



**ANTEPROYECTO**

**CÁPSULA DE REHABILITACIÓN BACTERIOFÁGICA FASE II**

**JESICA LICETH TALERO MALDONADO  
IVETTE JOHANA PEÑA CRUZ**

**UNIVERSIDAD ECCI  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
COORDINACIÓN DE INGENIERÍA BIOMÉDICA  
BOGOTÁ, D.C.  
2017**



**ANTEPROYECTO**

**CÁPSULA DE REHABILITACIÓN BACTERIOFÁGICA FASE II**

**JESICA LICETH TALERO MALDONADO  
IVETTE JOHANA PEÑA CRUZ**

**Informe de proyecto del trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en  
Electromedicina**

**Asesor: Ricardo Jaramillo Díaz  
Ingeniero biomédico**

**UNIVERSIDAD ECCI  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
COORDINACIÓN DE INGENIERÍA BIOMÉDICA  
BOGOTÁ, D.C.  
2017**

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	6
INTRODUCCIÓN .....	7
GLOSARIO .....	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
1.1. FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA PROBLEMA .....	11
2. JUSTIFICACIÓN .....	12
3. HIPÓTESIS .....	13
4. OBJETIVOS .....	14
4.1. OBJETIVO GENERAL .....	14
4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
5. MARCO DE REFERENCIA .....	15
5.1 MARCO CONCEPTUAL .....	15
5.1.1 Amputación .....	15
5.1.2 Niveles de amputación:.....	17
5.1.3 Propiocepción .....	18
5.1.4 Nocicepción.....	19
5.1.5 Patologías que pueden generar amputaciones .....	20
5.1.6 Hidrogeles .....	25
5.1.7 Líquido amniótico .....	27
5.1.8 Anticuerpo monoclonal CD31 .....	28
5.1.9 Anticuerpo monoclonal CD34.....	28
5.2 MARCO TEORICO .....	29
5.2.1 Teoría de bifurcación.....	29
5.2.2 Bacteriófagos .....	29
5.2.3 Tratamientos actuales .....	35
5.2.4 Equipos y sistemas de tratamiento.....	38
5.2.5 Elementos para monitoreo y rehabilitación .....	40
5.2.6 Hardware y Software.....	43
5.3 MARCO LEGAL.....	47
5.3.1 Normativa para caracterización de personas con discapacidad .....	47
5.3.2 Normativa equipos biomédicos .....	50
6. METODOLOGÍA.....	52
7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	55
8. RESULTADOS ESPERADOS .....	56
9. CONCLUSIONES.....	57
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	59
ANEXOS.....	64

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Consecuencias de las amputaciones</i> .....	11
<i>Figura 2. Miembro inferior amputado</i> .....	15
<i>Figura 3. Amputación traumática miembro inferior Izquierdo</i> .....	16
<i>Figura 4. Amputación quirúrgica de miembro inferior por enfermedad arterial periférica..</i>	16
<i>Figura 5. Niveles de amputación</i> .....	17
<i>Figura 6. Hiperglucemia</i> .....	20
<i>Figura 7. Tipos de Diabetes</i> .....	21
<i>Figura 8. Criterios de diagnóstico de la diabetes</i> .....	22
<i>Figura 9. Gangrena Seca</i> .....	23
<i>Figura 10. Gangrena Húmeda</i> .....	23
<i>Figura 11. Gangrena Gaseosa</i> .....	24
<i>Figura 12. Sepsis</i> .....	25
<i>Figura 13. Esquema de liberación de fármaco a través de un Hidrogel</i> .....	26
<i>Figura 14. Clasificación de hidrogeles</i> .....	26
<i>Figura 15. Hidrogel con fibrina y propiedades de líquido amniótico</i> .....	28
<i>Figura 16. Punto de bifurcación</i> .....	29
<i>Figura 17. Estructura de un Bacteriófago</i> .....	30
<i>Figura 18. Bacteria E. Coli</i> .....	31
<i>Figura 19. Ciclo Lítico</i> .....	32
<i>Figura 20. Ciclo Liso-génico</i> .....	33
<i>Figura 21. Cámara Hiperbárica</i> .....	35
<i>Figura 22. VAC</i> .....	36
<i>Figura 23. CPFA</i> .....	37
<i>Figura 24. Máquina extracorpórea</i> .....	39
<i>Figura 25. Electromiografía</i> .....	40
<i>Figura 26. Electroneurografía</i> .....	41
<i>Figura 27. Presión arterial invasiva</i> .....	43
<i>Figura 28. Sistema programable en chip</i> .....	44
<i>Figura 29. FPGA</i> .....	44
<i>Figura 30. Placa de arduino</i> .....	45
<i>Figura 31. Placa Raspberry</i> .....	45
<i>Figura 32. Matlab</i> .....	46
<i>Figura 33. Clasificación de dispositivos médicos por riesgo</i> .....	51
<i>Figura 34. Metodología de la investigación</i> .....	52
<i>Figura 35. Esquema de funcionamiento de la propuesta</i> .....	54
<i>Figura 36. Cronograma de actividades</i> .....	55

