DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELECTROCAUTERIO EXPERIMENTAL PARA CIRUGIAS SUPERFICIALES EN ANIMALES

Diseño y Construcción de un Electrocauterio Experimental para Cirugías Superficiales en Animales

Gustavo Alberto Maxi Iñamagua
Egresado de la Carrera de Ingeniería Electrónica
Facultad de Ingenierías
Universidad Politécnica Salesiana

Luis Alberto Tobar González
Egresado de la Carrera de Ingeniería Electrónica
Facultad de Ingenierías
Universidad Politécnica Salesiana

Dirigido por:

ING. MARCO CARPIO S.
Ingeniero Electrónico
Director de Carrera de la Universidad Politécnica Salesiana
Facultad de Ingenierías
Carrera Ingeniería Eléctrica

CUENCA – ECUADOR

DATOS DE CATALOGACION BIBLIOGRAFICA

MAXI I. GUSTAVO A. y TOBAR G. LUIS A.
Diseño y Construcción de un Electrocauterio Experimental para Cirugías Superficiales en Animales

Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca – Ecuador 2011
INGENIERIA ELECTRÓNICA
Formato 170 x 240 Páginas: 90

Breve reseña de los autores e información de contacto:

Gustavo Alberto Maxi Iñamagua
Egresado de la Carrera de Ingeniería Electrónica
Facultad de Ingenierías
Universidad Politécnica Salesiana
Gustavo_maxii@yahoo.com

Luis Alberto Tobar González
Egresado de la Carrera de Ingeniería Electrónica
Facultad de Ingenierías
Universidad Politécnica Salesiana
Ltobarg_85@hotmail.com

Dirigido por:

Marco Carpio S.
Ingeniero Electrónico
Director de Carrera Universidad
Politécnica Salesiana
Facultad de Ingenierías
Carrera Ingeniería Eléctrica
Mcarpio@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.
Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS
©2011 Universidad Politécnica Salesiana
CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA

MAXI I. GUSTAVO A. y TOBAR G. LUIS A.
Diseño y Construcción de un Electrocauterio Experimental para Cirugías Superficiales en Animales

IMPRESO EN ECUADOR – PRINTED IN ECUADOR

RESPONSABILIDAD

Declaramos que este trabajo de tesis titulado "**Diseño y Construcción de un Electrocauterio Experimental para Cirugías Superficiales en Animales**" es el resultado de nuestra investigación a excepción de lo citado en las referencias.

Los conceptos desarrollados, análisis realizado y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Cuenca, Mayo del 2011

Gustavo Maxi I.	**Luis Tobar G.**

CERTIFICADO

Yo Ing. Marco Carpio S. Declaro que bajo mi dirección, el proyecto de tesis intitulado: **Diseño y Construcción de un Electrocauterio Experimental para Cirugías Superficiales en Animales**, fue realizado por los señores:

Maxi Iñamagua Gustavo Alberto, Tobar González Luis Alberto

Por lo que Certifico la aprobación del presente trabajo de tesis, basado en la supervisión y revisión de su contenido.

Cuenca, Mayo del 2011

Ing. Marco Carpio S.
DIRECTOR DE TESIS

INDICE GENERAL

Índice de Figuras……. III

Índice de Tablas……..…. III

Dedicatoria……. IV

Prefacio……..……. VI

Prólogo…… VII

Agradecimiento……. IX

Capítulo I: El Electrocauterio…… 1

1.1 Definición. ……. 2
1.2 Tipos de Salida. ……. 3
1.3 Modos de Trabajo. …… 5
1.4 Aplicaciones del Electrocauterio. ……. 8
1.5 Precauciones y Contraindicaciones. ……. 10

Capítulo II: Diseño y Construcción del Electrocauterio……. 14

2.1 Diseño de esquemas eléctricos y electrónicos. ……. 16
2.2 Diseño del PCB a utilizar. ……. 17
2.3 Ensamblaje de las placas electrónicas. …….. 19
2.4 Diseño de la carcasa del Equipo. ……... 20
2.5 Construcción de la carcasa del Equipo. ……. 21
2.6 Ensamblaje del Electrocauterio. …… 22
2.7 Análisis Económico. …….. 25

Capítulo III: Pruebas de Funcionamiento del Equipo……. 28

3.1 Pruebas de los circuitos diseñados. ……... 29
3.2 Pruebas de las placas ensambladas. …….. 30
3.3 Pruebas con el equipo totalmente ensamblado. …… 34
3.4 Pruebas aplicadas y validadas por un veterinario. …… 35

Conclusiones y Recomendaciones……. 41

Anexos.……. 45

Anexo 1……. 46

Anexo 2……. 55

Anexo 3……. 57

Bibliografía……. 60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: *Rango de Modulación*
Figura 1.2: *Utilización de la frecuencia*
Figura 2.1: *Fuente de Alimentación*
Figura 2.2: *Etapa de Control*
Figura 2.3: *Etapa de Potencia y Salida*
Figura 2.4: *Placa de Control Ruteada*
Figura 2.5: *Placa de Potencia y Salida Ruteada*
Figura 2.6: *Placa de Control*
Figura 2.7: *Placa de Potencia y Salida*
Figura 2.8: *Carcasa en Conjunto*
Figura 2.9: *Vistas Frontal y Posterior del Equipo*
Figura 2.10: *Montaje del Transformador*
Figura 2.11: *Rectificación de cableado para mejor distribución*
Figura 2.12: *Montaje de la Placa de Potencia*
Figura 2.13: *Montaje de la Placa de Control*
Figura 2.14: *Montaje de Conectores*
Figura 3.1: *Pruebas con el Osciloscopio*
Figura 3.2: *Pruebas en Protoboard*
Figura 3.3: *Prueba de Funcionamiento de las Placas Electrónicas*
Figura 3.4:*Carne antes de Aplicar el Electrocauterio*
Figura 3.5: *Aplicación del Electrocauterio*
Figura 3.6: *Aplicación del Electrocauterio (corte y cauterización)*
Figura 3.7: *Resultados Obtenidos con electrodos plano y esférico*
Figura 3.8: *Resultados Obtenidos con electrodo de anillo*
Figura 3.9: *Pruebas con el Equipo Ensamblado*
Figura 3.10: *Explicación de Procedimiento Quirúrgico*
Figura 3.11: *Limpieza y lubricación de los Elementos del Electrocauterio*
Figura 3.12: *Limpieza y Esterilización del Animal*
Figura 3.13: *Aplicación de Anestesia Local*
Figura 3.14: *Cirugía Superficial*
Figura 3.15: *Sutura de la Cirugía Realizada*

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: *Respuesta del tejido a la temperatura*
Tabla 1.2: *Efecto de la potencia sobre la zona aplicada*
Tabla 2.1: *Tabla de costo de materiales*

DEDICATORIA

Dedico este trabajo especialmente a mis padres: **Ernesto** y **Carmita**, fuertes cimientos que no permitieron que caiga ante las adversidades. Su constancia, sacrificio y responsabilidad son grandes pruebas del amor que nos dan.

Fernando y Galo Maxi, María José Llanos, por su apoyo constante, paciencia y ayuda en la elaboración de la tesis. Gracias a ellos logré culminar este trabajo. Gracias de corazón.

Amigos MRP, una meta más lograda, sobre todo por cinco dedos que forjaron un puño de coraje y valentía que prevalece a pesar de los sinsabores de la vida, gracias (Fercho, Kin, Chupete y Jones).

Tu partida dejó un gran vacío, que se transformó en dedicación y fortaleza; Esteban, donde sea que te encuentres, tu recuerdo prevalecerá.

Gustavo...

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con todo mi cariño y amor a mis padres que en primera instancia me brindaron la oportunidad de seguir con mis estudios para obtener un título para mi futuro, independientemente de los problemas que tuve a lo largo de mis estudios me supieron apoyar para ustedes que me brindaron su apoyo y comprensión en todo momento de todo corazón les agradezco

A mi hermana Carmita que sin recibir nada a cambio me apoyo en todo momento como mi segunda madre y que día a día me brindó su apoyo incondicionalmente.

A mi hermano que durante todo el tiempo de estudio estuvo junto a mí en las penas y alegrías del estudio de todo corazón gracias.

A mi esposa Adriana que ha sido un pilar fundamental en la última etapa de mis estudios.

A mi hermana Azucena, mi sobrina Emily, mi Abuelito, Mis tíos, mis amigos, quienes me supieron ayudar y aconsejar a lo largo de todos mis estudios de todo corazón gracias…….

Luis Alberto…

PREFACIO

La electrocauterización es el proceso de desnaturalización de los tejidos mediante la corriente eléctrica, en el cual interviene la frecuencia.

Por las investigaciones que hemos realizado, todas coinciden en que los parámetros incidentes en la elaboración de equipos de electrocirugía o cauterización, son dos:

- La potencia, que determina la intensidad con la que el equipo elaborará un proceso determinado dentro de una cirugía superficial, donde influye directamente sobre este, el tipo de tejido sobre el que se aplicará, pudiendo ser muy graso o muy fibroso.

- La frecuencia, pues se tienen diferentes respuestas del tejido ante la frecuencia que sea aplicada, desde una cauterización hasta la amputación de un miembro.

La frecuencia toma un papel de importancia radical, puesto que la variación de la misma, puede provocar diferentes fenómenos o características de reacción en el tejido. Así mismo, la Potencia, provoca efectos irreversibles, si la misma es mal aplicada.

La cauterización es un procedimiento utilizado de manera frecuente en intervenciones quirúrgicas o cirugías menores, posteriores a la extirpación de tejidos dañados o tejidos que no son deseados, así como operaciones en las que la extirpación no es de tejido sino de órganos; para detener los sangrados y las hemorragias masivas.

Esta cauterización, se basa en el incremento de la temperatura, en las moléculas existentes, mediante diferentes procedimientos. Y es allí, donde el electrocauterio se puede utilizar, para sellar vasos sanguíneos, pero mediante la manipulación de frecuencia, con lo cual se puede evitar muchos inconvenientes que se presentan con otros métodos, como pueden ser, infecciones o quemaduras de otras áreas de contorno al tejido a ser cauterizado.

No obstante, el estudio de los riesgos que presenta la aplicación de la frecuencia debe ser analizada, de manera tal, que el paciente (en este caso, un animal), no sea víctima de daños colaterales a la aplicación de un equipo electrocauterio.

PROLOGO

Nuestra investigación e informe servirán, no solo para el fácil entendimiento de la teoría del electrocauterio, sino que también, será la pauta para el desarrollo de nuevas investigaciones y proyectos, en la elaboración de equipos electrocauterios; ya no experimentales, sino de comercialización nacional y/o internacional, tal como es nuestra aspiración.

Esta tesis, es un compendio de toda una teoría que debe ser analizada para la elaboración de un equipo de electro cirugía, que además de ser muy costoso, no es producido en nuestro país, a pesar del potencial intelectual y humano que tenemos en nuestro entorno, pero sobre todo en la Universidad Politécnica Salesiana. Es por esto, que nuestra monografía consta de tres partes bien definidas, que ayudarán al lector a comprender de una manera muy fácil y resumida el funcionamiento de un electrocauterio.

En el capítulo 1, se muestra toda la teoría pertinente y necesaria referente al electrocauterio y su aplicación clínica. Así mismo, encontrarán desarrolladas referencias importantes a las características principales del equipo que estamos desarrollando.

El capítulo 2, desarrollamos la construcción de nuestro equipo y mostramos las pautas y trucos a considerar en el diseño y elaboración del mismo. Tal y como es de suponerse, indicamos las características que debe cumplir el equipo, con respecto a seguridades eléctricas y electrónicas, como las seguridades de aislamiento con la carcasa.

Finalmente, el capítulo 3 está dedicado a las pruebas de funcionamiento por las que ha tenido que pasar el equipo, para verificar su funcionamiento, tanto en el proceso de construcción, como en el funcionamiento del equipo ya terminado.

Debemos connotar que al final de nuestra monografía, en los Anexos, adjuntamos un manual de funcionamiento del equipo, donde se muestran los pasos que se deben seguir para la manipulación técnica del mismo, anticipando, que la misma, no tiene ninguna pauta de la manera de cauterizar, puesto que, ese es un estudio médico.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial a nuestro director de tesis, debido a su ayuda desinteresada hoy podemos entregar este trabajo; pues estuvo apoyándonos desde antes que este tema sea aceptado como tesis, hasta la fecha. Deseándole muchos éxitos en su vida, y esperando que nunca cambie su don de gentes.

A Karol Díaz, más que una profesora, una amiga; por su paciencia y confianza; le estaré siempre agradecido.

Agradezco también a todos quienes directa o indirectamente, nos ayudaron o fueron un apoyo para que este trabajo llegue a su final; a todos ellos gracias de corazón.

Gustavo…

AGRADECIMIENTO

Primeramente quiero agradecer a Dios que me dio la sabiduría y la paciencia para desarrollar este trabajo, a mis padres que desinteresadamente me apoyaron en todo momento, Muchas Gracias.

