

UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA
FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO


Nº DE RADICACIÓN: _____

INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1

Nombre (s):	Yesid Antonio	
Apellido (s):	Luna Leguizamo	
Código:	20102275019	
E-mail:	yeamlule85@gmail.com	
Teléfono fijo:	821 1753	
Celular:	310 674 2803	

Ejecutor 2

Nombre (s):	Pedro Andrés	
Apellido (s):	Cortés Hernández	
Código:	20111275010	
E-mail:	andrescortesh@hotmail.com	
Teléfono fijo:	245 6311	
Celular:	313 313 5404	

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del Proyecto:	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN EQUIPO DE ASISTENCIA EN PROCEDIMIENTOS RCP (REANIMACIÓN CARDIO-PULMONAR) BÁSICO DE ADULTOS EN LA ASISTENCIA URGENTE EXTRA-HOSPITALARIA.	
Duración (estimada):	5 meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>
Modalidad del Trabajo de Grado:	Monografía	
Línea de Investigación de la Facultad:		
Línea de Investigación del Proyecto Curricular:		
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:		

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Director: (Vo. Bo.)	
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. RESUMEN:	1
2. INTRODUCCIÓN:	2
3. ESTADO DEL ARTE:	3
3.1. Dispositivos de compresión torácica:	3
3.1.1. Dispositivo LUCAS:	3
3.1.2. Dispositivo autopulse:	4
3.2. Dispositivo de ventilación manual (AMBU):	5
3.3.1. Modalidades ventilatorias convencionales:	6
3.3.2. Modalidades ventilatorias alternativas:	6
3.3. Desfibrilador automático:	7
4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:	8
5. JUSTIFICACIÓN:	10
5.1. Reducir el tiempo de intervención del primer respondiente en la víctima:	11
5.2. Reducir el número de muertes a causa de RCP tardíos:.....	11
5.3. Aumentar la posibilidad de supervivencia en caso de un PCR:.....	12
5.4. Disminuir al mínimo la responsabilidad legal del primer respondiente por una RCP incorrecta:	12
5.5. Permitir que cualquier sujeto este en capacidad de realizar un RCP sin necesidad de tener conocimiento en reanimaciones cardiopulmonares y primeros auxilios:.....	12
5.6. Aumentar la esperanza de vida en pacientes con enfermedades cardiovasculares:	12
5.7. Crear una oportunidad de negocio en la fabricación, venta y distribución del equipo:	13
6. OBJETIVOS	13
6.1. OBJETIVO GENERAL	13
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
7. METODOLOGÍA	13
7.1. Diseñar un mecanismo que facilite aplicar correctamente el masaje cardiaco:	14
7.2. Diseñar un sistema de respiración artificial que permita la apertura y la ventilación de las vías aéreas de la víctima:.....	14

7.3. Diseñar un mecanismo que limite los movimientos del primer respondiente a solo 3 grados de libertad: (usando los datos recopilados anteriormente).....	14
7.4. Fabricar el equipo:.....	15
7.5. Evaluar el desempeño del equipo con asistencia profesional en un maniquí simulador de reanimación cardiopulmonar:	15
8. MARCO TEÓRICO:	15
8.1. Balance de presiones:	15
8.2. La fuerza de retroceso elástica del pulmón:	15
8.3. La tensión superficial de la interface aire líquido:	16
8.4 La resistencia al flujo:	16
8.5. Propiedades mecánicas del hueso.....	16
8.5.1 Morfología:	16
8.5.2 Composición química:.....	16
8.5.3. Caracterización mecánica:	17
8.3. Ley de hooke:	18
8.4 Presión:.....	19
8.5 Velocidad:	19
8.6 Densidad:	19
8.7 Viscosidad dinámica:.....	19
8.8 Viscosidad cinemática:.....	19
8.9 Caudal:	19
8.10. Energía de flujo:.....	19
8.4.11. Numero de Reynolds:	20
9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:	20
10. PRESUPUESTO	21
11. BIBLIOGRAFÍA	23

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN EQUIPO DE ASISTENCIA EN PROCEDIMIENTOS RCP (REANIMACIÓN CARDIO-PULMONAR) BÁSICO DE ADULTOS EN LA ASISTENCIA URGENTE EXTRAHOSPITALARIA

1. RESUMEN:

La RCP o Reanimación Cardio-Pulmonar fue descrita por primera vez y comprobado científicamente sus beneficios alrededor de los años 60 por el señor Kouwenhoven, desde entonces se ha considerado uno de los procedimientos más importantes en la primera atención básica para un paciente que haya sufrido un paro cardio-respiratorio o PCR, ya que con las contracciones al pecho y la respiración inducida (boca a boca) provee a la víctima de un bombeo sanguíneo y oxígeno mínimos necesarios para mantenerla con vida y esperar la atención especializada. En la actualidad el método más utilizado en la atención básica de reanimación extrahospitalaria es el manual, pero ya en el mercado existen equipos diseñados para prestar junto a la atención avanzada un RCP mediante sistemas automáticos, siendo los más conocidos el LUCAS® (de pistón) y el LIFEBOARD® (de banda) que realizan exclusivamente de manera automática el masaje cardíaco, pero que se ven limitados ya que constituyen equipos costosos y de operación compleja.

La principal preocupación al estar frente a una emergencia es no saber qué es lo que realmente sucede, y llegar a realizar un mal procedimiento que ponga en riesgo la vida de la víctima, al estar en situación de sospecha de un PCR lo primero es reconocer los síntomas (Ausencia de respiración y pulso, inconsciencia), luego cuando se tenga identificado plenamente, es importante actuar de forma rápida; es cuando el primer respondiente debe ser capaz de aplicar un buen y seguro procedimiento RCP que permita incrementar la esperanza de vida de la víctima, como este procedimiento no es de conocimiento general, es ahí donde se genera el primer inconveniente serio, que termina por limitar la expectativa de vida de un paciente que ha sufrido un PCR. Por eso se hace necesario masificar estos conocimientos, que se hagan de uso común y a la vez apoyarnos en un equipo que sea económico, facilite y reduzca los riesgos al ser aplicado un RCP por una persona con poca experiencia; un equipo que proporcione las condiciones mínimas necesarias para un adecuado masaje cardíaco externo y dosis de oxígeno de calidades óptimas para preservar la vida de una víctima de PCR.

Palabras clave: Paro cardio respiratorio PCR, reanimación cardiopulmonar RCP, fisiología cardiaca y respiratoria.