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Instituciones de Investigación dedicadas a estudiar Bacteriófagos .....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 2. Antibióticos utilizados para tratar infecciones.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 3. Registro y estimulación distal y proximal.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 4. Amputaciones en extremidades superiores.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 5. Amputaciones en extremidades inferiores.....</i>	<i>50</i>

## CÁPSULA DE REHABILITACIÓN BACTERIOFÁGICA FASE II

### RESUMEN

La amputación es un proceso quirúrgico altamente invasivo de solución final ante una potencial infección multiorgánica involutiva, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de acuerdo al área de residencia, sexo, según estructuras o funciones corporales; presentan alteraciones en el movimiento del cuerpo, manos, brazos, piernas una cifra total de 413.269 Colombianos (Hombres: 194.187 y Mujeres: 219.082) (DANE, 2010)(anexo1). Actualmente el uso de antibióticos de alto espectro, oxígeno hiperbárico y el vacío asistido por control permiten un proceso antimicrobiano y un tratamiento en construcción con efectos secundarios y adversos. Sin embargo, a través de investigaciones, se plantea un sistema inter-operativo de filtrado citaferico y plasmaferico, de aislamiento extracorpóreo, reconexión y censado neuromuscular y de tratamiento bacteriófago que involucra la complejidad anatomopatológica. Se recopiló información de los equipos: bomba de infusión, maquina extracorpórea, equipo de citaferesis y plasmaféresis, electromiógrafo, electroneurografo, monitor de signos vitales; sistemas embebidos; ciclo infectivo de T4, anticuerpos monoclonales CD31, CD34; propiocepción, nocicepción, modelo de bifurcación neurológico, hidrogeles y técnicas de tratamiento de infecciones. En términos generales se busca incorporar tecnologías en un solo equipo para la depuración de tejido necrótico y regeneración en el área de infección por sincronía sistémica aumentando la probabilidad de éxito en el tratamiento, propiciando la reducción de afectación por enfermedades neurológicas e infecciosas que desencadenan en amputaciones.