Agradezco de manera especial a nuestro director de tesis, ya que gracias a su ayuda y consejos pudimos desarrollar este trabajo; pues siempre contamos con su apoyo.

Agradezco también a todos mis amigos, familiares quienes directa o indirectamente, me ayudaron y fueron un apoyo para culminar este trabajo de la mejor manera a todos ustedes gracias de corazón.

Luis Alberto…

CAPITULO 1

EL ELECTROCAUTERIO

1.1 Definición:

El electrocauterio es un equipo basado en la tecnología electrónica de radio frecuencia, este equipo puede ser utilizado para coagular, realizar desecación, así como para cauterizar vasos sanguíneos con hemorragia, producto de la intervención quirúrgica en una cirugía.

Los principios básicos en los que se basa o sustenta su función van de acuerdo a las propiedades que tienen las partículas elementales, que nos dice que las variaciones en la energía de los electrones son radiadas en forma de energía electromagnética.

Comprendiendo mejor este concepto, podemos decir, que la circulación de un flujo de electrones tiene un grado de dificultad para transitar libremente y por lo tanto se añadirá energía en su recorrido; a este grado de restricción lo denominamos resistencia eléctrica, y para nuestra aplicación, la energía añadida se presenta en forma de calor.

Las células contienen tanto cationes (+), como aniones de sodio y potasio (-); al aplicársele una señal de RF en el rango comprendido entre 250KHz y 5 MHz, ocurre que dentro del citoplasma, los cationes y aniones oscilan aceleradamente elevando su temperatura.

Resultados empíricos con el electrocauterio, han determinado que en el tejido, existen diferentes fenómenos de respuesta frente a diferentes temperaturas:

TEMPERATURA ºC	CAMBIO VISUAL	CAMBIO BIOLOGICO
Mayor a 100	Carbonización	Carbonización
100	Columna de humo	Vaporización / Carbonización
90 – 100	Arrugado	Secado
65 – 90	Blanco / Gris	Desnaturalización Proteica
60 – 65	Blanquecino	Coagulación
37 – 60	Nada	Calentado / Soldado

Tabla 1.1: *Respuesta del tejido a la temperatura*

1.2 Tipos de salida:

Como todo circuito eléctrico o electrónico, es necesario que existan dos terminales, por los cuales, exista la libre circulación de electrones desde la fuente; esto, mediante el cierre del circuito entre dichas terminales conectadas a una carga.

El electrocauterio es un generador de corriente eléctrica de alta frecuencia cuyo objetivo fundamental es la producción de calor. Permite coagular tejido, realizar hemostasia y realizar corte de tejidos. Las corrientes de voltaje determinado y alta frecuencia circulan por el organismo con facilidad, pudiendo tener excelentes resultados en cirugías superficiales.

En el desarrollo de sus características, la potencia de salida del equipo juega un papel importante; para poder estabilizarla, se utilizan altos voltajes con corrientes pequeñas, puesto que si fuese la corriente elevada, provocaría daños irreversibles en el paciente, que llegarían inclusive a la muerte del mismo.

Para que producir calor es necesario concentrar el flujo de electrones en circulación, en un área pequeña (cuanto menor sea dicha área, mayor será la concentración de electrones y el calor generado). Con el electrocauterio se utiliza la corriente eléctrica en dos formas o circuitos fundamentales:

- **Mono polar.-** La corriente eléctrica es aplicada mediante un electrodo (electrodo positivo), al hacer contacto con el animal, circula por su cuerpo y regresa al generador por una placa grande (electrodo negativo), que se encuentra en contacto firme con la piel. Si esta placa es muy pequeña o está en contacto con un área reducida de piel, los electrones se concentrarán y producirán quemaduras.

- **Bipolar.-** El generador transmite la corriente al organismo a través de un cable y unas pinzas especiales, cuyas puntas están aisladas, una lleva el polo positivo y la otra el negativo. Para que la corriente bipolar circule es necesario tener una porción de tejido entre ambas puntas de la pinza.

Mas, sin lugar a dudas, debemos tener un mejor discernimiento de todo aquello que representa el diseño de cualquiera de estos dos tipos de salida, motivo por el cual, se requiere hablar acerca del tipo de corriente que debe manejar nuestro equipo.

Podemos tener tres tipos diferentes de corrientes, para la manipulación de un electrocauterio:

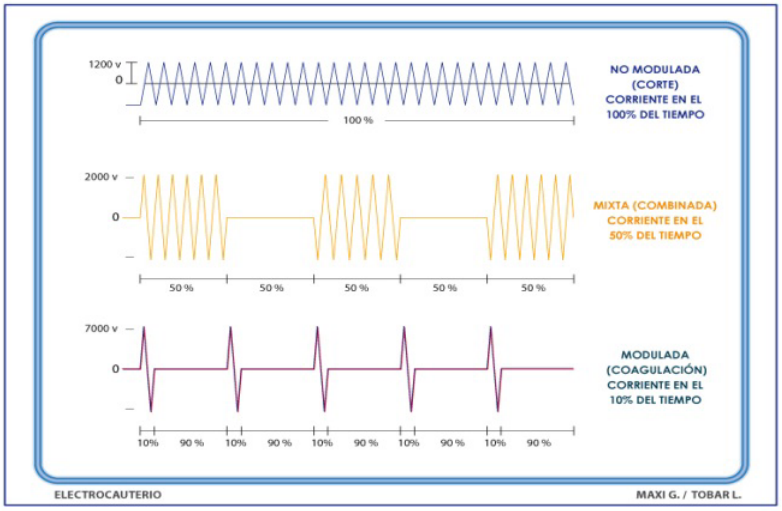


Figura 1.1 *Rango de Modulación*

- **Corriente no modulada.-** Utilizada para cortar tejido, basa su funcionamiento en una onda continua de bajo voltaje y alta frecuencia (genera un intenso calor en un área pequeña de tejido), puede ser muy efectiva en el uso de la salida bipolar. En la mayoría de equipos, se cuenta con un electrodo en forma de aguja (recordar que, el electrodo, es el cable con la punta, que utiliza el equipo electrocauterio para realizar el trabajo deseado).

- **Corriente modulada.-** Utilizado para coagulación, su diseño es exclusivo para realizar fulguración; produce una onda interrumpida, amortiguada de alto voltaje (del total del ciclo activo de trabajo, la corriente se detecta en tan solo el 10% del tiempo), durante la ausencia de corriente, el calor generado por los picos eléctricos, es disipada en el tejido por conducción; este fenómeno produce coagulación o carbonización superficial.

- **Corriente mixta.-** La corriente está presente en 50% a 80% del tiempo, este método es muy útil para cortar grandes masas de tejido vascular (como el músculo).

1.3.Modos de trabajo:

Como vimos anteriormente, dependiendo de la onda de corriente aplicada, podemos conseguir diferentes aplicaciones o efectos sobre la piel del animal; para poder profundizar aún más estos efectos, podemos determinar una clasificación de los modos de trabajo en el cual funciona un electrocauterio:

- **Coagulación y Desecación.-** Este tiene varios procesos interrelacionados (utiliza ondas de corriente mixta), donde la función principal, es la deshidratación de la célula y la desnaturalización de las proteínas, pero obviamente, sin que el calor las destruya. En este modo de trabajo, los electrodos tienden a ser más grandes (a mayor tamaño, menor será la densidad de potencia).

- **Fulguración.-** Es también llamada coagulación diseminada o en spray, este método se sustenta en que el tejido sea superficialmente carbonizado por arcos electro quirúrgicos repetidos y de alto voltaje, alcanzando una temperatura igual o mayor a 200ºC.

  El electrodo debe ser colocado a unos milímetros por encima del tejido; la resistencia tisular incrementa con este método, impidiendo que la corriente caliente las capas tisulares más profundas. Es muy utilizado para detener sangrados debido a sección de capilares o pequeñas arterias en superficies amplias.

No podemos pasar por alto, aquellos factores que intervienen en los efectos de la electrocirugía en los tejidos, pues, de estos se puede tener otra referencia, en el desarrollo del diseño del electrocauterio:

- **Voltaje.-** Mientras mayor sea el voltaje aplicado al tejido, mayor será la lesión térmica colateral, puesto que el tejido adyacente al electrodo, se calienta proporcionalmente con el voltaje. Este fenómeno provoca coagulación superficial prematura y carbonización profunda (por el incremento de la resistencia tisular).

- **Densidad de potencia.-** A la misma potencia, su densidad depende directamente de la forma de la punta del electrodo. Punta de aguja (gran densidad en un punto estrecho, lo que provoca vaporización y corte), punta ancha (La densidad se reduce, la temperatura incrementa lentamente produciendo coagulación), punta esfera (densidad muy baja, facilitando dispersión provocando fulguración).

- **Proximidad tisular del electrodo.-** En corte, el electrodo está casi en contacto con el tejido, en coagulación el electrodo está en contacto con el tejido, en fulguración no hay contacto con el tejido pero requiere mayor voltaje y corriente modulada (para que la corriente se disperse con los tejidos).

- **Tiempo en contacto con los tejidos.-** La cantidad de energía aplicada al tejido, es proporcional al tiempo en que se mantenga el electrodo en dicho tejido; la velocidad con que se mueve el electrodo, influye en el grado de lesión térmica (a mayor velocidad menor lesión y a menor velocidad mayor lesión).

- **Otros conceptos importantes.-** Mantener el electrodo libre de carbón, pues se comporta como aislante de la corriente; mantener el electrodo y los tejidos húmedos, para formar vapor, lo que mejora la vaporización y el corte.

Ante todos los temas expuestos, y como lo anticipamos, debemos tomar en consideración dos factores que son de vital importancia en nuestra tesis; dichos factores son la potencia y la frecuencia:

- **Potencia.-** La potencia o taza de energía entregados en vatios, es igual al voltaje aplicado por la corriente que circula por el cuerpo ($P=V*I$), estas pueden variar opuestamente para balancear o mantener constante la potencia entregada.

La tabla 1.2, está basado en una misma potencia para diferentes efectos, simplemente con la variación de voltaje y corriente, se puede conseguir sobre el tejido, varios fenómenos; tal y como están descritos:

	COAGULACION	
	ABLANDAMIENTO 3	
	ABLANDAMIENTO2	
	ABLANDAMIENTO1	
	CORTE	
VOLTAJE		**CORRIENTE**

Tabla 1.2: *Efecto de la potencia sobre la zona aplicada*

La potencia para cauterizar vasos pequeños debe llegar hasta 30W, para incisión abdominal el rango de potencia debe estar entre 30W y 200W, para grandes músculos o grandes tejidos adiposos la potencia será hasta 500W.

En nuestro equipo hemos considerado utilizar 30 W máximo para la salida; regulable con un potenciómetro lineal; como estándar ocupado por el 90% de los equipos existentes en el mercado según nuestra investigación.

- **Frecuencia.-** Es de vital importancia connotar la gama de frecuencia a las que debe diseñarse un electrocauterio; pues a diferentes frecuencias, diferentes fenómenos de respuesta del tejido.

Las frecuencias adecuadas para corte y cauterización, van de 250KHz a 5MHz, moduladas y con profundidad entre 25% y 100%, con pulsos rectangulares u ondas sinusoidales o de tipo diente de sierra. Cuando lo que se requiere es trabajar en fulguración, la frecuencia recomendable es mayor a 1MHz, con o sin modulación.

La frecuencia portadora, que será adoptada para el desarrollo de la tesis, se encuentra en 4 MHz, con una modulación del 25%, debido a que a esta frecuencia, permite, integrar, la fulguración, desecación y coagulación; que es lo que se requiere en el uso de estos equipos; además que las mismas, permiten ser aplicadas inclusive para

cauterizaciones odontológicas, que aportan una recuperación más rápida del animal debido a lo complejo de sus cirugías y la constante humedad existente en aquella.

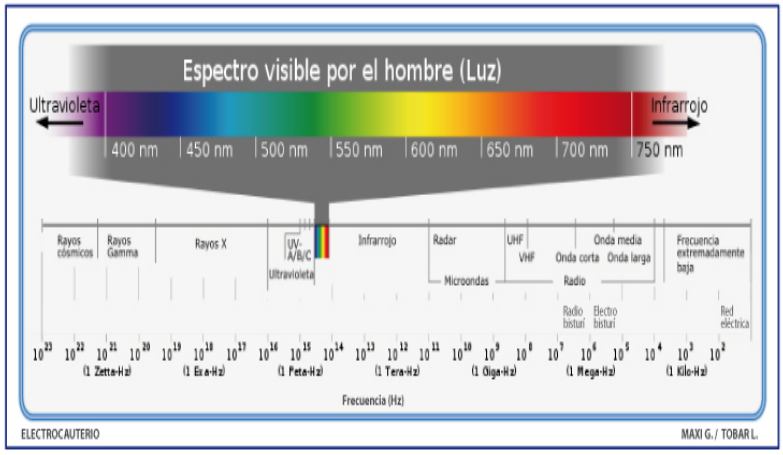


Figura 1.2: *Utilización de la frecuencia*

1.4 Aplicaciones del electrocauterio:

La invención del electrocauterio, ha permitido realizar procedimientos médicos que antes requerían de una intervención quirúrgica propiamente dicha, de una forma más rápida y de manera segura; además ha permitido acelerar y facilitar la realización de cirugías que hasta el momento de su creación eran muy difíciles.