2. INTRODUCCIÓN:

La reanimación cardio-pulmonar (RCP) ha sido el principal procedimiento de primeros auxilios en una situación de emergencia, en el que su objetivo primordial es la estabilización de la víctima si esta presenta signos de insuficiencia respiratoria y/o falta de signos vitales. Así mismo, estos procedimientos por ser de acción inmediata, en el cual es vital la asistencia de un primer respondiente en tiempo no mayor de 10 minutos ya que en un tiempo de respuesta mayor, el porcentaje de éxito disminuye dramáticamente ¹. Mas sin embargo, los procedimientos RCP básicos siguen realizándose de forma manual y es de vital importancia la habilidad y conocimiento del auxiliador ya que de no ser así, la ayuda podría ser infructuosa, contraindicada y posiblemente acarrear complicaciones legales al igual que no prestar ayuda a la víctima como lo determina la ley colombiana en el artículo 195 de la constitución política y el artículo 4 del código de policía.

Por otra parte, en el momento de una emergencia si no existe el personal apropiado para un procedimiento RCP, es recomendado solo realizar los 2 de los 3 principios básicos consecutivos de primeros auxilios; PROTEGER, AVISAR Y SOCORRER². Por tal motivo, se han desarrollado 2 tipos de dispositivos automáticos de compresión torácica externa como lo son: LUCAS® de la compañía Medtronic y LIFE BAND® de Zoll, los cuales son dispositivos de elevado costo, no incluyen la ventilación de vías respiratorias y son de baja eficiencia.

En consecuencia a todo lo anteriormente señalado nos lleva a preguntarnos: ¿se podría diseñar un dispositivo de bajo costo que sea anexado al botiquín de primeros auxilios para la simplificación de los procedimientos RCP básicos? En este anteproyecto se propone una posible respuesta a la anterior pregunta, aplicando nuestros conocimientos adquiridos en ingeniería mecánica durante el pregrado en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

¹ PINEDA, R. (2003). Reanimación cardio-pulmonar. En Cuidado crítico cardiovascular (pág. 256). Bogotá: SCC Oficina de Publicaciones.

² Dirección Centro Regulador de Urgencias y Emergencias, (2010). Manual del primer respondiente. Bogotá: Subdirección imprenta distrital D.D.D.I.

3. ESTADO DEL ARTE:

El "paro cardíaco súbito" ocurre cuando el corazón de una persona deja de latir de forma inesperada. La reanimación cardiopulmonar denominada RCP incluye la compresión torácica rítmica en la víctima de un paro cardíaco para simular la acción de bombeo del corazón. Este procedimiento puede mantener el fluido de la sangre a los órganos vitales de la víctima mientras el corazón no bombea. Se ha demostrado que la RCP mejora las posibilidades de que el corazón comience a latir nuevamente y el paciente sobreviva. Las máquinas se desarrollaron para asumir esta acción de bombeo torácico mediante un pistón automatizado o mecanismos similares a una banda. La teoría es que estas máquinas deben ser capaces de proporcionar una acción de bombeo más efectiva que los seres humanos ya que la máquina no hará pausas ni se cansará y proporcionará una presión y sincronización consistentes en cada compresión torácica. Algunos estudios preliminares que utilizaron estas máquinas han revelado que son fáciles de usar y pueden salvar a los pacientes que sufren un paro cardíaco.³

Los dispositivos aquí mencionados, son aparatos de uso no invasivo, de uso manual, mecánico y eléctrico diseñados y aplicados para los procedimientos RCP.

3.1. Dispositivos de compresión torácica:

Comúnmente llamados como dispositivos de compresión-descompresión activa (CDA), en el cual el dispositivo mecánico comprime y descomprime el tórax del paciente en una ubicación por encima del esternón. De estos tipos de dispositivos, sobresalen dos: **LUCAS®** y **LIFEBAND®**.

3.1.1. Dispositivo LUCAS:

LUCAS es un sistema de compresión torácica diseñado para practicar compresiones torácicas en pacientes adultos, en ambos entornos pre-hospitalario y hospitalario. Efectuar compresiones torácicas manuales adecuadas es muy difícil, la eficacia varía según el reanimador y empeora en el tiempo por la fatiga física que implica. LUCAS evita los problemas con los que se enfrentan los reanimadores durante el tratamiento de una parada cardíaca y proporciona

³Brooks S, Bigham B, Morrison L. Compresión torácica mecánica versus manual para el paro cardíaco. Cochrane Database of Systematic Reviews 2011 Issue 1. Art. No.: CD007260. DOI: 10.1002/14651858.CD007260

compresiones constantes y de calidad, de acuerdo con las recomendaciones, sin demoras ni interrupciones. LUCAS facilita la circulación sanguínea para el flujo de oxígeno a los órganos vitales, como el corazón y el cerebro, colaborando en la mejor recuperación del paciente. Cuando se intenta la resucitación de un paciente con parada cardíaca, el tiempo es uno de los factores más críticos. Se deben tomar una serie de medidas en el momento adecuado y en el orden correcto. Uno de los aspectos vitales de este proceso, las compresiones torácicas, debe realizarse en primera instancia. Dado que el dispositivo LUCAS realiza el trabajo de una persona, esta queda libre para concentrarse en otra serie de maniobras necesarias para la reanimación, mejorando así la eficacia en el tiempo⁴. En la figura 1, dispositivo LUCAS.

Figura 1. Dispositivo de compresión torácica LUCAS®



fuelle: LUCAS® instrucciones de uso

3.1.2. Dispositivo autopulse:

El dispositivo AutoPulse® de ZOLL® es una exclusiva y revolucionaria bomba de soporte cardíaco no invasiva que bombea más sangre de un modo más homogéneo de lo que sería posible con las manos. Este dispositivo fácil de utilizar y que funciona con baterías comprime completamente el tórax, distribuyendo la fuerza aplicada por medio de la correa LifeBand®. Como resultado, la víctima recibe compresiones homogéneas de gran calidad que administran un flujo sanguíneo mejorado.

⁴ JOLIFE. (2002). Manual del Usuario. En LUCAS Sistema de Compresión Torácica (pág. 40). Physio Control.

Asimismo, AutoPulse reduce al mínimo el tiempo durante el que no hay flujo. Además, permite a los socorristas practicar compresiones al mismo tiempo que realizan otras actividades para salvar la vida de la víctima o durante el traslado de ésta en camilla o ambulancia. De este modo, se eliminan las interrupciones que pueden provocar el descenso de la presión de perfusión coronaria. AutoPulse simplemente es una de la amplia línea de soluciones de reanimación diseñadas para ayudar a los socorristas a mejorar las prácticas y así salvar más vidas. **Figura 2**, Dispositivo LIFE BAND®.

