuenta con las salidas del electrodo activo y pasivo y una salida para un switch pulsador manual para mayor comodidad del usuario. Tendrá una perilla que regulara el voltaje, otra que regulara la frecuencia, y un switch con el que el usuario podrá seleccionar la onda que desea utilizar.

En la parte posterior estará colocada la recamara de las baterías al igual que la entrada para el tester, con el que el usuario podrá verificar las modificaciones del voltaje (ver Figura 12).



**Figura 12.** Prototipo de la cara de enfrente del chasis, es decir del panel de control del electroeyaculador.

## 8. Costo del proyecto

Precios de cada elemento utilizado  
Capacitores (ver Tabla 2).

**Tabla 2.** Precios de los capacitores.

Cantidad	Valor	Unidades	Costo(\$)
2	10	μF	0.46
2	1000	μF	1.34
1	47	μF	0.36
1	100	μF	0.50
1	0.22	μF	0.26
1	0.1	μF	0.18

Resistencias (ver Tabla 3).

**Tabla 3.** Precio de las Resistencias.

Cantidad	Valor	Unidades	Costo(\$)
3 Potenciómetro	50	kΩ	0.60
1 Potenciómetro	10	KΩ	0.54
1	100	kΩ	0.27
2	1	kΩ	0.52
2	5.1	kΩ	0.27
1 Potenciómetro	1	MΩ	0.50
1 Potenciómetro	250	KΩ	0.50
1 Potenciómetro	100	KΩ	0.27

Otros (ver Tabla 4).

**Tabla 4.** Precios de los demás elementos.

Cantidad	Tipo de elemento	Costo(\$)
1 integrado	XR-2206	13
3 integrado	741	1.50
1 integrado	555	1
2 diodos	1N4007	0.50
3 baterías		5.25
Chasis		20
Interruptor de pulso		1.25
1 tester		donado

El total invertido fue de US \$ 54.32, sin considerar electrodos y otros materiales brindados por terceros.

## 6. Conclusiones

a) La impedancia de entrada esta condiciona por el nivel de líquidos presentes en el área del cuerpo tanto en mamíferos, como en aves, por lo que el peso del ave es condicionante de la impedancia al acoplar el equipo, observándose así variación en la densidad de corriente.

b) La mayoría de los órganos internamente están formados por tejido magro, es decir tejido libre de grasa, esto hace que su resistencia sea más baja comparada con los tejidos adiposos del ave.

c) Las señales sinusoidales de bajas frecuencias poseen efectos biológicos similares a los de las corrientes farádicas, que estimula tanto los nervios sensoriales como los motores, así como la contracción muscular. Es por ello que es una buena elección el considerar este tipo de forma de onda como la ideal para trabajar para estimular las gónadas de una especie de ave. A pesar de ello para efectos experimentales se configuró tres alternativas de ondas (senoidal, cuadrada y triangular) para experimentar respuestas más efectivas en diferentes tipos de aves. Cabe mencionar que este proceso es único en el país y la región centroamericana y se desarrollará con la experticia de la Fundación ALAS, que es una ONG que vela por la no desaparición de aves en peligro de extinción en nuestro país.

d) El valor de la onda cuadrada es de 14v, por lo que este podría ser utilizadas en aves de mayor tamaño y peso. Se debe considerara que este tipo de onda es más traumática para las regiones fibrilares, por lo que la potencia a aplicar debe ser de menor amplitud.

e) El prototipo es de índole experimental, por lo que modificaciones serán desarrolladas según resultados encontrados por parte de la Fundación ALAS.

Medicinas alternativas. Terapias alternativas. Citado del URL: <http://www.todamedicinaalternativa.com/terapias/fisicas/electroterapias>, el 09 de octubre de 2012.

VET-UY. Anatomía y Fisiología de las Aves. Citado del URL: [http://www.veterinaria.org/asociaciones/vet-uy/articulos/artic\\_avic/016/avic016.htm](http://www.veterinaria.org/asociaciones/vet-uy/articulos/artic_avic/016/avic016.htm), el 09 de octubre de 2012. ISSN 1688-2075.

---

**Cómo citar este artículo:**

MELARA SÁNCHEZ, René Guillermo; LAZO RECINOS, Fátima María. "Desarrollo de un prototipo de electro-eyaculador para aves". Ing-novación. Revista semestral de ingeniería e innovación de la Facultad de Ingeniería, Universidad Don Bosco. Diciembre de 2012 – Mayo de 2013, Año 3, No. 5. pp. 107-116. ISSN 2221-1136.

## 7. Referencias bibliográficas

Alaniz Bayo, Elda (2009). Aplicaciones de Conductividad y Resistividad en Seres Vivos. Citado del URL: <http://es.scribd.com/doc/28243751/FIS-cond-res>, el 09 de octubre de 2012.

Barrios Paternina, Elizabeth; Doria Meza, Amanda; Romero Anaya, José Rafael. Aparato urogenital en aves. Citado de internet en el URL: <http://www.slideshare.net/elisabethbar1991/aparato-urogenital-en-aves2>, el 09 de octubre de 2012.