### Palabras Clave

Amputación, bacteriófagos, rehabilitación, infecciones, tratamiento, regeneración.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente los tratamientos médicos e instrumentos utilizados para tratar infecciones severas son limitados ya que ante la complicación de una patología infecciosa se administran antibióticos de alto espectro, tratamientos con oxígeno hiperbárico y vacío asistido por control que en ocasiones no son efectivos. Debido a que el riesgo de expansión de la infección es un factor determinante en la mayoría de los casos se realiza una amputación la cual consiste en cortar y separar una parte u miembro del cuerpo, este procedimiento quirúrgico es definitivo e irreversible y genera secuelas físicas y psicológicas afectando directamente la calidad de vida del paciente. Adicionalmente la aparición del síndrome de miembro fantasma afecta al 80% de la población de amputados (MALAVERA, 2013), este efecto secundario es caracterizado por sensaciones dolorosas, hormigueo, entumecimiento; afectando los sentidos de nocicepción y propiocepción; dichas amputaciones de miembros superiores e inferiores son generadas por la complicación de patologías como gangrena, diabetes, septicemia, polineuropatía e incluso accidentes traumáticos que dan paso al desprendimiento parcial del miembro; de esta forma la amputación es un proceso destructivo que limita las capacidades motoras y sensitivas del paciente afectando diversos ámbitos de su vida: personal, familiar y laboral.

Ante esta problemática, con la propuesta de investigación se pretende evitar las amputaciones, teniendo en cuenta el conocimiento de los equipos biomédicos, anatomía y fisiología del cuerpo humano se busca desarrollar una solución que integre diversas tecnologías con sistemas de control en tiempo real que mantengan el monitoreo constante del paciente permitiendo mejorar las actuales técnicas médicas.

En la metodología utilizada se realizaron una serie de investigaciones documentales orientadas a consecuencias de las amputaciones, cifras actuales, funcionamiento de equipos a integrar en la capsula de rehabilitación añadiendo el uso de un hidrogel como elemento innovador para la fase II dado que anteriormente se había planteado una fase I (Anexo 2) en la que se proponía un prototipo de características físicas diferentes.

En la fase II por medio bacteriófagos suspendidos en un hidrogel con propiedades químicas del líquido amniótico se propone un equipo de tratamiento y rehabilitación que brinde una solución efectiva a las personas que actualmente sufren de una enfermedad o traumatismo que pueda conllevar a una infección severa; desarrollando un prototipo útil en el campo de la ingeniería biomédica.

## GLOSARIO

**Amputación:** Acción y efecto de amputar, cortar y separar enteramente del cuerpo un miembro o una porción de él. (RAE, 2017)

**Bacteriófagos:** De bacteria y fago, Virus que infecta las bacterias. (RAE, 2017)

**Bifurcación:** División de una cosa en dos ramas, brazos o puntas; como la bifurcación traqueal o división distal de la tráquea en bronquios derecho e izquierdo. (ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA COLOMBIANA, 2017)

**Citaferesis:** Procedimiento de aféresis destinado a la obtención de un componente sanguíneo celular, como los hematíes, los leucocitos o las plaquetas. (UNIVERSIDAD DE SALAMANCA, 2017)

**CPFA:** Filtración y adsorción de plasma acoplado, terapia extracorpórea de purificación de la sangre para la sepsis absorbiendo mediadores pro inflamatorios y antiinflamatorios de plasma filtrado. (RIZNA, 2013)

**Diabetes:** Afección crónica que se produce cuando se generan niveles elevados de glucosa en sangre debido a que el organismo deja de producir o no produce suficiente cantidad de la hormona insulina o no logra utilizarla de forma eficaz. (IDF, 2017)

**Hidrogel:** Tipo de material de base polimérica caracterizado por su capacidad de absorber agua y diferentes fluidos. (ESCOBAR J, 2002)

**Plasmaféresis:** Procedimiento extracorpóreo en el cual se extrae sangre del paciente con la finalidad de filtrarla y separarla en sus componentes de plasma y demás elementos celulares, con la finalidad de remover elementos del plasma considerados mediadores en procesos patológicos. (RESTREPO C, 2009)

**Polineuropatía:** Pérdida sensitiva, debilidad muscular a causa de enfermedad en nervios periféricos. (FIGUEROA, 2017)

**Septicemia:** Infección generalizada producida por la presencia en la sangre de microorganismos patógenos o de sus toxinas. (RAE, 2017)