Figura 2. Dispositivo LIFE BAND®



fuelle: Zoll user guide autopulse resuscitation

3.2. Dispositivo de ventilación manual (AMBU):

En sus siglas en inglés *air manual breathing urgency* que en castellano traduce: “aire manual para la ventilación de urgencia”, es un balón, válvula, mascarilla (BVM) que permite de forma manual introducir aire a través de la nariz y boca del paciente con una calidad de oxígeno entre el 18 y 20 %.⁵ Como el porcentaje de oxígeno es vital para el éxito del procedimiento, la mascarilla contiene un ducto y válvula para mezclar oxígeno al aire a inducir y así aumentar la cantidad de oxígeno entre el 50 %. (**Figura 3**).

⁵ Ayres, W. C. (2000). Tratado de medicina crítica y terapia intensiva. Philadelphia, Pennsylvania: editorial medica panamericana s.a.

Figura 3. Dispositivo de ventilación manual AMBU



fuelle: <http://personal.telefonica.terra.es/web/respiradores/ambu.htm>

3.3. Ventiladores mecánicos:

La ventilación mecánica es un tratamiento de soporte vital. Un ventilador mecánico es una máquina que ayuda a respirar a las personas cuando no son capaces de respirar lo suficiente por sí mismas. El ventilador mecánico también se denomina ventilador, respirador o máquina de respirar.

3.3.1. Modalidades ventilatorias convencionales:

- Ventilación asistida-Controlada. ACV.
- Ventilación mandatoria Intermitente Sincronizada. SIMV.
- Ventilación con Presión de Soporte. PSV.

3.3.2. Modalidades ventilatorias alternativas:

- Ventilación Controlada a Presión. PCV.
- Ventilación con relación I:E invertida.
- Hipercapnia permisiva.
- Ventilación mandatoria minuto. VMM.

- Ventilación con liberación de presión. APRV.
- Presión bifásica positiva en la vía aérea. BIPAP.
- Presión positiva continua en la vía aérea. CPAP
- Ventilación de alta frecuencia. HFV.

Figura 4. Ventilador mecánico.



Fuente: <http://www.surmedical.com/tienda/ventilador-mecnico>

3.4 Desfibrilador automático:

Aproximadamente un 50% de las personas que sufren un paro cardiaco presentan fibrilación ventricular (FV). Esta fibrilación aumenta con el tiempo, disminuyendo críticamente la posibilidad de supervivencia del paciente si se aplica en un tiempo mayor de 4 minutos⁶

La desfibrilación (DF) es el tratamiento de elección en caso de fibrilación ventricular (FV) o taquicardia ventricular sin pulso (TVSP) y la cardioversión (CV) es el tratamiento de las taquiarritmias con repercusión hemodinámica.

Ambas consisten en un choque eléctrico de alto voltaje, que provoca la despolarización simultánea de todas las células miocárdicas, brusca en la DF o sincronizada en la CV y permite así, recuperar los latidos espontáneos y coordinados del corazón (**figura 5**).

⁶ Ayres, W. C. (2000). Tratado de medicina crítica y terapia intensiva. Philadelphia, Pennsylvania: editorial medica panamericana s.a.

Figura 5. Desfibrilador automático



fuelle: <http://www.blogpress.com/category/desfibrilador/page/8/>

4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

En una resucitación cardio-pulmonar, se deben de seguir un conjunto de técnicas estandarizadas que aplicadas en orden correcto tienen la finalidad de resolver situaciones de paro cardio-respiratorio, y en el cual el primer respondiente debe de ofrecer la ayuda necesaria, cumpliendo de esta manera la obligación social como lo dice el artículo 95 de la constitución política de Colombia y el artículo 4 punto 6 del código nacional de policía.

Los delitos que se pueden cometer en primeros auxilios son:⁷

- Omisión del deber de socorro (en el fondo hablamos de insolidaridad para con la víctima).
- Omisión del deber de impedir un delito contra la vida, siempre que no haya riesgo propio o ajeno, o que cause grave daño a la persona, y omisión de denunciar esos

⁷ VV.AA. (2002). Asistencia Urgente Extrahospitalaria. Pamplona: EUNATE.

mismos delitos. También en este caso se está haciendo alusión a la solidaridad humana.

- Denegación de auxilio, si el socorrista fuera, además, un funcionario público, o un profesional, y se abstuviera de actuar sin causa justificada para ello, a pesar de haber sido requerido para ello.
- Delito de imprudencia, cuando al no poner la debida diligencia se causa un daño no intencionado (manipulación inadecuada de una víctima cuya valoración o circunstancias indican que puede sufrir una lesión de columna).
- Vulneración del deber de confidencialidad.

Por otra parte, los procedimientos a realizar no son del dominio común, ya que realizar un RCP requiere de conocimientos teórico-prácticos para su adecuada aplicación.

Son numerosos los pasos a realizar en un procedimiento RCP, el cual en una situación de pánico o de múltiples víctimas, estos procedimientos difícilmente serán aplicados si no existe personal calificado para atender la emergencia en los primeros instantes del suceso y antes de llegar asistencia médica al lugar.

Después de una investigación rigurosa hemos constatado que hasta la fecha no existe ningún tipo de instrumento, maquina o mecanismo que simplifique el procedimiento RCP básico, que sea de bajo costo, que realice compresiones torácicas y la ventilación del sistema respiratorio, limitando de esta manera la responsabilidad del ciudadano si está ante una situación PCR.

Como estudiantes aspirantes al título de ingeniero mecánico, nos vemos en la facultad de diseñar y fabricar un equipo de asistencia en procedimientos RCP en el cual, cualquier persona con o sin conocimiento de primeros auxilios pueda dar apoyo en situaciones donde se presente un paro cardio-respiratorio y no esté presente personal calificado en un tiempo menor a 10 minutos.