Las aplicaciones del electrocauterio, a través del tiempo han ido incrementando, por la investigación constante de expertos en medicina, en las diferentes áreas que la misma tiene; ya sea en el ámbito humano o en aplicaciones veterinarias. Considerando este argumento, tenemos algunas aplicaciones de este equipo:

- **Cirugía general:** En procedimientos de corte tradicional, donde son difíciles de aplicar otros métodos de cauterización.

- **Tratamientos Cutáneos:** Puede ser utilizada para la remoción de lesiones pequeñas en la piel, ya sean superficiales así como vasculares. Una aplicación muy importante es la remoción de lunares, verrugas, granos, así como de tumores en la superficie de la piel.

- **Procedimientos quirúrgicos ante histeroscopía en la cavidad uterina:** Para cauterizar hemorragias producidas por abortos, u otras causas dentro del útero o cuello cervical, luego de un examen de histeroscopía.

- **Cortar el tejido y coagular durante una intervención quirúrgica:** En una intervención quirúrgica, es necesario cortar tejidos superficiales, donde además se puedan cauterizar vasos para coagular cualquier tipo de hemorragia que pueda desencadenar daños colaterales.

- **Sellado de vasos sanguíneos:** En procedimientos quirúrgicos, se debe terminar la cirugía con el sellado de vasos y cierre del corte o incisión para una operación determinada.

- **Cortes de la próstata a través de la uretra:** Este equipo puede ser desarrollado para dichas aplicaciones, así como también, en cirugías internas y complejas; cada equipo tiene parámetros diferentes de consideración en su diseño, puesto que la circulación de electrones varía en el interior como en el exterior del cuerpo (humano o animal), en el que se aplicará el equipo.

- **Cirugía maxilo-facial para evitar el sangrado excesivo:** Como aplicación odontológica del equipo, puesto que el mismo es utilizado dentro de la mayoría de áreas clínicas en las que un procedimiento quirúrgico sea necesario; además, como se dijo antes, el problema de tardanza en la cicatrización, por la misma humedad del hocico, hace que este equipo, sea ideal para una recuperación más efectiva.

- **Esterilización y castración:** En la interrupción o separación del óvulo o del esperma del ducto de conducción, para lograr la infertilidad de un animal.

1.5 Precauciones y contraindicaciones:

Una de las principales precauciones que se debe tener con la utilización del electrocauterio, es su utilización sobre pacientes portadores de marcapasos, ya que el equipo podría interferir con los mismos. Ya que las interferencias electromagnéticas son exógenas al organismo, adicionalmente estas se clasifican en tres grupos:

- **Galvánicas:** Requieren contacto directo con la corriente eléctrica.

- **Electromagnéticas:** También llamadas no acopladas directamente.

- **Magnéticas:** Ocurren cuando un paciente está en contacto directo con un campo magnético intenso.

Estas interferencias mencionadas, son consideradas en animales con marcapasos específicamente, puesto que el electrodo directa o indirectamente, actúa como antena; lo que implica un riesgo muy alto en una cirugía; en dicho caso, se aplican otros métodos de cauterización.

Los marcapasos bicamerales son más susceptibles de IEM, que los monocamerales, debido a que poseen dos antenas (electrodos). Los filtros del marcapasos y el procesado de la señal censada proporcionan un método importante pero no completamente satisfactorio para discriminar los electro gramas intracardiacos (10 - 100 Hz) de los voltajes externos.

Además, cada modelo de marcapasos puede reaccionar de una forma diferente ante una Interferencia electromagnética, por lo que los riesgos son determinantes. Las variables que influyen en los efectos de las Interferencias electromagnéticas se pueden determinar como:

- Intensidad del campo

- Distancia entre la "fuente de Interferencia electromagnética" y el marcapasos

- Frecuencia y forma de la onda de la señal

- Orientación física del marcapasos

- Tipo de sistema marcapaso-electrodo (monopolar, bipolar, bicameral)

- Programación del marcapasos respecto a sensibilidad y modo de respuesta (disparado, inhibido, asíncrono).

Existen cinco tipos de respuesta de los marcapasos ante las IEM:

- Inhibición o disparo temporal; con la Inhibición de uno o varios latidos (es lo más común)

- Asincronía temporal (frecuencia fija); que puede provocar fibrilación.

- Fallo permanente de la función del marcapasos; Inhibición total, provocando un paro cardiaco inminente.

- Reprogramación inapropiada (modos "reset" u otros); lo que alteraría el ritmo cardiaco o las funciones del marcapasos, puede también provocar reset del marcapasos en modo reversión por ruido (modo fall back), así mismo se puede producir el incremento de la frecuencia de marcapasos basados en impedancia.

- Daño miocárdico en la interface electrodo-endocardio; colapso o infarto del miocardio, o también Fibrilación auricular o ventricular.

Las pautas que se deberían considerar, para la utilización de un equipo electrocauterio, en una cirugía o intervención quirúrgica, se mencionan a continuación:

- Antes de toda cirugía, se debe determinar si el paciente tiene o no marcapasos, de manera tal, que se priorice los cuidados ante el mismo.

- Cuando se vaya a utilizar el equipo, se debe tener precaución en comenzar siempre con la menor potencia posible.

- Cuando el equipo esté en funcionamiento, el electrodo activo no puede tener contacto directo con el neutro, ya que se provocaría un cortocircuito en el equipo.

- Hay que monitorizar la presión de pulso que tiene, mediante ECG (recordar que el electrocauterio distorsiona este monitor, cuando no cuenta con un filtro adicional para dicho fin).

- Ningún dispositivo eléctrico o electrónico, adicional, debería estar en contacto con el animal al que se le someterá al equipo de electrocauterización o electrocirugía.

- Cuando se utiliza un electrocauterio unipolar, siempre se debe recordar, ubicar el electrodo de "masa" con una buena cantidad de pasta conductiva (en una extremidad inferior, o al menos, lo más alejado del marcapasos). Así mismo, el electrodo no debe ser utilizado a menos de 15 cm del marcapasos, caso contrario, un equipo electrocauterio no puede ni debe ser utilizado para dicha intervención quirúrgica.

- Se recomienda utilizar el equipo de forma intermitente (el tiempo más corto posible y al más bajo nivel de energía), podría aplicarse el método de 1 segundo de acción con intervalos de descanso de 10 segundos).

- Puede programarse el marcapasos en modo VOO, que es el método de uso del marcapasos en modo asíncrono.

- Por seguridad adicional, se debe retirar cualquier tipo de material metálico que el animal o el doctor pueda portar como: collares, brazaletes, cadenas, reloj, etc. Además, se debe tener precaución y evitar, que el animal tenga cualquier tipo de contacto con partes metálicas, ya que estas pueden condensar parte de la energía y calentarse sensiblemente, produciendo quemaduras.

- Tener disponibles un marcapasos externo transcutáneo, un desfibrilador y el programador adecuado del marcapasos, en caso de averiar el marcapasos existente en el animal.

- Hay que analizar el marcapasos con el programador inmediatamente después de la intervención quirúrgica, adicionalmente, se debe hacer una inspección a las 24 y a las 48 horas de utilizar el electrocauterio, para descartar cualquier desperfecto; de ser así, se deben tomar las medidas correctivas del caso.

Cuando se usa un electrocauterio mono polar, es de vital importancia, que la almohadilla de tierra sea el único camino por donde la corriente pase a través del cuerpo (La corriente eléctrica siempre sigue la ruta de menor resistencia, y si esta encuentra camino en alguna pieza aterrizada que toque el cuerpo del animal por casualidad, es posible que ello resulte en una quemadura de esa zona o en la punta de la sonda cauterizadora).

CAPITULO 2

DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL ELECTROCAUTERIO

En el diseño del equipo electrocauterio, había que desarrollar, de manera precisa, el manejo de radio frecuencia con una potencia de salida definida y que no presente riesgos, para poder llegar a aplicar sobre la piel de un animal; bajo los parámetros que fueren establecidos, la primera investigación realizada, fue basada en analizar los datos de salida, de equipos ya existentes en el mercado; y así mismo, compararlos entre ellos.

De allí, que tras haber hecha una exhaustiva investigación, llegamos a la conclusión de que los parámetros ideales para el desarrollo de nuestro equipo serían los siguientes:

Parámetros de ingreso:

Voltaje de entrada:	127Vac
Frecuencia:	60Hz
Voltajes elementos electrónicos:	5 – 40Vcd

Parámetros de salida:

Potencia de salida:	15 – 30W
Forma de onda:	Sinusoide amortiguada
Modulación:	25% del ciclo de trabajo
Impedancia de salida:	500 ohm

Dada dicha información; se procedió al diseño electrónico del equipo, donde, fue de vital importancia, considerar las siguientes fórmulas:

$$I = V * t / L \quad \text{(Corriente = Voltaje * Tiempo / Inductancia)}$$

$$J = ½ L * I^2 \quad \text{(Energía almacenada = Inductancia * Corriente}^2\text{)}$$

$$P = ½ L * I^2 * r \quad \text{(Potencia = Inductancia * Corriente}^2 \text{ * taza almacenamiento y descarga)}$$

2.1 Diseño de esquemas eléctricos y electrónicos:

Gracias a la ayuda del software para diseño electrónico (Protel DXP), que además cuenta con la herramienta o software (Altium, para diseño de placas). Se inició el diseño del equipo, con la fuente de energía, que serviría de abastecimiento de los elementos electrónicos utilizados:

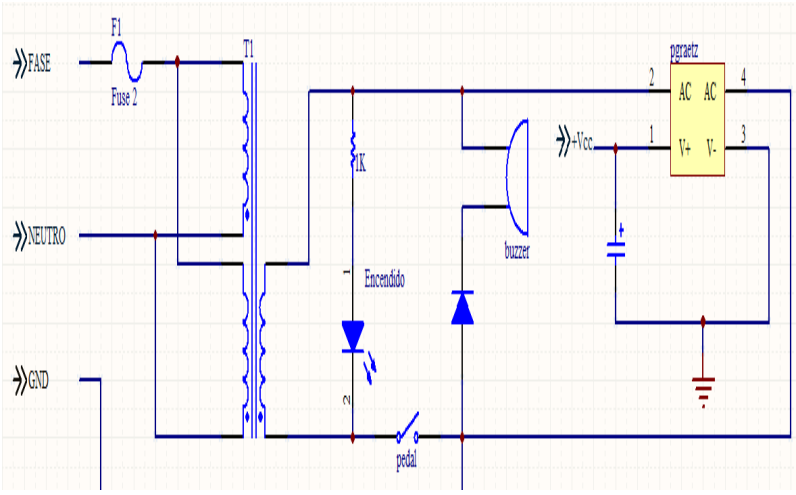


Figura 2.1: *Fuente de Alimentación*

Como se puede observar, cuenta con un pedal, que realiza la función de interruptor de activación del equipo para ser usado por el veterinario; en dicho instante, se energiza a través de un buzzer, que mediante el diodo, recibe media onda del voltaje de ingreso, lo que provoca que la misma se active, emitiendo una señal audible, como aviso de precaución para el veterinario de que el equipo ya está generando voltaje en la salida de los puntales a ser usados.

Posteriormente, se procede a diagramar el diseño realizado para el control mediante la programación dentro del micro controlador y que además, genera la modulación para el ciclo de trabajo establecida para nuestro equipo (**figura 2.2**).

Por último tenemos la etapa de potencia y salida del equipo, donde la bobina de salida, los inductores, y el Triac, además de servir como aislante entre el circuito electrónico y el animal, es utilizada para elevar el voltaje a la salida, hasta la tensión deseada, de manera tal, que la corriente sea muy pequeña; evitando así, daños por sobrecarga o quemaduras sobre la piel.