**VAC:** Sistema de cierre asistido por vacío en heridas complejas, no invasivo basado en la aplicación de presiones negativas fomentando la cicatrización y eliminando el exceso de fluidos. (JIMENEZ, 2010)



**Anasarca:** Es una excesiva acumulación de líquido en el espacio intersticial que genera un edema. (CLINICA UNIVERSIDAD DE NAVARRA, 2017)

**LCR:** Es una sustancia clara e incolora que protege el encéfalo y la médula espinal del daño físico y químico. También transporta oxígeno y glucosa desde la sangre hasta las neuronas (TORTORA, 2006) .El LCR circula continuamente a través de las cavidades del encéfalo y de la médula en un espacio denominado subaracnoideo .Tanto a nivel cerebral como a nivel espinal, este espacio se encuentra entre las meninges Aracnoides y Piamadre. Este líquido es producido en su mayoría por los plexos coroideos y tiene una vida media aproximada de 3 horas.

**Esplenectomía:** cirugía para extraer un bazo dañado o enfermo, el bazo se encuentra en la parte superior del abdomen, sobre el lado izquierdo por debajo de la parrilla costal. El bazo le ayuda al cuerpo a combatir los gérmenes y las infecciones. También ayuda a filtrar la sangre. (PLUS, 2017)

**Lanugo:** Vello fino del cuerpo del feto o recién nacido, que desaparece normalmente poco después del nacimiento. (ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA COLOMBIANA, 2017)

**Angiogénesis:** Es la formación de vasos sanguíneos, la angiogénesis tumoral corresponde a crecimiento excesivo e vasos sanguíneos formando tumores descargando productos químicos y actuando como célula huésped. (NIH, 2017)

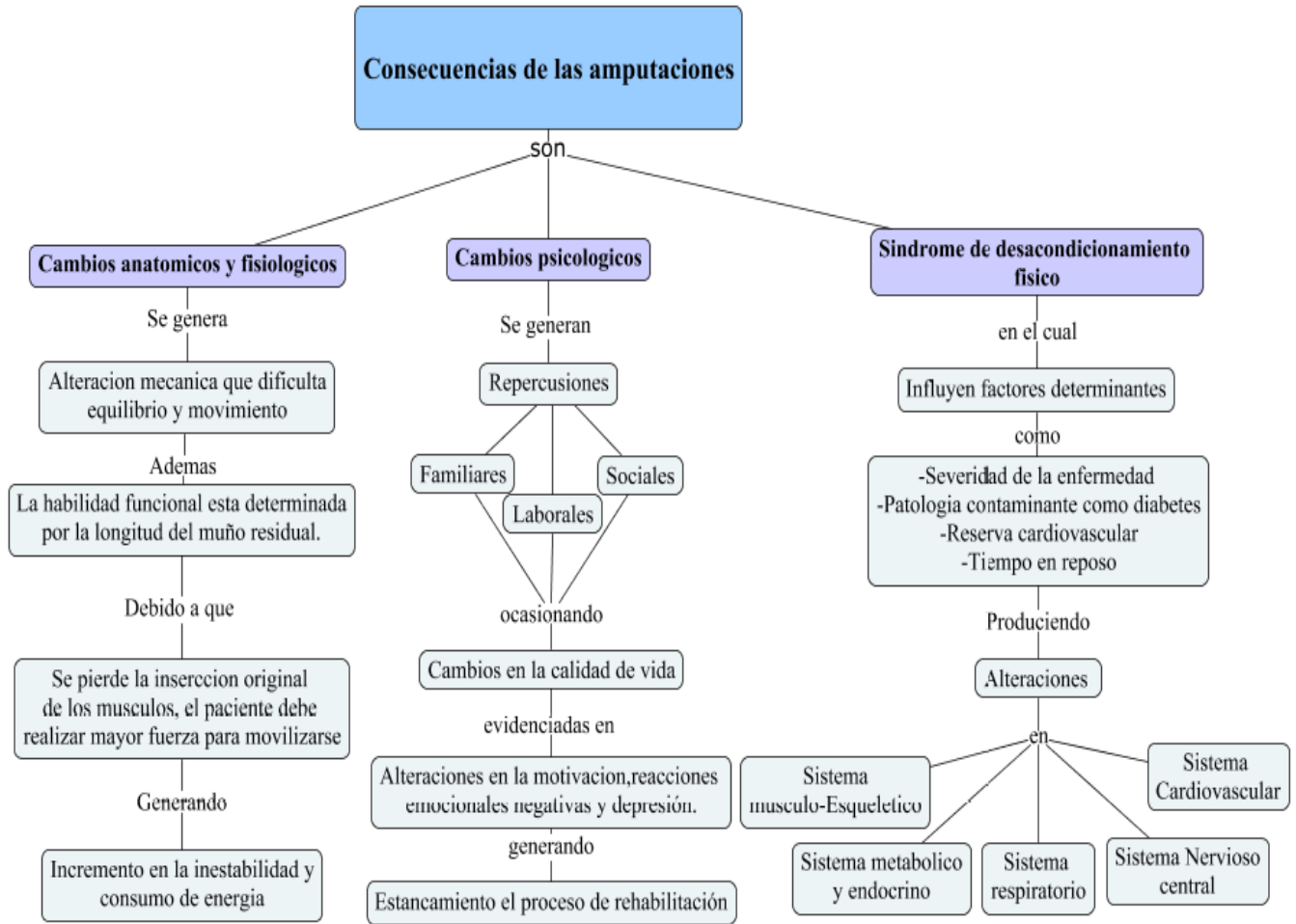
## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las amputaciones implican un proceso quirúrgico traumático mediante el cual se lleva a cabo la resección completa y definitiva de una parte o totalidad de una extremidad, lo que genera modificaciones en diversos sistemas: anatómico, fisiológico, funcional, psicológico e implicaciones en movimiento y desempeño corporal. (OCAMPO M, 2010)