Figura 6. Recomendaciones para la aplicación de RCP

Componente	Recomendaciones		
	Adultos	Niños	Lactantes
Reconocimiento	No responde para todas las edades		
	No respira o no lo hace con normalidad, (es decir solo jadea / bloquea)	No respira o solo jadea / Bloquea	
	No se palpa pulso en 10 segundos para todas las edades solo (PS)		
Secuencia de RCP	C-A-B		
Frecuencia de compresión	Al menos 100/min		
Profundidad de las compresiones	Al menos 5 cm	Al menos 1/3 del diámetro ante posterior al menos 5 cm	Al menos 1/3 del diámetro ante posterior al menos 4 cm
Expansión de la pared torácica	Dejar que se expanda totalmente entre una compresión y otra. Los reanimadores deben turnarse en la aplicación de las compresiones cada 2 minutos		
Interrupción de las compresiones	Reducir al mínimo las interrupciones de las compresiones torácicas. Intentar que las interrupciones duren menos de 10 segundos		
Vía aérea	Inclinación de la cabeza y elevación del mentón (si el PS sospecha de traumatismos: Tracción mandibular)		
Relación compresión-ventilación (hasta que se coloque un dispositivo avanzado para la vía aérea)	30:2 1 o 2 reanimadores	30:2 Un solo reanimador 15:2 2 reanimadores PS	
Ventilaciones cuando el reanimador no tiene entrenamiento, o cuando lo tiene pero no es experto	Únicamente compresiones		
Ventilaciones con dispositivo avanzado para la vía aérea (PS)	Una ventilación cada 6 – 8 segundos (8 a 10 ventilaciones por minuto) De forma asíncrona con las compresiones torácicas, aproximadamente 1 segundo por ventilación. Elevación torácica visible		
Secuencia de desfibrilación	Conectar y utilizar el DFA en cuanto esté disponible. Minimizar las interrupciones de las compresiones torácicas antes y después de la descarga, reanudar la RCP inmediatamente al completar cada descarga		

Fuente: Dirección centro regulador de urgencias y emergencias, 2010 manual del primer respondiente

5. JUSTIFICACIÓN:

Al diseñar y fabricar un equipo de reanimación cardiopulmonar portátil, de bajo costo y de fácil uso, se busca solucionar los siguientes problemas detectados en estos procedimientos:

- Reducir el tiempo de intervención del primer respondiente en la víctima.
- Reducir el número de muertes a causa de RCP tardíos.
- Aumentar la posibilidad de supervivencia en caso de un PCR.
- Disminuir al mínimo la responsabilidad legal del primer respondiente por una RCP incorrecta.
- Permitir que cualquier sujeto este en capacidad de realizar un RCP sin necesidad de tener conocimiento en reanimaciones cardiopulmonares y primeros auxilios.
- Aumentar la esperanza de vida en pacientes con enfermedades cardiovasculares.
- Crear una oportunidad de negocio en la fabricación, venta y distribución del dispositivo.

5.1. Reducir el tiempo de intervención del primer respondiente en la víctima:

Cuando un accidente ocurre, el primer respondiente si no conoce el procedimiento RCP manual, es aconsejable solo asegurar a la víctima, llamar a la línea de emergencia y hablar con ella para determinar el estado de conciencia mientras llega la ayuda, pero como se ha señalado, en caso de un PCR (Paro cardiorrespiratorio) es necesario aplicar un RCP en un tiempo menor a 10 minutos ya que luego de este tiempo las posibilidades de sobrevivir caen dramáticamente por la muerte de las células por la falta de oxígeno en el sistema.⁸

5.2. Reducir el número de muertes a causa de RCP tardíos:

Si el procedimiento RCP se aplica en un tiempo menor de 10 minutos, existe un 80 % de posibilidad de éxito. A la vez, por cada minuto de retraso se pierde un 10 % de posibilidades de éxito. Consecuentemente, si se reduce el número de RCP realizados después de 10 minutos, el número de muertes anuales por PCR disminuirá aumentando de esta manera la esperanza de vida de población susceptible a problemas cardiacos.

⁸ PINEDA, R. (2003). Reanimación cardio-pulmonar. En Cuidado crítico cardiovascular (pág. 256). Bogotá: SCC Oficina de Publicaciones.

5.3. Aumentar la posibilidad de supervivencia en caso de un PCR:

Además de lo anteriormente expuesto, se ha demostrado que el éxito de una RCP está directamente correlacionada con la experiencia, conocimiento y habilidad del auxiliador⁹, por lo tanto, si se diseña un dispositivo que además de ubicar correctamente la sección torácica a comprimir, estandarice e indique la fuerza exacta a ejercer en tiempo real y la frecuencia del masaje cardiaco, que comprima la distancia exacta el pecho de la víctima, que suministre el volumen correcto con la calidad de oxígeno óptimo y en general que permita un RCP de alta calidad, probablemente se logre incrementar el porcentaje de éxito en caso de presentarse un PCR.

5.4. Disminuir al mínimo la responsabilidad legal del primer respondiente por una RCP incorrecta:

En caso de no dar ayuda al accidentado o persona que necesita de primeros auxilios o realizar algún procedimiento que agrave la situación de la víctima, se está incurriendo en un delito penal tal como se explica en el artículo 195 de la constitución política de Colombia y el artículo 4 del código nacional de policía. Si se diseña un dispositivo en cual solo se realicen movimientos con solo 3 grados de libertad, arriba y abajo para el masaje cardiaco, e izquierda y derecha para la respiración artificial, disminuirá en gran medida la responsabilidad del auxiliador y por lo tanto, menos personas se abstendrían de realizar un RCP por el temor a una mala aplicación y verse envuelto en situaciones de orden legal.

5.5. Permitir que cualquier sujeto este en capacidad de realizar un RCP sin necesidad de tener conocimiento en reanimaciones cardiopulmonares y primeros auxilios:

Consecuentemente a la idea anterior, si un RCP adecuado se realiza en tan solo 4 pasos fáciles de recordar, y este a la vez le esté retroalimentando información necesaria para realizar el correcto procedimiento, cualquier persona estaría en capacidad de realizar un RCP de calidad para preservar la vida de otras personas.

5.6. Aumentar la esperanza de vida en pacientes con enfermedades cardiovasculares:

Por todo lo anteriormente expuesto y además, que exista un dispositivo de RCP básico en cada botiquín; en el momento en que una persona sufra de repente un PCR, la rápida disponibilidad

⁹ JOLIFE. (2002). Manual del Usuario. En LUCAS Sistema de Compresión Torácica (pág. 40). Physio Control.

del equipo y el fácil uso permitirán la atención inmediata de la víctima con altas posibilidades de éxito.

5.7. Crear una oportunidad de negocio en la fabricación, venta y distribución del equipo:

En caso de tener éxito en todas las pruebas realizadas una vez fabricado el equipo, posteriormente ser avalado por la sociedad colombiana de cardiología, y además de ser fabricado a un bajo costo, existe la posibilidad de convertirse en un producto de consumo masivo, que sea exigido en un botiquín básico normalizado. De esta manera se creara oportunidades de negocio y empleo y así disminuir en algún grado la tasa de desempleo nacional.

6. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y fabricar un equipo de asistencia de procedimientos RCP básico de adultos en la asistencia urgente extra-hospitalaria.