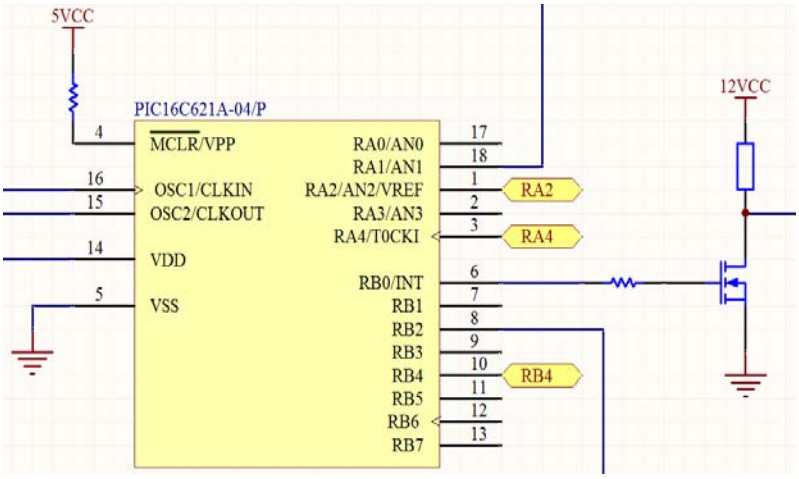


Figura 2.2: *Etapa de Control*

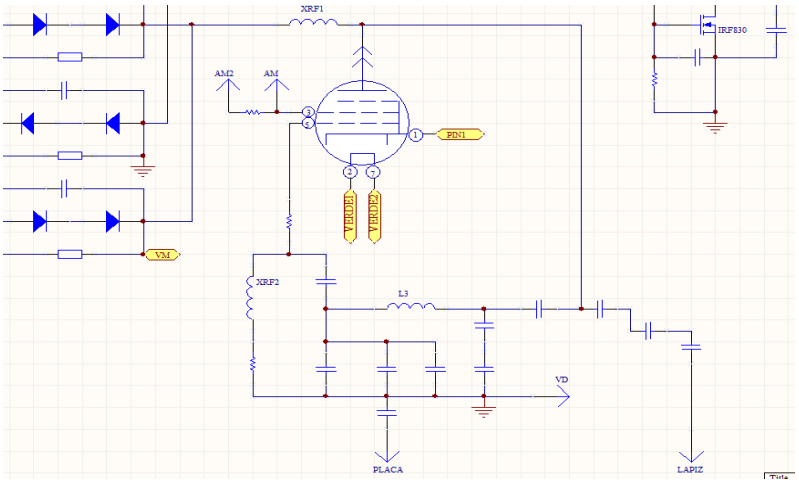


Figura 2.3: *Etapa de Potencia y Salida*

2.2 Diseño del PBC:

Como lo habíamos dicho antes, el diseño electrónico de nuestra placa, fue realizado en la herramienta Altium del programa Protel DXP.

Para lo cual, se procedieron a dibujar todos y cada uno de los elementos electrónicos para poder trabajar sobre las medidas reales de estos, puesto, que las medidas de algunos de los elementos requeridos, o bien no tenían footprint o no coincidía en medidas con los que teníamos.

De esta manera, no tendríamos inconvenientes al momento del armado. En dicho caso, fue necesario determinar estas medidas y especificarlas mediante el uso de un calibrador, para tener la precisión requerida para la construcción y el armado de las placas y el equipo en sí.

Como la placa tiene que ser procesada en una máquina destinada para dicho fin. Los datos enviados en el archivo generado, después de realizar el ruteado de la placa (archivo herber), deben ser precisos y no poseer errores por pistas mal diseñadas.

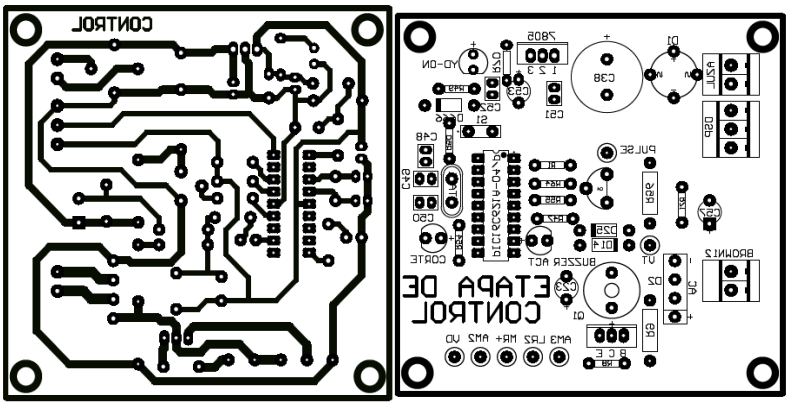


Figura 2.4: *Placa de Control Ruteada*

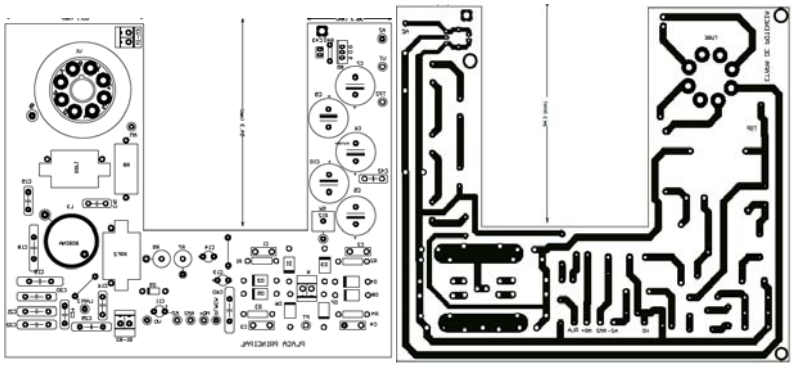


Figura 2.5: *Placa de Potencia y Salida Ruteada*

Una vez terminado el proceso de ruteado e inspección de la tarjeta, la misma fue enviada a construir. Como es bien sabido, en Cuenca no existe variedad de locales, donde poder construir placas electrónicas con mascarilla Antisolder (que evita riesgos de unión de pistas por factores externos); por lo que la recepción de las mismas tardó un promedio de mes y medio desde el envío; hecho que ponemos en consideración, para que en futuros proyectos, no se enfrenten a problemas de tiempo, como nos sucedió a nosotros.

Recibidas las placas, otro concejo importante, es que se revise físicamente si existen daños que puedan caer en un cortocircuito; por último, se recomienda inspeccionar nuevamente que el diseño electrónico creado, coincida con el que se encuentra sobre las placas, así como la coincidencia de agujeros y foot print, para evitar malfuncionamientos o daño de los elementos a ser soldados.

2.3 Ensamblaje de las placas electrónicas:

En esta etapa del proyecto, se realizó el montaje y suelda de los elementos hacia la placa; donde se deben tomar en consideración, parámetros como la temperatura del cautín, la pasta, el tipo de estaño y la limpieza previa de todo aquello que se utilizará en la búsqueda de alcanzar un terminado de calidad, además de la consideración especial, de que algunos de los elementos utilizados, son de tecnología CMOS, lo que implica un cuidado especial por la estática o corrientes parásitas que podrían presentarse que los quemarían de inmediato.

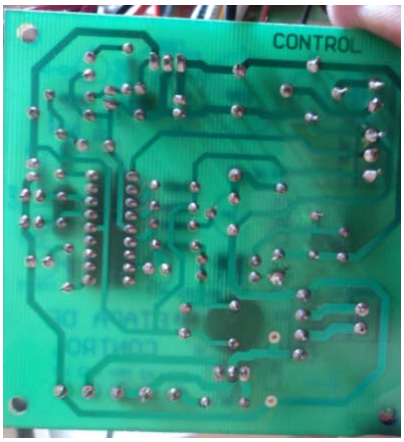


Figura 2.6: *Placa de Control*

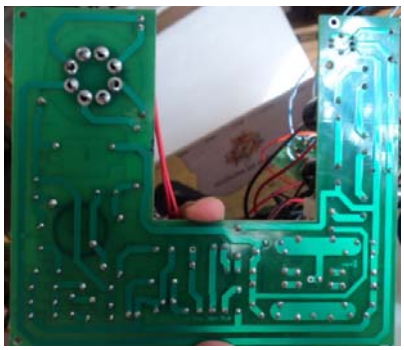


Figura 2.7: *Placa de Potencia y Salida*

2.4 Diseño de la carcasa del equipo:

Se tomó en consideración para el diseño de la carcasa, varios factores, los cuales influyen directa o indirectamente en el funcionamiento de nuestro equipo; los mismos que nombramos a continuación:

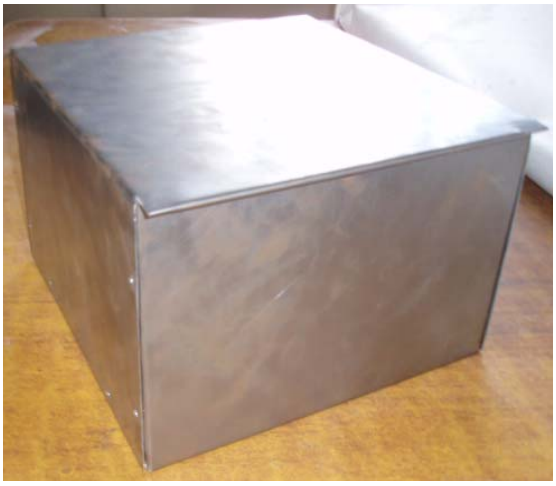
- Dimensiones de las tarjetas electrónicas con los elementos montados.
- Dimensiones de los elementos que son ubicados fuera de las tarjetas (como fusible, interruptor, conectores, transformador, etc).
- Espacio entre la carcasa y las placas electrónicas.
- Espacio para evitar calentamiento del equipo.
- Diseño estándar para construcción de equipos médicos.
- Diseño de color y pintura que evite el arco voltaico entre las placas electrónicas y la carcasa.

Por la tecnología existente en el país, así como por los costos de producción, es imposible costearse el diseño y construcción de un molde para plástico; puesto que para ser un equipo experimental y no masivo, los costos no representarían competitividad en el mercado.

Cabe destacar que se realizó la prueba de construcción en fibra de vidrio y resina (de manera artesanal), haciendo el acabado que fue además de costoso, muy demorado; además de tener un producto final fue muy pesado y el diseño no acorde con las expectativas creadas por nosotros. Es por esto que se optó por realizar nuestra carcasa en metal, obteniendo rapidez en la construcción y a un precio muy inferior al gastado en la primera prueba (fibra de vidrio); además, que permitiría la construcción de más unidades, de ser requeridas por los usuarios, en menores tiempos de respuesta (factibilidad de venta: costo/beneficio).

2.5 Construcción de la carcasa del equipo:

Como fue mencionado anteriormente, la carcasa fue realizada en metal, lo que implica un peso liviano en la misma; además de ser fácil de doblar, cortar y manipular. Las medidas fueron adoptadas, en concordancia a las medidas de las placas electrónicas, así como también de los elementos externos como conectores; pero debe considerarse que debe existir un espacio para circulación de aire, para evitar calentamientos de los elementos electrónicos.



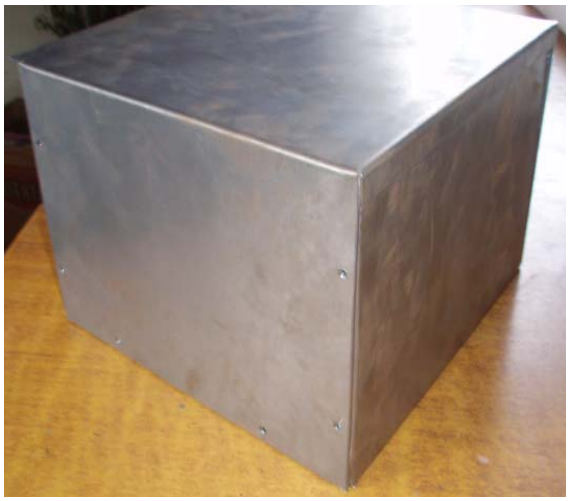


Figura 2.8: *Carcasa en Conjunto*

2.6 Ensamblaje del electrocauterio:

Una vez terminado la distribución de los agujeros para los elementos de visualización, así como conectores y demás; se procede al pintado y secado de la carcasa; para posteriormente poder realizar el montaje de los elementos vistos tanto en el panel frontal como en el posterior del equipo.

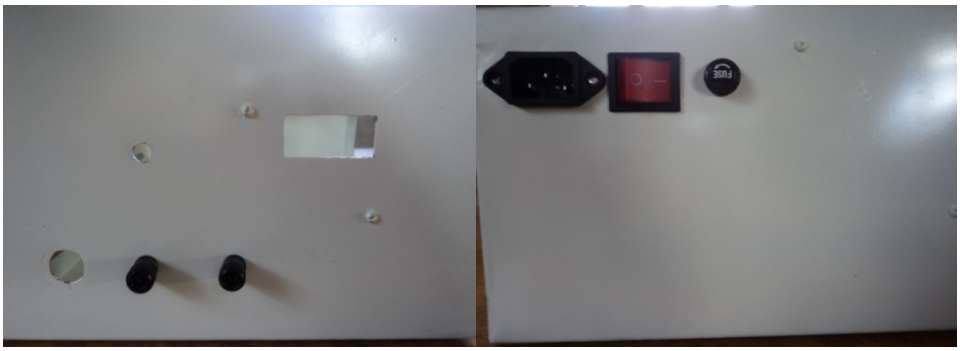


Figura 2.9: *Vistas Frontal y Posterior del Equipo*

Continuamos con el ensamblaje del equipo. Aquí se debe considerar las separaciones de placa con la carcasa, la sujeción del transformador de alimentación y el acople de las borneras de salida como el potenciómetro, hacia la carcasa. La figura 2.10 muestra el anclaje del transformador que tiene nuestro equipo, el cual, es colocado de manera tal, que el peso del mismo sea compartido y no implique inconveniente alguno (consideración que también fue tomada en cuenta para el diseño de las placas electrónicas).