Las amputaciones tienen una serie de consecuencias como la aparición del síndrome de des acondicionamiento físico caracterizado por el deterioro metabólico y sistémico a causa de la inmovilización por un tiempo prolongado ocasionando deficiencias, sobreesfuerzo cardíaco, anasarca y el síndrome de miembro fantasma , cuya aparición genera fuertes dolores, hormigueo, entumecimiento asociados a la sensación de que el miembro aun hace parte del cuerpo ; las causas más comunes de amputación son: traumatismos e infecciones severas que en muchos casos son causadas por la complicación de patologías clínicas como gangrena, septicemia, diabetes, poli-neuropatías.

De acuerdo a la Asociación colombiana de medicina física y rehabilitación se estima que se presentan de 200 a 300 amputaciones cada 100 mil habitantes, también cifras recopiladas en el 2013 por la federación internacional de diabetes indican que Colombia es el segundo país con mayor número de diabéticos en la región de centro y Sudamérica , y entre un 7.4-9.4 % de la población adulta ha sido diagnosticada con diabetes presentando consecuencias u alteraciones en nervios, problemas circulatorios, aparición de úlceras, entre otros (FERNANDEZ, 2006); cuando los cuadros clínicos de los pacientes empeoran y se presentan infecciones que comprometen la vida, los médicos contrarrestan la infección mediante antibióticos de alto espectro, tratamiento con oxígeno hiperbárico, vacío asistido por control, terapia endovascular; en muchos casos dichos tratamientos debilitan el sistema inmunológico del cuerpo y no se logra contrarrestar eficazmente la infección , ante lo cual se lleva a cabo el procedimiento quirúrgico de la amputación con la finalidad de detener la expansión de la infección y preservar la vida del paciente , aunque esto genera consecuencias negativas como limitaciones en movimiento e impacta directamente en la calidad de vida del paciente, trayendo consigo repercusiones emocionales, económicas, familiares y sociales, los pacientes también enfrentan una serie de cambios y adaptación sensitiva y motora(Fig. 1).