6.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un mecanismo que facilite aplicar correctamente el masaje cardiaco.
- Diseñar un sistema de respiración artificial que permita la apertura y la ventilación de las vías aéreas de la víctima.
- Diseñar un mecanismo que limite los movimientos del primer respondiente a solo 3 grados de libertad.
- Fabricar el equipo.
- Evaluar el desempeño del equipo con asistencia profesional en un maniquí simulador de reanimación cardiopulmonar.

7. METODOLOGÍA

Para el diseño de los mecanismos adecuados, es necesario aplicar los principios, procedimientos y recomendaciones internacionalmente estandarizados por la “International Liaison Committee on Resuscitation” (ILCOR), los puntos a abordar son los siguientes de acuerdo a cada ítem.

7.1. Diseñar un mecanismo que facilite aplicar correctamente el masaje cardiaco:

- Determinar en qué situaciones es contraindicado aplicar un procedimiento RCP.
- Determinar la frecuencia idónea para un RCP.
- Determinar la profundidad óptima de las compresiones.
- Determinar la fuerza correcta en cada compresión.
- Determinar las dimensiones ergonómicas adecuadas.
- Determinar la ubicación, forma y dimensiones requeridas del palpador torácico, para la sustitución de las manos del reanimador.
- Diseñar el dispositivo pectoral a ubicar en el pecho del individuo.
- Calcular los esfuerzos y deformaciones requeridos.
- Selección de materiales.

7.2. Diseñar un sistema de respiración artificial que permita la apertura y la ventilación de las vías aéreas de la víctima:

- Determinar la relación compresión – ventilación adecuada.
- Determinar la frecuencia y número de ventilaciones adecuadas por cantidad de compresiones.
- Determinar el volumen y presión adecuada de aire a inducir en el paciente.
- Determinar la ergonomía correcta para la mascarilla.
- Calcular y dimensionar los ductos de aire.
- Diseñar la mascarilla, ductos y conexiones del sistema de ventilación.
- Selección de materiales.

7.3. Diseñar un mecanismo que limite los movimientos del primer respondiente a solo 3 grados de libertad: (usando los datos recopilados anteriormente)

- Diseño del mecanismo compresor de aire-masajeador cardiaco de tres grados de libertad (arriba – abajo) que permita acumular parte de la energía usada en los masajes cardiacos, en comprimir el aire necesario para la respiración artificial.
- Selección de la válvula para la inhalación y exhalación de aire.
- Selección del regulador de presión requerido.
- Calcular el tamaño y dimensiones requeridas para el acumulador de aire.
- Calculo de esfuerzos y deformaciones.

- Selección de materiales.

7.4. Fabricar el equipo:

- Seleccionar los procesos más convenientes a bajo costo.
- Realizar gamas de fabricación.
- Fabricar los componentes.
- Instalación.
- Prueba de funcionamiento.

7.5. Evaluar el desempeño del equipo con asistencia profesional en un maniquí simulador de reanimación cardiopulmonar:

Los siguientes ítems serán desarrollados con la asesoría y asistencia de personal especializado en cardiología y primeros auxilios.

- Diseñar un test de prueba para el desempeño del dispositivo.
- Experimentar el funcionamiento del dispositivo en un maniquí simulador RCP.
- Recopilar datos.
- Realizar informe de acuerdo a la opinión de los especialistas.

8. MARCO TEÓRICO:

8.1. Balance de presiones:

Por convenio en el aparato respiratorio las presiones se miden tomando como referencia la presión atmosférica. Una presión será negativa cuando sea menor de 760 mmHg y positiva si es mayor.

8.2. La fuerza de retroceso elástica del pulmón:

La disposición de los alveolos y la presencia de elastina en su estructura les confieren propiedades semejantes a las de un resorte regido por la ley de Hooke:

$$F = -k\Delta x$$

8.3. La tensión superficial de la interface aire líquido:

Cuando el alvéolo se expande con aire se genera una fuerza de tensión superficial que se opone al desplazamiento y que debe ser compensada por la presión de acuerdo con la ley de Laplace.

$$P = \frac{2F}{r}$$

8.4 La resistencia al flujo:

Durante el movimiento pulmonar (condiciones dinámicas) la presión debe compensar también la resistencia al flujo.

$$\Delta P = \frac{V \cdot 8\eta l}{\pi r^4}$$

8.5. Propiedades mecánicas del hueso

8.5.1 Morfología:

Los huesos están compuestos en un medio poroso saturado cuyas fases son un armazón rígido (matriz ósea) y un fluido viscoso (medula ósea). A su vez la matriz ósea se puede presentar en dos diferentes arreglos estructurales: hueso cortical o compacto (**figura 6**) y hueso trabecular o esponjoso (**figura 7**).

Figura 6. Hueso compacto

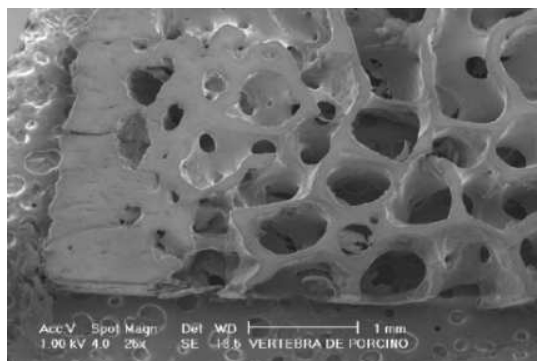
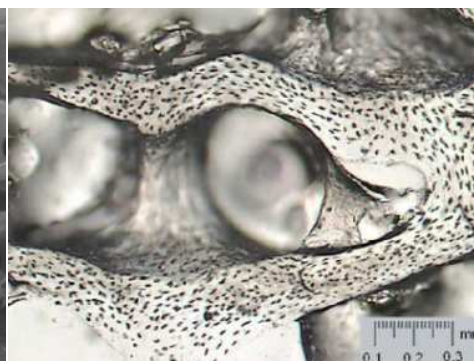


Figura 7. Hueso esponjoso



Fuente: S.M. Cerrud, M.N. (2005) modelamiento del comportamiento mecánico del hueso pg 224

8.5.2 Composición química:

El hueso se compone en un 65 % de minerales y un 35% de matriz orgánica, células y agua. La matriz ósea rígida abarca el 90% del volumen del tejido y el resto es ocupado por células,