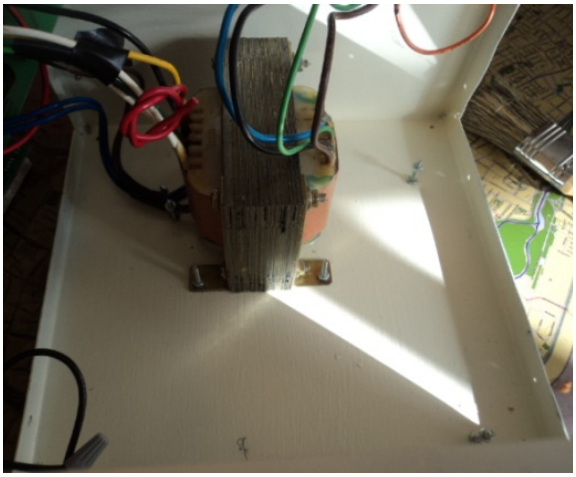


Figura 2.10: *Montaje del Transformador*

Una vez considerados todos estos parámetros, se procede a la colocación y sujeción de las placas electrónicas hacia la carcasa, de manera tal, que las mismas conserven las distancias prudenciales para la disipación de calor, así como también, para evitar el daño de las placas ante un arco voltaico entre las mismas y la carcasa, tras un daño o caída de esta en un momento determinado.

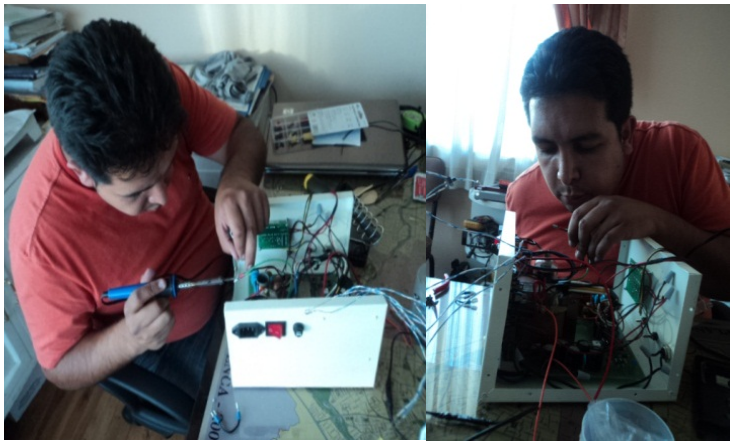


Figura 2.11: *Rectificación de cableado para mejor distribución*

Cada placa debe ser asegurada con el torque necesario para que la misma no sufra averías tanto estéticas como funcionales, dato que debe ser muy tomado en cuenta, puesto que se suele ajustar demasiado las placas, lo que provocan que las mismas se tricen y puedan formar adicionalmente, daños en la superficie de cobre de las pistas.

Las figuras 2.14 y 2.15, muestran el ensamble de las placas electrónicas sobre la carcasa; dicho proceso debe ser manipulado con el cuidado para la conexión posterior entre las mismas y el resto de conectores.

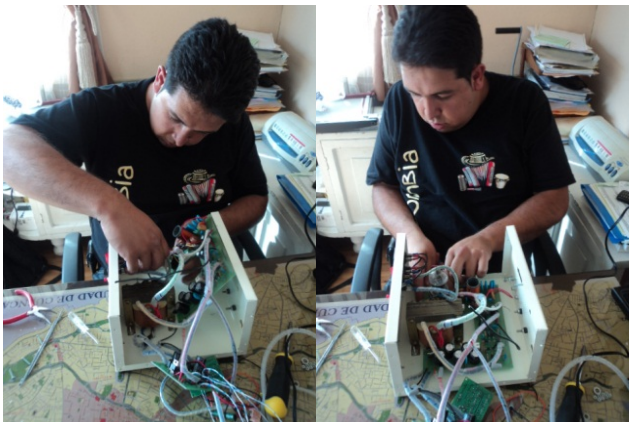


Figura 2.12: *Montaje de la Placa de Potencia*

Figura 2.13: *Montaje de la Placa de Control*

Terminado de sujetar las placas electrónicas, así como también de separar el cableado con cinta helicoidal, se procede a la conexión con los terminales hacia la carcasa, donde estos conectores, nos servirán para colocar tanto el cable de pedal como la placa de tierra y el cable del electrodo.

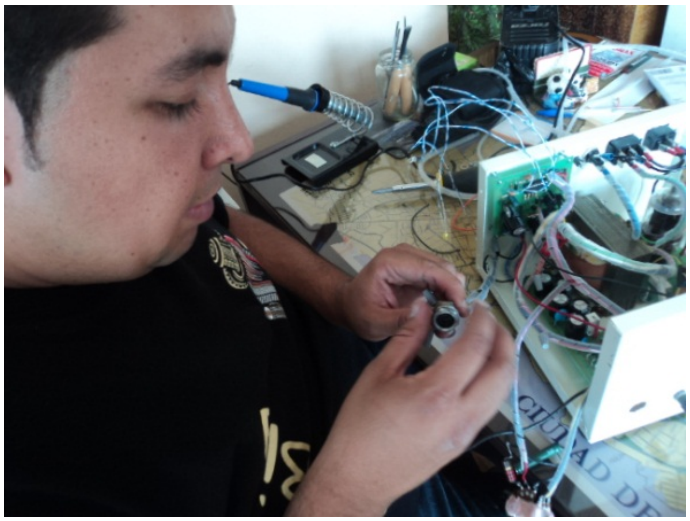


Figura 2.14: *Montaje de Conectores*

2.7 Análisis Económico:

Una vez realizado todo el análisis del funcionamiento del equipo, se debe realizar un análisis del costo que implicó la investigación, diseño y construcción del equipo Electrocauterio. Iniciamos con el costo del estudio y diseño del prototipo que hemos fabricado; considerando, que dicho proceso tuvo un tiempo de duración aproximado de tres meses; se debe considerar el sueldo promedio mensual que un trabajador gana como salario para desempeñar un trabajo específico, en nuestro caso, el diseño y construcción del equipo, hemos considerado un valor de 500 dólares para cada uno de nosotros; resultaría entonces, un costo de ingeniería (que debe ser sumado a los costos del proyecto) de 3000 dólares.

El valor obtenido anteriormente, lo proyectamos para un total de 30 equipos que esperamos sean distribuidos y vendidos en el país; puesto que al ser un proyecto funcional, puede ser introducido al mercado como una opción más económica y de producción nacional, lo que implica atención inmediata ante daños o malfuncionamientos del equipo para nuestros futuros clientes. Dicha relación nos daría un costo equivalente por equipo de:

$$\frac{Costo\ de\ ingeniería}{equipo} = \frac{costo\ de\ ingeniería}{numero\ de\ equipos}$$

$$Costo\ de\ ingeniería\ por\ equipo = \frac{3000}{30}$$

$$Costo\ de\ ingeniería\ por\ equipo = 100\frac{usd}{equipo}$$

Vale acotar, que a pesar de existir en Ecuador una gran cantidad de profesionales en el área veterinaria, se considera el ensamble de 30 unidades, puesto que existe en el mercado equipos ya vendidos; además de que es difícil implementar una nueva marca para que sea acogida por los usuarios, sobre todo por la imagen existente en el país de que los productos extranjeros son mejores que los locales.

Adicionalmente, es necesario determinar el costo de los materiales, puesto que el mismo, representa el mayor porcentaje del costo final de construcción del equipo; y por

ende, delata la factibilidad de construcción del equipo para que pueda competir en el mercado contra los equipos ya existentes.

En la tabla 2.1 se muestra el listado de materiales utilizados para la construcción y armado del equipo, se detalla la cantidad de cada elemento, el elemento adquirido, el costo unitario y el costo total por clase de elemento dentro del equipo, y al final de la misma, el valor económico total del listado requerido:

LISTA DE MATERIALES REQUERIDOS			
Cant	**Elemento**	**V. Unit. ($)**	**V. Total ($)**
35	Resistencias	0.10	3.50
20	Capacitor cerámico	0.15	3.00
3	Capacitor electrolítico 50V	0.35	1.05
2	Capacitor electrolítico 35V	0.20	0.40
1	IR tx/rx	1.75	1.75
20	Diodo	0.20	4.00
8	Diodo Led	0.15	1.20
8	Transistor NPN	0.25	2.00
1	Transistor MOSFET	0.80	0.80
1	Transistor Darlington NPN	0.80	0.80
1	Pulsante	0.25	0.25
1	PIC 16C621A-04/ P	5.00	5.00
1	PIC 16F819A/ P	5.00	5.00
1	LM 7805	0.80	0.80
1	XTAL 4Mhz	1.00	1.00
8	Capacitor cerámico 3KV	0.35	2.80
5	Capacitor electrolítico 350V	0.50	2.50
3	Capacitor cerámico 4KV	0.45	1.35
3	Capacitor cerámico 6KV	0.50	1.50
8	Diodo de potencia	2.50	20.00
1	Transistor MOSFET IRF	0.55	0.55
8	Resistencia cerámica 1W	0.25	2.00
1	Resistencia cerámica 15W	1.50	1.50
2	Resistencia cerámica 5W	0.80	1.60
1	Resistencia cerámica 10W	1.50	1.50
1	Triac	150	150
2	Inductor 25mH	10.00	20.00
1	BUZZER 5Vcc	0.85	0.85
2	Inductor 100uH	1.80	3.60
1	Transistor RF	1.50	1.50
1	Transformador Elevador	50.00	50.00
3	Display HDSP-561A	0.80	2.40
3	Potenciómetro lineal	0.80	2.40
1	CARCASA (30x30)	40.00	40.00
1	Placas PCB	90.00	90.00
2	Zócalo 18 pines	0.70	1.40
1	Zócalo 40 pines	1.00	1.00
1	Zócalo circular	3.50	3.50
--	Varios	60.00	60.00
		TOTAL	344,00

Tabla 2.1 *Tabla de costo de materiales*

Una vez obtenido el costo total de los materiales para poder construir y ensamblar el equipo electrocauterio, que por motivo de cálculo llamaremos gastos, el costo total del equipo se calcularía sumando el costo de ingeniería por equipo más los gastos del equipo.

$$Costo\ del\ equipo = \frac{costo\ de\ ingenieria}{equipo} + gastos$$

$$Costo\ del\ equipo = 100\ usd + 344\ usd$$

$$Costo\ del\ equipo = 444\ usd$$

Se debe destacar que el valor calculado, no representa el costo de venta al público o valor comercial; ya que para este, se debe contemplar la respetiva ganancia por venta del equipo, caso que se contempla al comparar nuestro equipo con respecto a los equipos existentes en el mercado.

Basándonos en que el costo de construcción de nuestro prototipo realizado es muy bajo, en comparación a los costos de comercialización de los equipos existentes en nuestro medio, que tienen precios que oscilan entre 1200 dólares y 4000 dólares de acuerdo al modelo y procedencia del mismo; podemos jugar con un margen de ganancia, que permita competitividad ante los costos mencionados. El hecho de no pagar aranceles, ni pago de derechos o franquicias, denotan una gran diferencia de costos lo que implicaría una gran ventaja de posicionamiento en el mercado; además de considerar que al ser un producto realizado en nuestro país, implicaría una solución más rápida ante algún daño o falla del equipo, detalle que para el marketing y plan de ventas, sería considerado.

El costo considerado entonces por equipo (que se analiza considerando el costo de introducción al mercado), es de 700,00 dólares, que implicaría una ganancia por equipo de 256,00 dólares, y en la proyección para los 30 equipos, representaría una ganancia de 7680,00 dólares, que en adición con el posicionamiento de mercado lograda, sería una ventaja; puesto que en este proceso, se irían modificando patrones de acuerdo a las necesidades requeridas por nuestros clientes, para por último, ampliar nuestro mercado hacia el exterior con costos que impliquen mayores utilidades en ventas.

CAPITULO 3

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

En las pruebas de funcionamiento, se puede denotar si los objetivos fueron o no cumplidos, pero sobre todo, en nuestro caso, representa un especial cuidado, puesto que será aplicado sobre un ser vivo; hecho que representa un valor adicional a este trabajo, por la complejidad legal que llegaría a significar, el fallo o mal funcionamiento del equipo, en la ejecución de una cauterización.

3.1 Pruebas de los circuitos diseñados:

En la validación del diseño aplicado por nosotros, podemos dar por cumplido el objetivo perseguido desde el inicio de esta tesis, ya que como se puede observar en las fotografías, se logra aplicar sobre carne recién cortada (fundamental para determinar una cauterización eficiente, ya que caso contrario la prueba no sería validada por ser tejido completamente inerte) y se logra la desecación de la carne en la zona aplicada.