Figura 1. Consecuencias de las amputaciones



Fuente: Autor

Dado que actualmente no existe un tratamiento donde se emplee de forma simultánea tecnología para evitar amputaciones de miembros superiores e inferiores o desbridamiento por afectación de infecciones severas y se brinde apoyo al sistema inmunológico del cuerpo humano para combatir la infección, se genera la siguiente pregunta:

### 1.1. FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA PROBLEMA

¿Cómo se puede generar un tratamiento eficaz en heridas o en infecciones en miembros superiores e inferiores para evitar amputaciones?

## 2. JUSTIFICACIÓN

La investigación propuesta busca el desarrollo de una alternativa que permita evitar las amputaciones mediante el tratamiento de infecciones severas integrando bacteriófagos suspendidos en hidrogel, reduciendo así el impacto físico y psicológico de los pacientes, contrarrestando las actuales cifras de amputación, costos por tratamiento de la enfermedad y mejorando la calidad de vida ya que la amputación como proceso definitivo de resección de una parte o totalidad de una extremidad genera modificaciones en los diversos sistemas que constituyen el cuerpo humano, produciendo cambios anatómicos, funcionales, fisiológicos dadas las alteraciones mecánicas y consecuencias en equilibrio obligándoles a realizar adaptaciones para efectuar y desempeñar sus actividades diarias.

Existen una gran cantidad de enfermedades que desencadenan en amputaciones, como lo son gangrena, septicemia, diabetes, poli-neuropatías y problemas circulatorios. En el caso de la diabetes, constituye la undécima causa más frecuente de discapacidad en todo el mundo, además de esto una diabetes no diagnosticada o mal controlada puede acabar en amputación de miembros inferiores como es el caso de las infecciones de pie diabético debido a los niveles de glucemia persistentemente altos que causan lesiones vasculares generalizadas. La federación internacional de diabetes estima que cada 30 segundos alguien pierde una extremidad inferior por amputación total o parcial, además de esto la amputación en personas con diabetes es de 10 a 20 veces más frecuente comparada con las personas no diabéticas ya que 1 de cada 11 personas adultas sufre de diabetes y se estima que el 12 % del gasto mundial económico en salud se destina a esta enfermedad y sus consecuencias. (IDF, 2017)(Anexo 3). Adicionalmente la Organización Mundial de la salud, en su apartado sobre el informe mundial de la diabetes confirma que dicha enfermedad sigue siendo un problema que va en aumento, estimando que 422 millones de adultos en todo el mundo tenían diabetes en 2014 frente a los 108 millones de 1980. (OMS, 2016)

En el caso Colombiano, la Asociación de medicina física y rehabilitación indica que la incidencia de amputaciones en el país ocurre de 200 a 300 personas por cada 100.000 habitantes cifra en la que del 10% de discapacitados entre el 5 y 10% son amputados y la Federación diabetologica colombiana evidencia que un 7.4 % de la población sufre de diabetes, esta cifra corresponde a 1,7 millones de personas de los cuales un 50 % presenta riesgo de amputación por alteraciones en los nervios, problemas circulatorios y alteraciones mecánicas frecuentemente en los pies, (FERNANDEZ, 2006)(anexo 4).

De esta forma mediante la capsula de rehabilitación se propone una alternativa de tratamiento y rehabilitación para evitar amputaciones mediante la interoperabilidad de diversos sistemas en funcionamiento simultaneo y monitoreo constante del estado del paciente.