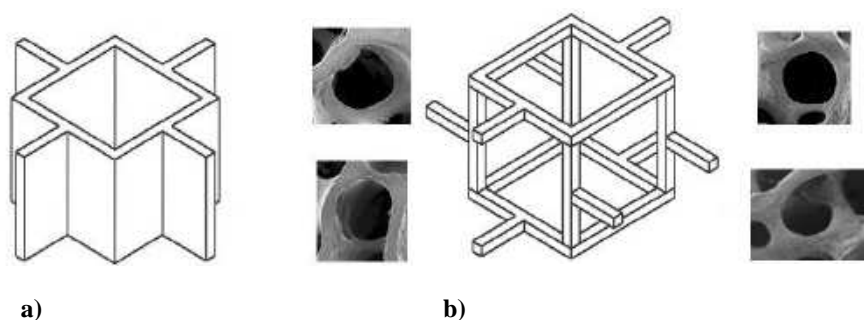
mecanismos celulares y vasos sanguíneos. La matriz orgánica se compone de un 90 % de colágeno y el resto en diversas proteínas. El mineral más abundante es la hidroxiapatita en forma de cristales que presentan impurezas como carbonatos, citratos, magnesio, flúor y estroncio incorporados en los bordes o en la superficie de los cristales.

8.5.3. Caracterización mecánica:

La curva de esfuerzo Vs deformación de un ensayo en un hueso esponjoso revela que su comportamiento es típico de un material celular¹⁰. Se han desarrollado modelos que idealizan la estructura del hueso esponjoso como un arreglo de celdas de diferentes geometrías formadas por placas y barras.

La geometría de la celda puede ir desde cubos hasta prismas hexagonales (**figuras 12 y 13**). Estas geometrías dependen del sitio anatómico que se pretende modelar, ya que el hueso esponjoso presenta arreglos fuertemente influenciados por la distribución de esfuerzos, dichos arreglos se han generado a partir del proceso evolutivo como solución a un problema de optimización de la función mecánica.¹⁷

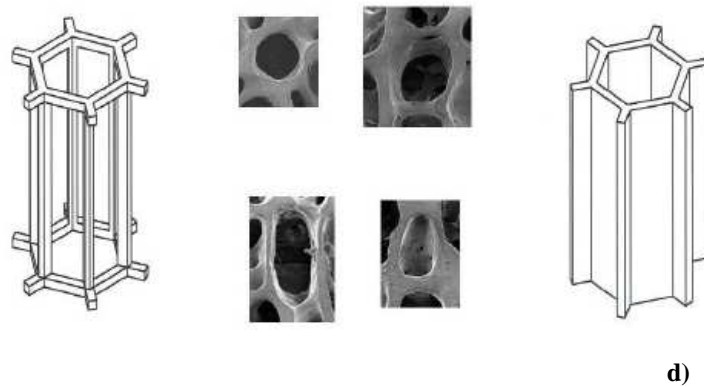
Figura 10. Comparación de modelos micromecánicos cúbicos, cubico de celda cerrada (a) y cubico de celda abierta (b) con estructuras reales en el hueso esponjoso.



Fuente: Ibid pg 225

Figura 11. Comparación de modelos micromecánicos cúbicos, hexagonales de celda abierta c) y hexagonal de celda cerrada d) con estructuras reales del hueso esponjoso

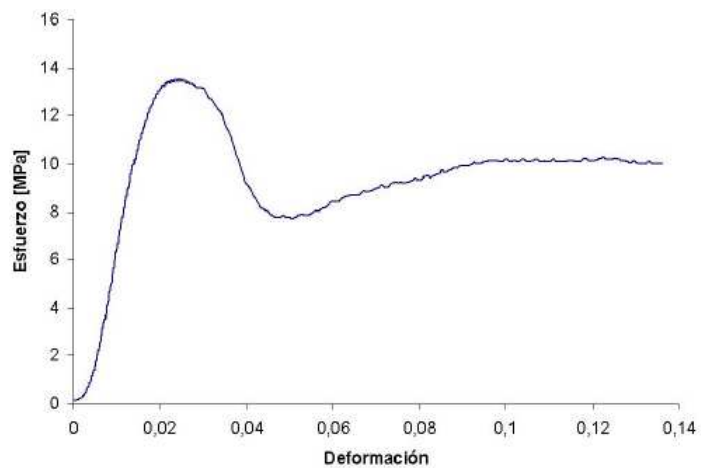
¹⁰ GIBSON, L. J. (1985). The mechanical behaviour of cancellous bone. Journal of biomechanics (18), 317 - 328.



Fuente: *Ibid* pg 226

En la curva de esfuerzo deformación obtenida en un ensayo de compresión se definió una región elástica desde un 0.75% de deformación hasta un 1.75% con un coeficiente de determinación de 0.9885. (**Figura 14**).

Figura 14. Curva σ Vs ϵ de una muestra de hueso esponjoso de porcino en un ensayo de compresión.



Fuente: *Ibid*, pg 228

8.3. Ley de hooke:

La Ley de Hooke describe fenómenos elásticos como los que exhiben los resortes. Esta ley afirma que la deformación elástica que sufre un cuerpo es proporcional a la fuerza que produce tal de formación, siempre y cuando no se sobrepase el límite de elasticidad.

$$F = k \Delta x$$

8.4 Presión:

Magnitud física que mide la fuerza por unidad de superficie.

$$P = \frac{F}{A}$$

8.5 Velocidad:

Variación de la posición de un objeto con respecto al tiempo.

$$V = \frac{L}{t}$$

8.6 Densidad:

Magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

8.7 Viscosidad dinámica:

Magnitud física que mide la resistencia interna al flujo de un fluido.

$$\eta = \frac{FL}{vA}$$

8.8 Viscosidad cinemática:

Cociente entre la viscosidad dinámica y la densidad del fluido en cuestión.

$$v = \frac{\eta}{\rho}$$

8.9 Caudal:

Cantidad de fluido que pasa a través de una sección de área por una unidad de tiempo.

$$Q = Av$$

8.10. Energía de flujo:

Es la cantidad de trabajo necesario para mover el elemento de fluido a través de cierta sección contra la presión "P".