Mediante el uso del osciloscopio, pudimos comprobar que el funcionamiento del equipo, trabaja en una frecuencia de 4MHz, la misma que se modula, para poder obtener la cauterización deseada.

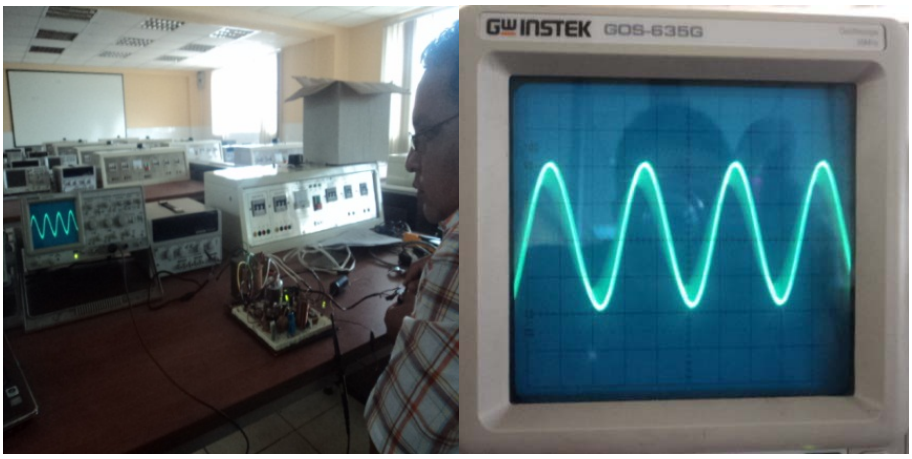


Figura 3.1 *Pruebas con el Osciloscopio*

La figura 3.2 muestra las pruebas realizadas sobre carne; las mismas avalan el normal funcionamiento del diseño realizado, pudiendo ser ejecutado y construido, sobre las placas electrónicas.

Figura 3.2 *Pruebas en Protoboard*

3.2 Pruebas de las placas ensambladas:

Dadas las respectivas pruebas del diseño sobre el protoboard, procedimos a diseñar las placas electrónicas que nos servirían para ensamblar el equipo; considerando detalles básicos, que fueron considerados, cuando el diseño fue armado sobre dicho protoboard, como son:

- Distancia entre elementos, para contribuir a la disipación de calor, así como también para evitar arcos voltaicos entre los pines de los elementos.

- Fuentes de alimentación, puesto que dependiendo de cada elemento, el nivel de voltaje de alimentación varía, o bien sea el caso, cambia entre corriente alterna y corriente continua.

- Aterramiento del equipo para evitar problemas de corrientes parásitas o daños al equipo por corrientes estáticas.

- Agujeros y pistas para interconexión entre placas electrónicas, así como también con los conectores y demás elementos que se encontrarán en la carcasa.

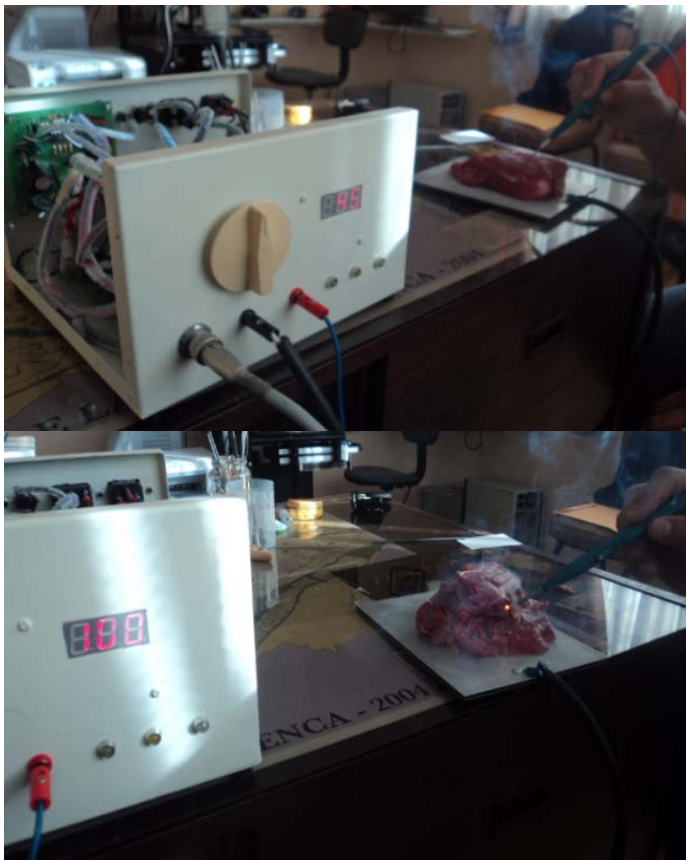


Figura 3.3 *Prueba de Funcionamiento de las Placas Electrónicas*

Dependiendo del tipo de Cauterización se vaya a realizar, deberá ser escogida la punta del electrodo; tal y como se describió en el capítulo 1. Es así que podemos observar en la figura 3.4 el estado inicial de la carne que vamos a utilizar.

Figura 3.4 *Carne antes de aplicar el Electrocauterio*

Entonces se procede a utilizar cada una de las puntas que tiene el equipo para determinar el funcionamiento de las mismas; así como también, constatar, que los objetivos planteados en un inicio, son efectivamente, los resultados obtenidos en el equipo. En la figura 3.5, observamos la utilización de diferentes electrodos, los cuales, varían entre plano, esférico y anillo; dependiendo del tipo de electrodo, obtendremos profundidad o área de aplicación.

Figura 3.5 *Aplicación del Electrocauterio*

Una vez realizadas las pruebas del Equipo sobre la carne, podemos verificar los resultados obtenidos sobre la misma, hecho que se puede evidenciar en la figura 3.7; donde observamos los diferentes fenómenos producidos y además, comprobar que el equipo funciona plenamente.

Cada una de las franjas vistas, connotan, una profundidad que puede ser regulada por la potencia de aplicación, así como también por el electrodo a ser aplicado, como se observa, en la figura mencionada, se muestran diferentes profundidades aplicadas con el electrodo plano, y la cauterización superficial que genera el electrodo esférico (la densidad de potencia es mayor mientras menor sea la superficie del electrodo y será menor mientras la superficie del electrodo sea mayor).

Figura 3.7 *Resultados Obtenidos con electrodos plano y esférico*

En la figura 3.8, podemos darnos cuenta, que el uso del electrodo de anillo, nos permite realizar la extirpación superficial de piel o tejido; dicha aplicación es muy útil para la extirpación de verrugas o lunares; o bien sea el caso, la extirpación tumores superficiales, cauterizando al mismo tiempo los vasos afectados en la cirugía.

En realidad, estas aplicaciones más importantes, deben ser analizadas, puesto que se puede afectar terminaciones nerviosas delicadas, que podrían influir en parámetros vitales del animal, o en ciertos casos la muerte del mismo.

Figura 3.8 *Resultados Obtenidos con electrodo de anillo*

3.3 Pruebas con el equipo totalmente ensamblado.

Una vez hechas las pruebas de las placas, no nos queda más que realizar el ensamblaje del equipo, para determinar si el mismo, sufre algún problema, debido a fallas de armado, calentamiento, o algún factor adicional que no se haya considerado dentro del diseño y que fuese en un momento dado, un inconveniente fatal en la normal operación del electrocauterio.

No obstante, después del ensamble realizado, así como también, una inspección visual, se llega a la prueba del equipo, obteniendo los óptimos resultados que hemos venido consiguiendo hasta el momento, desde las pruebas sobre el protoboard.

Cabe destacar, que el Funcionamiento del equipo ya ensamblado, no provoca el calor que se pensó como inconveniente puesto que la separación entre elementos, así como el espacio interior del equipo, son más que suficientes, para evitar un problema por sobrecalentamiento.

La figura 3.7 muestra el uso a diferentes valores de potencia del Electrocauterio, el mismo, denota que el equipo funciona correctamente, y por ende puede ser utilizado para las respectivas pruebas para la aplicación veterinaria, que fue para lo que se diseñó este equipo.

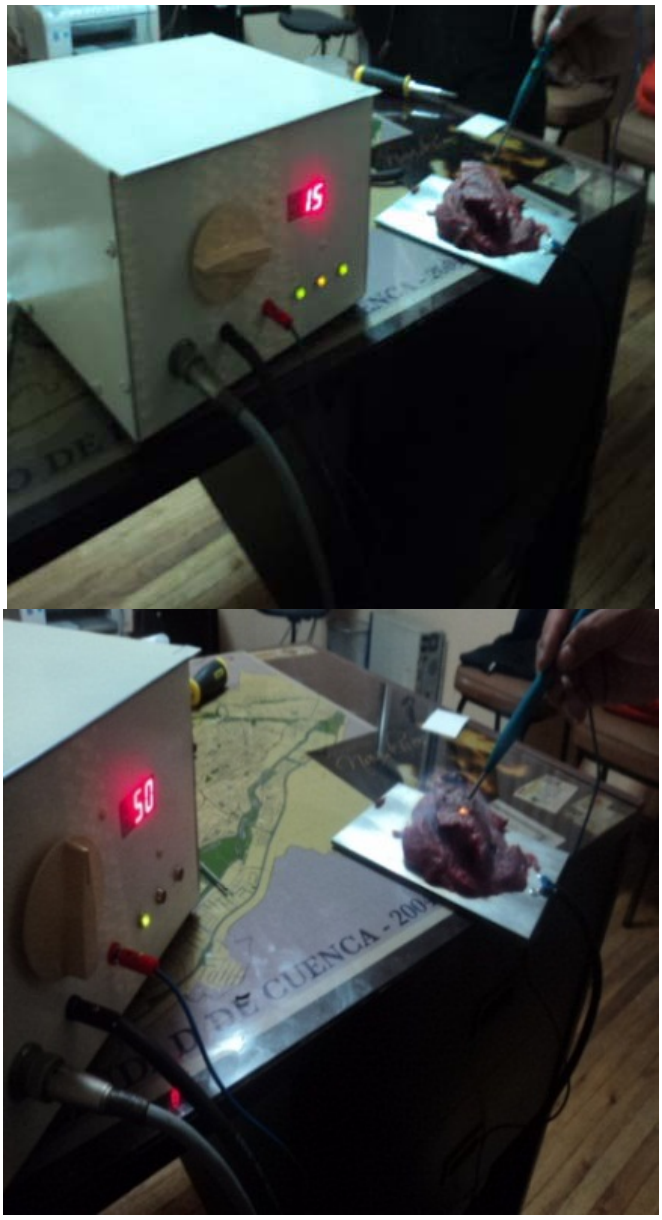


Figura 3.9 *Pruebas con el Equipo Ensamblado*

3.4 Pruebas aplicadas y validadas por un veterinario.

Vale destacar, que todas las pruebas que se realizaron hasta el momento, han sido sobre carne despostada, es decir, tejido muerto; por lo que las pruebas sobre animales (vivos), es fundamental; y de allí la necesidad de que un veterinario, utilice el equipo y determine su funcionabilidad y aplicación en el área; además de certificar la eficiente cauterización sobre el área probada en el animal. Es por esto que acudimos a la Veterinaria San Bernardo, ubicado en el sector de Totoracocha (Av. Los Andes y Saraurco); allí se

realizó las pruebas pertinentes del equipo, sobre un cuy. Para dicha práctica médica, se consideraron los siguientes pasos:

- Se explica al doctor cómo funciona el equipo: es decir, para que sirven todas las partes que lo conforma, así como también como se aplica cada elemento (pedal, electrodo, placa de tierra, potenciómetro de regulación de potencia, interruptor y conectores). Tal como se aprecia en la figura 3.10:

Figura 3.10 *Explicación de Procedimiento Quirúrgico*

- Aislamiento de partes metálicas de la zona de Trabajo, para evitar posibles daños tanto al animal como al Doctor, debido a fugas de corriente, o debido al circuito cerrado que se formaría entre el electrodo y las partes en contacto.

- Mejoramiento de la conductividad entre la placa de Tierra y el animal, mediante la utilización de un gel a base de agua (recordar que mientras mayor sea la superficie de contacto, menor o nulo será el daño por quemaduras en dicha zona).

- Recordar como norma, la limpieza y Esterilización del instrumental médico a ser utilizado (tanto la placa a tierra como los electrodos), para evitar cualquier tipo de infección o daño; pues la misma podría inclusive provocar la muerte del animal tratado, o en el más leve de los casos, la cicatrización sería lenta o nula.

Figura 3.11 *Limpieza y lubricación de los Elementos del Electrocauterio*

- Además de la respectiva limpieza, esterilización y humectación del lugar de incisión, para garantizar la eficiencia en el uso del equipo, pero sobre todo, para evitar riesgos de quemaduras o infecciones, que serían perjudiciales para la salud o vida del animal a ser tratado, por los efectos analizados al inicio de esta monografía; la figura 3.12 muestra cuando el doctor realiza tal trabajo, connotando que las bases de conocimiento adquiridas por nosotros, son aplicadas sin previa conversación, por un especialista veterinario, y que nos sirven para la retroalimentación respectiva de lo investigado en contraste con lo aplicado en una sala de quirófano.