### 3. HIPÓTESIS

Mediante la interoperabilidad de diversas tecnologías médicas tales como bomba de infusión, sistema de plasmaféresis, citaféresis y maquina extracorpórea se pretende generar un funcionamiento simultaneo para el proceso de tratamiento, así mismo con el uso de un hidrogel en el que se encuentren suspendidos bacteriófagos ,se propiciaría un ambiente húmedo para regeneración del tejido en un tiempo favorable para la rehabilitación, contando con sistemas de monitoreo de paciente y su evolución a través de electromiografía y electroneurografía, registrando signos vitales e incorporando sistema de alarmado en caso de que se presenten complicaciones en el tratamiento.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar un tratamiento alternativo frente a patologías de histogenia infecciosa severas en miembros superiores e inferiores con la finalidad de evitar amputaciones.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar la población y tipos de enfermedad que conllevan a un desbridamiento o amputación.
- Identificar las actuales técnicas que interactúan con sistemas de rehabilitación para alcanzar el tratamiento adecuado.
- Proponer el uso de hidrogeles con encapsulados de bacteriófagos y propiedades químicas del líquido amniótico.
- Identificar software y hardware adecuado para lograr la interoperabilidad del sistema.

## 5. MARCO DE REFERENCIA

### 5.1 MARCO CONCEPTUAL

#### 5.1.1 Amputación

Corresponde a la pérdida importante de una extremidad y su función por cambios degenerativos derivados del déficit vascular o neurológico, por pérdida traumática de masas musculares, tendones e inestabilidad en manos, pies, brazos, se realizan amputaciones en extremidades inferiores (Fig. 2) , superiores debidos a enfermedades periféricas, diabetes mellitus , enfermedades vasculares o complicaciones neurológicas. Las amputaciones pueden llegar a generar complicaciones persistentes en el muñón residual o trastornos contralaterales que provoquen restricciones motoras importantes. (MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL, 1995)

Es la remoción, resección total o parcial de una extremidad superior o inferior, seccionada por el hueso de forma perpendicular u longitudinal de un miembro. (MENDOZA, 2009)

*Figura 2. Miembro inferior amputado*



*Fuente: <http://medicoquirop Practico.com.mx/amputacion-y-rehabilitación/>*



**Tipos de amputación:**

- **Amputación primaria o traumática:** producida por accidente o agente traumático (Fig. 3).
- **Amputación secundaria o quirúrgica:** programada para ser realizada por medio de un acto quirúrgico para preservar la vida del paciente y evitar que se extienda la infección (Fig. 4).

*Figura 3. Amputación traumática miembro inferior Izquierdo*



Fuente: <http://www.geocities.ws/rdhenriquez/Imagenes-medicas.html>

*Figura 4. Amputación quirúrgica de miembro inferior por enfermedad arterial periférica*