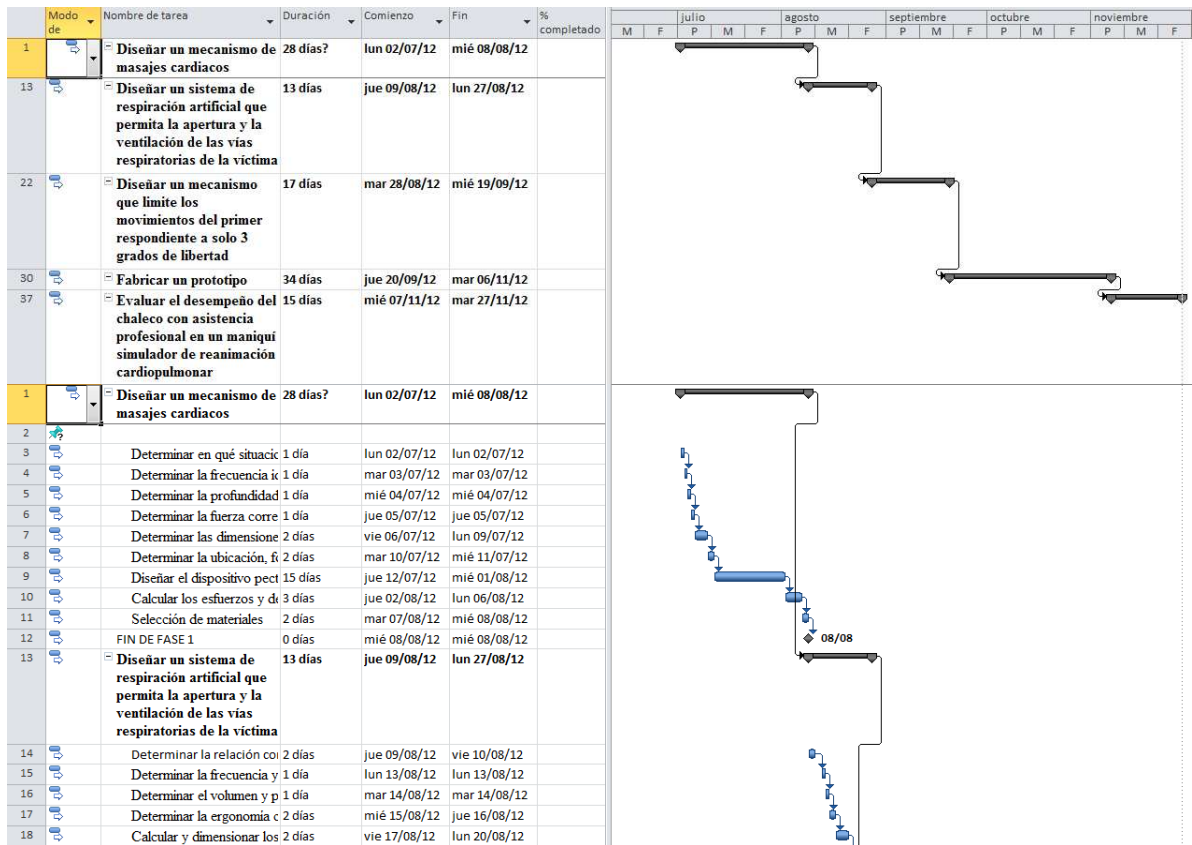
$$EF = \frac{wP}{\gamma}$$

8.4.11. Numero de Reynolds:

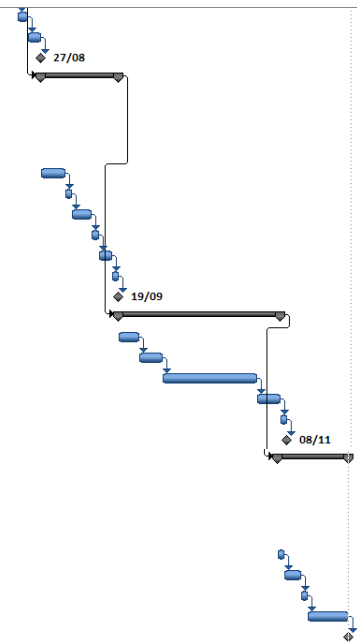
El comportamiento de un fluido, en particular en lo que se refiere a las pérdidas de energía, depende de que el flujo sea laminar o turbulento. El numero Reynolds es uno de varios números adimensionales, útiles en el estudio de la mecánica de fluidos y transferencia de calor.

$$N_R = \frac{VD\rho}{\eta}$$

9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:



19		Diseñar la mascarilla, duct	3 días	mar 21/08/12	jue 23/08/12
20		Selección de materiales	2 días	vie 24/08/12	lun 27/08/12
21		FIN DE FASE 2	0 días	lun 27/08/12	lun 27/08/12
22		Diseñar un mecanismo que limite los movimientos del primer respringente a solo 3 grados de libertad	17 días	mar 28/08/12	mié 19/09/12
23		Diseño del mecanismo con	5 días	mar 28/08/12	lun 03/09/12
24		Selección de la válvula para	2 días	mar 04/09/12	mié 05/09/12
25		Selección del regulador de	4 días	jue 06/09/12	mar 11/09/12
26		Calcular el tamaño y dime	2 días	mié 12/09/12	jue 13/09/12
27		Calculo de esfuerzos y del	2 días	vie 14/09/12	lun 17/09/12
28		Selección de materiales	2 días	mar 18/09/12	mié 19/09/12
29		FIN DE FASE 3	0 días	mié 19/09/12	mié 19/09/12
30		Fabricar un prototipo	34 días	jue 20/09/12	mar 06/11/12
31		Seleccionar los procesos de	4 días	jue 20/09/12	mar 25/09/12
32		Realizar gamas de fabrica	5 días	mié 26/09/12	mar 02/10/12
33		Fabricar los componentes	20 días	mié 03/10/12	mar 30/10/12
34		Instalación	5 días	mié 31/10/12	mar 06/11/12
35		Prueba de funcionamiento	2 días	mié 07/11/12	jue 08/11/12
36		FIN DE LA FASE 4	0 días	jue 08/11/12	jue 08/11/12
37		Evaluar el desempeño del chaleco con asistencia profesional en un maniquí simulador de reanimación cardiopulmonar	15 días	mié 07/11/12	mar 27/11/12
38		Diseñar un test de prueba	2 días	mié 07/11/12	jue 08/11/12
39		Experimentar el funciona	3 días	vie 09/11/12	mar 13/11/12
40		Recopilar datos	2 días	mié 14/11/12	jue 15/11/12
41		Realizar informe de acuer	8 días	vie 16/11/12	mar 27/11/12
42		FIN DE FASE 5	0 días	mar 27/11/12	mar 27/11/12



10. PRESUPUESTO

Presupuesto General Proyecto			
Duración estimada en meses		5	
Semanas		21	
Descripción		Costo asociado	Fuentes de financiación
Recurso Humano Asociado		\$ 16.653.000	
2	Autores del proyecto	\$ 13.104.000	Personal
1	Director o tutor (interno)	\$ 2.730.000	
1	Director o tutor (externo)	\$ -	Institucional
1	Profesor (responsable interno)	\$ -	
1	Apoyo técnico	\$ 819.000	Personal
0	Apoyo administrativo	\$ -	
0	Asesor	\$ -	
Software o equipo de apoyo		\$ 160.000	Personal
Gastos Generales		\$ 265.000	Personal
Diseño Prototipo		\$ 325.000	Personal
Condiciones específicas		\$ -	
Subtotal		\$ 17.403.000	
15%	Imprevistos	\$ 2.610.450	