Figura 3.12 *Limpieza y Esterilización del Animal*

- Aplicación de anestesia, como procedimiento quirúrgico normal; determinado para cualquier cirugía; en este caso, como se observa en la figura 3.13, se aplica mediante una jeringuilla, anestesia local en la zona requerida; como comentario adicional, vale destacar, que el doctor nos informó, que el cuy, al ser un animal pequeño es muy débil, por lo que si se aplica anestesia general, el cuy podría morir.

Figura 3.13 *Aplicación de Anestesia Local*

- Aplicación del Equipo, considerando el tipo de electrodo y la potencia a utilizar, a criterio del doctor; la figura 3.14 muestra el corte y cauterización de la zona tratada en la cirugía; donde el sangrado es nulo.

Figura 3.14 *Cirugía Superficial*

- Una vez realizada la Cirugía, se procede a suturar, es decir, a cerrar la zona tratada en la cirugía; esta es una etapa crucial, puesto que, de esta también dependerá la cicatrización y recuperación del animal, ante el proceso quirúrgico realizado; debido a varios factores, tanto virales como de aplicación del hilo adecuado y de la manera adecuada.

Figura 3.15 *Sutura de la Cirugía Realizada*

A continuación describimos textualmente la apreciación que realizo el Dr. Luis Jácome López (Médico Veterinario Zootecnista) con matrícula #141 después de la cirugía, acerca del equipo y su funcionamiento; video que se adjunta al cd de este trabajo monográfico, como prueba fehaciente de los logros adquiridos en el diseño construcción y prueba del equipo, y por ende del cumplimiento de los objetivos planteados:

"Es un equipo bastante favorable, muy bueno, porque a la vez que corta cauteriza, que es lo ideal para una cirugía, para evitar hemorragias demasiado profusas, no, el equipo favorece mucho, solamente medio un poquito complica por la fase de estar haciendo tierra y el corte, la incisión, pero hasta adaptarse nada más, es cuestión de adaptarse, y después ayuda muchísimo; la cuestión es que no desangre el mucho el animal, que no pierda mucha sangre, que no vaya con anemia y más bien vaya cauterizado sus bordes y la cicatrización o la recuperación sea bastante buena, eso hay que ver, hay que esperar unos ocho días vemos como se ha recuperado, si no ha habido problemas estamos bien, ***pasa la prueba****"*.

El doctor confirmó el éxito total de la aplicación del equipo electrocauterio; nos expresó su interés en la adquisición del mismo, por las bondades que ofrece en un quirófano veterinario. Es así, que se adjunta como anexo, el certificado emitido por el doctor en veterinaria, y que implica una prueba más del cumplimiento de los objetivos planteados al inicio de esta tesis para la obtención del título de Ingeniero Electrónico.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se logró implementar un electrocauterio con el objetivo de ayudar a los médicos veterinarios a reducir el índice de sangrado en animales en una cirugía.

- Tuvimos que afrontar el problema de fabricar nosotros mismo la carcasa en fibra de vidrio, lo que nos tomó demasiado tiempo, además de encontrarnos con la amarga respuesta de que al ser una construcción artesanal, no cumple con los requisitos de peso, funcionalidad, costo, ergonomía, que se necesitaban; por lo que se recurrió a mandar a fabricar la carcasa, que representó un costo muy por debajo al gastado en la carcasa inicial y que mejoró notablemente la elaboración del ensamble del equipo.

- Es importante tener mucho cuidado tanto con las frecuencias como con las tensiones aplicadas, a fin de que las mismas no afecten al animal tratado.

- Al analizar los principales sistemas de seguridad del electrocauterio, que cumplen un papel importante antes durante y después de la utilización del electrocauterio; debemos enfatizar la importancia del adecuado mantenimiento preventivo periódico, para garantizar que no acurran accidentes por fallas electrónicas.

- Con el respaldo de un médico veterinario realizamos las pruebas concernientes a las prestaciones del electrocauterio construido; obteniendo los resultados deseados y planteados en los objetivos de este trabajo.

- No se encuentra por demás recordar que el equipo debe ser manipulado por personal capacitado, puesto que la frecuencia de trabajo, así como también la energía suministrada, pueden ser nocivas ante una mala manipulación del equipo.

- Durante el proceso de diseño, construcción y pruebas se obtuvieron buenos resultados, ya que el electrocauterio cumplía muy bien con el trabajo realizado,

además de evidenciar la ausencia de calor que puede provocar el equipo en su interior en estado activo.

- Cabe indicar que la construcción del prototipo de electrocauterio es de uso netamente veterinario, ya que para poderlo aplicar sobre humanos, se deberían realizar estudios adicionales, además de considerar ciertas variaciones en el cálculo.

- Los costos para los equipos que existen en el mercado varían por las diferencias funcionales entre uno y otro, además de la influencia de su marca como del lugar de procedencia; sin embargo dichos precios, representan un rubro elevado, dato que favorece a nuestro equipo para la comercialización del mismo.

- Trataremos de seguir innovando y rediseñando este equipo de manera tal, de poder crear un equipo para uso en humanos, para su posterior construcción a gran escala y a precios módicos para ingresar al mercado local y/o internacional.

- Los factores técnicos analizados en el presente proyecto de tesis nos permitieron determinar y concluir que es posible desarrollar este tipo de tecnología en nuestro país, claro está, con el respectivo aval médico.

Con la finalidad de determinar riesgos y tener criterios bien formados sobre seguridad eléctrica a continuación se detallan algunas de las recomendaciones importantes para el uso veterinario del equipo construido en este proyecto de tesis

- De acuerdo a los resultados obtenidos durante el desarrollo de la presente tesis se determinó, que era indispensable la construcción del electrocauterio para uso veterinario, para motivar en lo posterior, su construcción para usos en hospitales o clínicas.

- Son equipos que deben estar conectados a tierra para tener un mejor aislamiento por eso se recomienda que la corriente de fuga no exceda las 20mA valores de corriente mayores se puede tener siempre y cuando no existan riesgos adicionales.

- Se recomienda limpiar la unidad periódicamente con agua enjabonada teniendo precaución de no regar el agua dentro del equipo ya que esto podría producir una avería delo mismo.

- Se recomienda que los electrodos activos con sus respectivos cables deben ser esterilizados con un ciclo de esterilización de 120ºC.

- Se recomienda que tanto el equipo, las conexiones, y las placas deben estar limpias y bien conectadas debida a que por motivos de la suciedad y el movimiento puede existir muchas averías en el equipo.

ANEXOS

ANEXO 1

MANUAL DE USUARIO DEL ELECTROCAUTERIO

CONTENIDO

1.1 Introducción

1.2 Terminología

a) Mono polar.

b) Bipolar.

c) Aplicaciones.

1.3 Función de Los controles e identificadores del equipo electrocauterio.

1.4 Técnicas de configuración.

a) Técnica mono terminal

b) Técnica monopolar.

c) Técnica bipolar.

1.5 Funcionamiento del Equipo.

a) Conexión AC

b) Utilización de las salidas.

c) Selección de la potencia.

1.6 Medidas de seguridad.

1.7 Pasos para el mantenimiento preventivo

a) Limpieza

b) Inspección visual

c) Comprobación de operación.

1.8 Procedimientos de funcionamiento del equipo.

1.9 Calibración del dispositivo.

1.1 Introducción:

Un aparato de electrocirugía genera corriente de alta frecuencia. El electrocauterio es un ejemplo del aparato electrocirugía que genera la corriente usada para la desecación, la fulguración, y los procedimientos de la coagulación que no requieren el corte.

Este manual indica los procedimientos que Ud. como reparador del equipo médico tiene la necesidad de saber para que el electrocauterio funcione a la eficacia máxima. Los procedimientos tratados aquí son: llevar a cabo los chequeos de mantenimiento preventivo y los procedimientos de calibración que verifica; aislamiento de malfuncionamientos del equipo.

1.2Terminología

Al utilizar terminología técnica de los aparatos electrónicos puede crear algún tipo de confusión en los usuarios del electrocauterio por lo que a continuación describiremos algunos términos usados comúnmente en este dispositivo.

a) **Monopolar.** Una descarga de alta frecuencia, de alto voltaje a partir del terminal al paciente se describe como monopolar.

b) **Bipolar.** La corriente osciladora de alta frecuencia viaja a través de un cable activo aplicado a una pequeña área de tejido.

c) **Aplicación.**

1) El uso de Monopolar de la corriente de alta frecuencia puede tener un efecto sobre el tejido que varía desde la deshidratación muy ligera y superficial a la penetración y a la destrucción relativamente profunda del tejido.

2) El uso bipolar puede crear un efecto en el tejido que varía de una pequeña a una coagulación muy pesada.

3) Esta aplicación llevada a la intensidad extrema a un uso de larga duración puede tener como efecto una carbonización del tejido.

1.3 Función de Los controles e identificadores del equipo electrocauterio:

Revise la función de cada uno de los controles y de cada uno de los indicadores instalados en el equipo para que Ud. entienda la función de cada una de sus partes, cada control del equipo contiene un numero para mayor descripción refiérase a la figura.

Figura M.1.1: *Electrocauterio.*

1. **Control de potencia.** Usted utiliza el dial de control de potencia para seleccionar intensidad actual desde 0W o Min a 30W o (Max).
2. **Visualizador de potencia.** Puede observar en pantalla el porcentaje de potencia a ser calibrada desde 0 o Min al 100 o (Max).
3. **Led de circuito activo.** El led de circuito activo se enciende solamente cuando usted activa el interruptor de pie o el interruptor de mano.
4. **Led de estado.** El led de estado se enciende solamente cuando el equipo está listo para ser usado.
5. **Led de on/off.** El led de ON/OFF. se enciende solamente cuando usted da vuelta al potenciómetro de control a la derecha de APAGADO a la posición de encendido.

6. **Conector para electrodo.** Coloque aquí el cable del mango del electrodo, donde usted podrá colocar la punta que requiera.
7. **Conector para placa.** Coloque aquí el cable de la placa a Tierra.
8. **Conector para pedal.** Coloque el cable de pedal o de mano, utilizado como interruptor para funcionamiento del equipo.

1.4 Técnicas de configuración:

a) **Configuración Mono terminal.** Para los procedimientos de fulguración y de desecación, utilice solamente las salidas terminales de frecuencias altas o bajas. la conexión a tierra se consigue por el tercer alambre en la línea

b) **Configuración Monopolar.** Esta técnica o configuración monopolar entrega energía para la coagulación a partir de un terminal de una salida bipolar sin conexión a tierra

1.5 Funcionamiento del Equipo

a) **Conexión AC.** Se puede conectar el equipo a la toma de AC con el voltaje y la frecuencia indicada en el equipo que tiene 2 hilos y uno adicional de conexión a tierra

b) **Salidas.**

1) Para la desecación y la fulguración con la corriente del mono terminal, coloque el electrodo en la salida alta o baja dependiendo de la potencia requerida

2) Los enchufes BIPOLARES se utilizan para las técnicas bipolares solamente con ambos terminales colocados en los dos enchufes BIPOLARES.

3) Al emplear una placa diferente conjuntamente con un solo electrodo activo, el electrodo diferente de la placa se tapa en uno de los terminales BIPOLARES y el otro terminal solamente se utiliza con el electrodo activo

c) **Selección de intensidad.** Al girar la perilla de control a la derecha (a partir de la 0 hasta 100) aumenta la energía disponible en todos los terminales, el momento que usted presiona la manija del interruptor o de conmutación de pedal. A menos que usted tenga suficiente experiencia puede seleccionar el ajuste apropiado para cada técnica, se recomienda que haga la selección inicial en un ajuste más bajo; entonces, aumente gradualmente la energía hasta que usted alcance el nivel deseado.

1.6 Medidas de seguridad

La salida del equipo puede tener voltajes elevados por lo que Ud. debe de tener en cuenta algunas medidas de seguridad que se detallan a continuación.

a) Si usted no retira el fusible de seguridad, reduzca la energía a un nivel seguro o hasta Min. Si retira el fusible de seguridad, el equipo no se energiza.

b) Coloque el interruptor de pedal en un lugar donde no pueda ser activado accidentalmente al pasar.

c) Si usted no está utilizando el puntal de mano, desconéctelo de la unidad para evitar quemaduras accidentales.

d) Mantener el área de trabajo limpia, ordenada, y despejada para evitar posibles descargas innecesarias.

e) No ponga elementos pesados sobre el puntal de mano ya que el peso podría activar fácilmente el interruptor de mano.

f) Suspenda la alimentación AC para conectar o desconectar el interruptor de pedal.

g) No exceda los límites del equipo ya que esto podría provocar que algún elemento electrónico se deteriore o en lo posible se queme.

h) Después de cualquier reparación que se produzca dentro del equipo se recomienda realizar una calibración de prueba sobre algún producto similar a la piel.

i) Se recomienda leer este manual antes de cualquier tipo de manipulación en el equipo.

1.7 Pasos Para el Mantenimiento preventivo:

Los chequeos y los servicios de mantenimiento preventivo se llevan a cabo sobre una base trimestral. Consiste en la limpieza, una inspección visual, y una comprobación operacional.

a) **Limpieza**. La carcasa esta echo de un material durable. Sin embargo, no utilice los productos químicos que puedan dañar el mismo. Utilice paño húmedo o una esponja para limpiar la carcasa además puede soplar el polvo con una secadora.

b) **Inspección Visual**. Realizar las inspecciones detalladas a continuación:

1. Examine la cubierta del equipo para saber si hay grietas y roturas esto puede hacer que ingrese agua o desechos dentro de la unidad.

2. Examine el cable eléctrico para saber si hay lo siguiente:

    a) Si el cable sirve.
    b) Retenedor de cable apropiado para su aseguramiento con la carcasa.
    c) Enchufe tiene daño o está roto.

3. Examine el conector de la salida para asegurarse de que no hay roturas o grietas presentes que pueden producir un mal contacto para la utilización del puntal de mano.

c) **Comprobación operacional.** El operador debe realizar las inspecciones y las pruebas siguientes diariamente, o en cada mantenimiento.

1. Ponga la unidad en una superficie no conductiva, limpia, y seca.

2. Coloque con seguridad el electrodo de mano en un lugar seguro libre de impurezas.

3. Conecte el cable de control del interruptor de la mano con el plug designado en la parte inferior del equipo.

4. Coloque una esponja mojada en un envase no conductivo abierto

5. Conecte el equipo a una toma de 110V con conexión a tierra.

6. Coloque el cable del terminal de mano en la salida de frecuencia BAJO.

7. Ponga el electrodo de la aguja de dos a tres milímetros lejos de la esponja. No toque la esponja. Active la unidad presionando el botón en el interruptor de la mano.

8. Varíe el potenciómetro de control y asegúrese que la chispa se intensifica en de acuerdo a la variación del potenciómetro.

1.8 Verificar procedimiento de funcionamiento

Además de la comprobación de funcionamiento del equipo se debe de realizar un mantenimiento periódico para verificar que la unidad este en perfectas condiciones por lo que se recomienda que tenga a mano un medidor de resistencia y voltaje para poder realizar las mediciones correspondientes

1.9 Calibración:

Si al encender el equipo Ud. conoce la frecuencia deseada puede calibrar el potenciómetro hasta la potencia deseada. Si Ud. no conoce la potencia deseada se recomienda girar suavemente el potenciómetro hasta obtener el corte o la coagulación deseada.

ANEXO 2

Cuenca, a 23 de mayo de 2011

A petición verbal de la parte interesada,

CERTIFICO:

Que el equipo Electrocauterio, que los señores: Maxi Iñamagua Gustavo Alberto y Tobar González Luis Alberto, construyeron como proyecto de tesis, ha sido puesto a prueba por mi persona y se ha comprobado el funcionamiento apropiado del aparato, para ser aplicado en cirugía veterinaria tanto superficial como odontológica.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad, pudiendo hacer uso de este certificado de la manera que ellos requieran.

Atentamente,

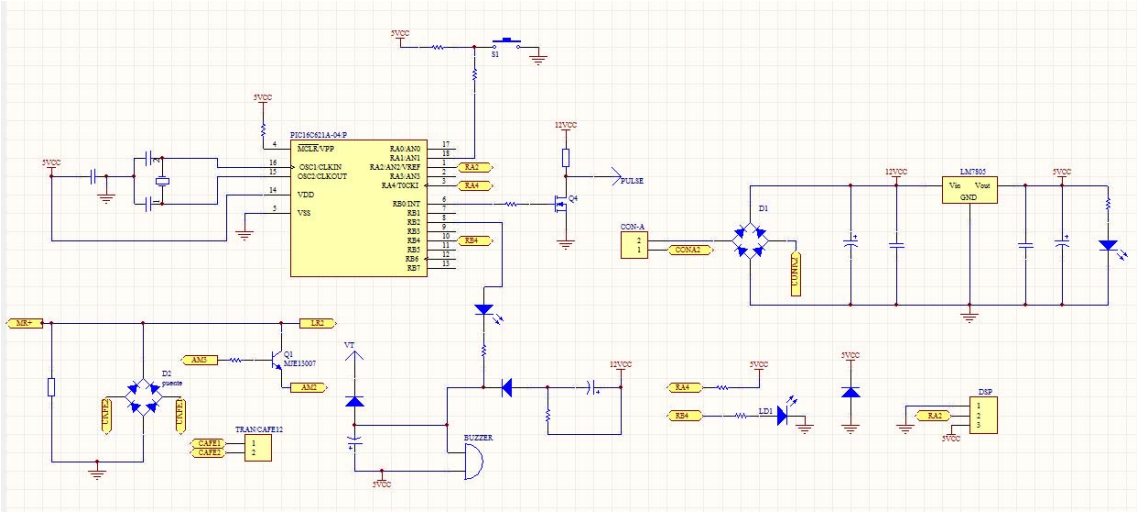
Dr. Luis Jácome López

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

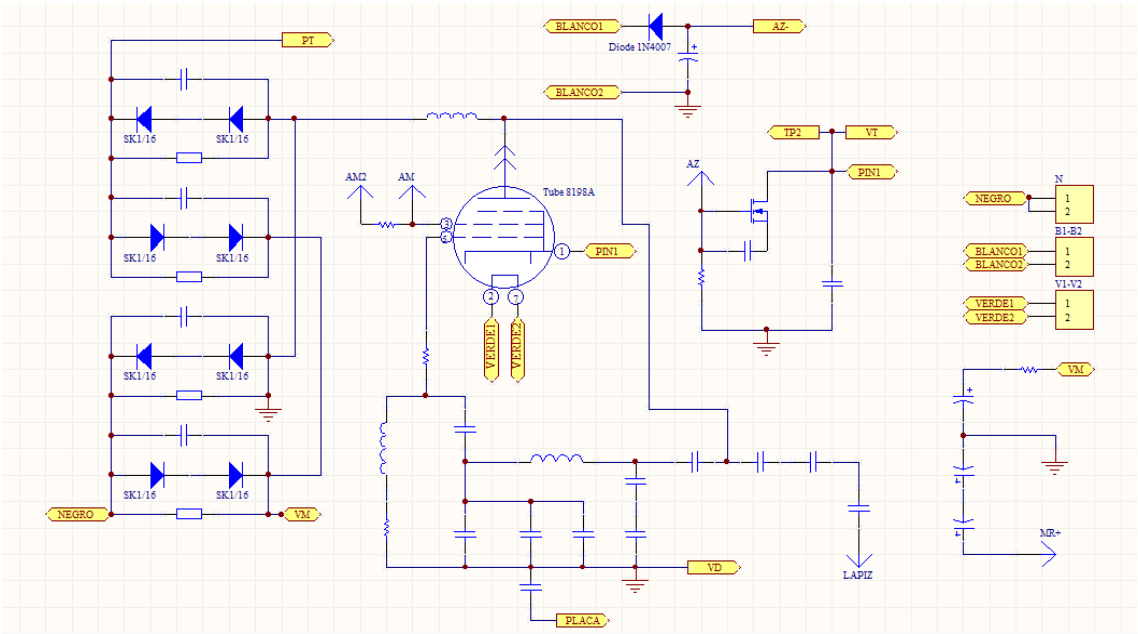
Matrícula # 141

ANEXO 3

CIRCUITOS DE FUNCIONAMIENTO DEL ELECTROCAUTERIO



CIRCUITO DE CONTROL

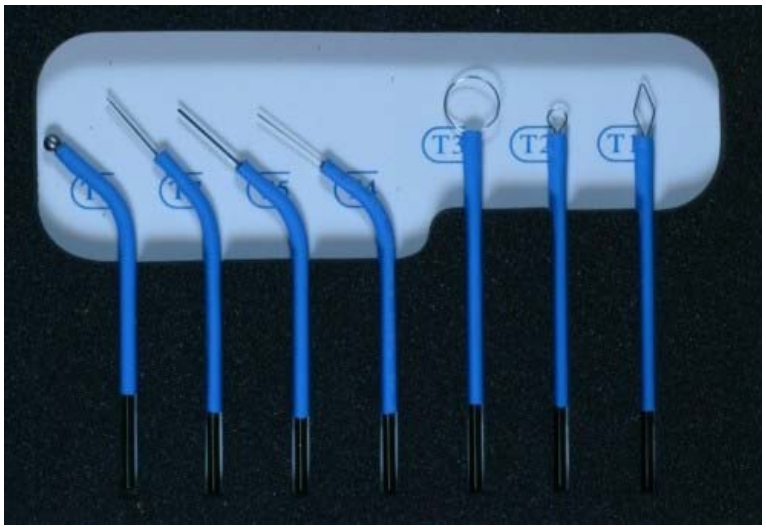


CIRCUITO DE POTENCIA

ELECTRODOS UTILIZADOS PARA EL ELECTROCAUTERIO Y DONDE ADQUIRIRLAS

Existen varios tipos de puntas para electrodo, las mismas que tendrán su forma, espesor y tamaño, dependiendo de la aplicación quirúrgica que se necesite.

Vale recordar que nuestro equipo, tiene salida monopolar (electrodos genéricos), por lo que es de vital importancia observar los tipos de electrodos que se encuentran en el mercador para esta aplicación:



En el internet, podemos encontrar varios sitios que son proveedores de las puntas, placas de tierra o pedales para electrocauterios. Entre estos proveedores existentes en nuestra ciudad, tenemos a “Recor Dental y Quimedic Cia. Ltda.”, de la cual adjuntamos sus datos:

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- Daneri Pablo, ELECTROMEDICINA EQUIPOS DE DIAGNOSTICO Y CUIDADOS INTENSIVOS, Editorial Hasa, Argentina, 2007

- Barea Rafael, INSTRUMENTACIÓN BIOMEDICA, Dpto. Electrónica, Universidad Alcalá, 2000

- Webster John, MEDICAL INSTRUMENTATION APPLICATION AND DESIGN, Universidad Wisconsin, 1998

- Campos Cerda, IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DESARROLLO UTILIZANDO MICRO CONTROLADORES PIC, Universidad Guadalajara, 1998

- Del Águila Carlos, ELECTROMEDICINA, Editorial Hispanoamérica,1990

- Hickman Ian, MANUAL PRÁCTICO DE RADIOFRECUENCIA, editorial Paraninfo, 1995

- Pressman Roger, INGENIERÍA DEL SOFTWARE UNA VISIÓN PRÁCTICA, McGrawHill,1993

- Tocci Ronald, SISTEMAS DIGITALES, Pearson Educación, México, 1995

- Groot G, Chappel EW. Electrocautery used to create incisions does not increase wound infection rates. Am J Surg 1994; 167: 601-603.

- Palmer SE, McGill LD. Thermal injury by in vitro incision of equine skin with electrosurgery, radiosurgery, and a carbon dioxide laser. Vet Surg 1992; 21 (5): 348-350.

- Farnworth TK, Beals SP, Manwaring KH, Trepeta RW. Comparison of skin necrosis in rats by using a new micro needle electrocautery, standard-size needle electrocautery, and the shaw hemostatic scalpel. Ann Plast Surg 1993; 31: 164-167.

- Hussain SA, Hussain S. Incisions with knife or diathermy and postoperative pain. Br J Surg 1988; 75: 1179-1180.

- Pearlman NW, Stiegmann GV, Vance V, Norton LW, Bell RCW, Staerkel R, Van Way III CW, Bartle EJ. A prospective study of incisional time, blood loss, pain, and healing with carbon dioxide laser, scalpel, and electrocautery. Arch Surg 1991; 126: 1018-1020.

- Keenan KM, Rodeheaver GT, Kenney JG, Edlich RF. Surgical cautery revisited. Am J Surg 1984; 147: 818-82

- Telfer JRC, Canning G, Galloway DJ. Comparative study of abdominal incision techniques. Br J Surg 1993; 80: 233-235

- Dixon AR, Watkin DFL. Electrosurgical skin incision versus conventional scalpel: A prospective trial. J R Coll Surg Edinb 1990; 35: 299-301.

- Johnson CD, Serpell JW. Wound infection after abdominal incision with scalpel or diathermy. Br J Surg 1990; 77: 626-7

- Chicón Juan, Lo que debes saber sobre el Bisturí Eléctrico, España 2001, http://reocities.com/madisonavenue/4364/bistur01

- The Medical Technology, Alemania, 2010, http://www.themedicaltechnology.com/main.htm

- Renew Peel, México, 2010, http://www.renewpeel.com/?page_id=197

- Biomet, Ingeniería Biomédica, Uruguay, 2010, http://www.biometuruguay.com/wp