Total presupuestado	\$ 20.013.450
----------------------------	---------------

Descripción	Cantidad de personas	Dedicación semanal	Valor Hora	Costo personal
	Número	Horas	Pesos	Pesos
Autores del proyecto	2	20	\$ 12.000	\$ 10.080.000
Director o tutor (interno)	1	2	\$ 50.000	\$ 2.100.000
Director o tutor (externo)	1	1	\$ 0	\$ 0
Profesor (responsable interno)	1	0,5	\$ 0	\$ 0
Apoyo técnico	1	2	\$ 15.000	\$ 630.000
Apoyo administrativo				\$ 0
Asesor				\$ 0
				\$ 12.810.000
Carga Prestacional			30,00%	\$ 3.843.000
				\$ 16.653.000

Prototipo	Detalle	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Total
Material 1	Plástico	gramos	2000	\$ 50	\$ 100.000
Material 2	Tela	metros	3	\$ 8.000	\$ 24.000
Material 3	Válvulas	Unidad	2	\$ 20.000	\$ 40.000
Material 4	Bomba	Unidad	1	\$ 50.000	\$ 50.000
Material 5	Careta	Unidad	1	\$ 25.000	\$ 25.000
Material 6	Manguera	metros	2	\$ 3.000	\$ 6.000
Material 7	Mano de obra	Horas	10	\$ 6.000	\$ 60.000
Material 8	Acero	Kilogramos	2	\$ 10.000	\$ 20.000
General Prototipo					\$ 325.000
Generales	Detalle	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Total
Fotocopias	Investigación	Unidad	250	\$ 50	\$ 12.500
Libros	Investigación	Unidad	7	\$ -	\$ -
Planos	Para diseño del prototipo	Unidad	70	\$ -	\$ -
Horas de taller	Fabricación piezas prototipo	Horas	8	\$ 15.000	\$ 120.000
Horas de laboratorio	Pruebas prototipo	Horas	4	\$ 10.000	\$ 40.000
Impresión de planos	Planos prototipo	Unidad	70	\$ 300	\$ 21.000
Impresión documentos	De consulta y del proyecto	Unidad	250	\$ 50	\$ 12.500
Suministros de oficina	Papelería-suministros en general	Unidad	1	\$ 30.000	\$ 30.000
Transportes	Laboratorio y taller	Unidad	20	\$ 1.450	\$ 29.000
Gastos Generales asociados al proyecto					\$ 265.000
Software	Detalle	Costo referencia	% Uso	Costo Uso	Total
Licencia 1			1%	\$ -	\$ -
Licencia 2			1%	\$ -	\$ -
Licencia 3			1%	\$ -	\$ -
Licencia 4			1%	\$ -	\$ -
Licencia 5			1%	\$ -	\$ -
Digitación 1			100%	\$ -	\$ -
Digitación 2			100%	\$ -	\$ -
Computador	Digitación, planos	\$ 12.000	100%	\$ 12.000	\$ 60.000
Suministros de computador			100%	\$ -	\$ -
Internet	Investigación	\$ 25.000	80%	\$ 20.000	\$ 100.000
Costos de licencias, conexión y computador					\$ 160.000

11. BIBLIOGRAFÍA

- A.J HANDLEY, K. M. (1998). *European Resuscitation Council Guidelines For Adult Single Rescuer Basic Support*. Colchester UK.
- Ayres, W. C. (2000). *Tratado de medicina crítica y terapia intensiva*. Philadelphia, Pennsylvania: editorial medica panamericana s.a.
- CANET J. (s.f.). Fisiología Respiratoria. En *Fisiología Respiratoria*.
- Cardiopulmonar, C. E. (2005). *Recomendaciones 2005 en Resucitación Cardiopulmonar del European Resuscitation Council*.
- Codesido, J. R. (2007). Reanimación cardiopulmonar extrahospitalaria: ¿dónde estamos?
- Coma-Canella, I. (1999). Guías de actuación clínica de la Sociedad. *Revista Española de Cardiología*.
- Dirección Centro Regulador de Urgencias y Emergencias, (. (2010). *Manual del primer respondiente*. Bogotá: Subdirección imprenta distrital D.D.D.I.
- Gámiz, D. A. (2001). Sobrevida en reanimación cardiopulmonar. *Revista de la Asociación Mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva*.
- GIBSON, L. J. (1985). The mechanical behaviour of cancellous bone. *Journal of biomechanics*(18), 317 - 328.
- Huerta-Torrijos, D. J. (2001). Reanimación cardiopulmonar y cerebral. Historia y desarrollo. *Revista de la Asociación Mexicana de medicina crítica y terapia intensiva*.
- ILCOR. (2005). *The International Liaison Committe on Resuscitation (ILCOR)*. Elseiver.
- J. Grasa, L. G. (2008). Caracterizacion mecanica de las propiedades del tejido oseó cortical. *Anales de mecanica de la fractura*, 1, 25.
- JC, M. H. (1998). Resucitacion cardiopulmonar basica y avanzada. En *compendio de terapeutica* (págs. 208 - 224). Acta medica Colombiana tercera edicion.
- JOLIFE. (2002). Manual del Usuario. En *LUCAS Sistema de Compresión Torácica* (pág. 40). Physio Control.
- Moody, L. (s.f.). Diagrama de Moody. En R. L. Mott, *Mecanica de fluidos*.
- PINEDA, R. (2003). Reanimación cardio-pulmonar. En *Cuidado crítico cardiovascular* (pág. 256). Bogotá: SCC Oficina de Publicaciones.
- S.M. Cerrud, M. N. (2005). Modelamiento del comportamiento mecanico del hueso. *Ingenieria mecanica, tecnologia y desarrollo*, 1(006), 223 - 232.

Steven C Brooks, B. L. (2011). *Compresión torácica mecánica versus manual para el paro cardíaco*.

VV.AA. (2002). *Asistencia Urgente Extrahospitalaria*. Pamplona: EUNATE.

WEST, J. (s.f.). *Mechanics of breathing*. Lippincott Williams & Wilkins.

X Alegria, W. O. (s.f.). *Monitorización de gráfica pulmonar durante la ventilación mecánica*. Santiago de Chile: Hospital Santiago Oriente.