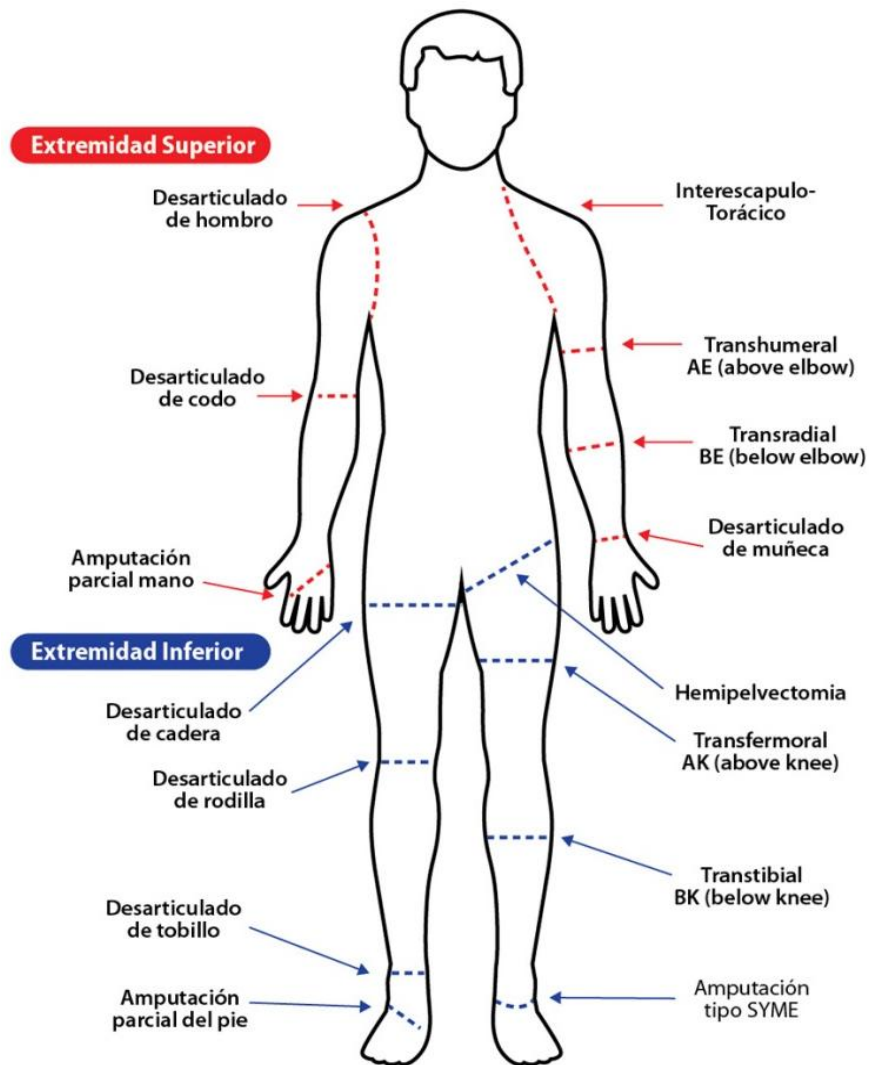
Fuente: [http://lnx.futuremedicos.com/Revista\\_future/Atlas/Especialidades/otras/QX-AP/imagenes-qx+pg.htm](http://lnx.futuremedicos.com/Revista_future/Atlas/Especialidades/otras/QX-AP/imagenes-qx+pg.htm)



### 5.1.2 Niveles de amputación:

Se considera dividiendo en tercios correspondientes a extremidad, brazos, antebrazos, pierna, muslos o articulaciones cercanas, hombro, codo, muñeca, rodilla, cadera, tobillo. Cuanto más elevada es la amputación más articulaciones se pierden y se genera mayor debilidad por pérdida muscular, capacidad motora y sensitiva. En amputación quirúrgica se debe procurar tener consideraciones de longitud y niveles funcionales de las articulaciones ya que en muchas ocasiones el nivel de amputación lo determina la extensión de la lesión o enfermedad que compromete el miembro (Fig. 5) (MINSALUD-COLCIENCIAS, 2015).

Figura 5. Niveles de amputación



Fuente: <http://centrobionico.com/pages/protesis.php>

### 5.1.3 Propiocepción

Es la capacidad que posee el cuerpo humano para detectar posición y movimiento de las articulaciones, además es el proceso mediante el cual el cuerpo regula los movimientos musculares y mantiene su equilibrio, formando parte del mecanismo de control en ejecución de movimientos. (TARANTINO, 2009)

**Sistema Propioceptivo:** Está compuesto por una serie de receptores nerviosos que están en músculos, articulaciones y ligamentos, encargados de detectar el grado de tensión y estiramiento muscular, posteriormente envían la información a la medula y al cerebro para su procesamiento.

Cuando se presentan lesiones y se genera pérdida sensitiva, el grado de pérdida de sensibilidad depende de los tractos nerviosos afectados, en el caso de una lesión de los cordones blancos posteriores de la medula espinal se puede producir pérdida del sentido musculo articular o propiocepción. (SNELL, 2003)

#### Características:

- **Capacidad de regulación parámetros espacio-temporales del movimiento:** Ajuste de movimientos de acuerdo a espacio para ejecución eficaz, incluyendo ajustes espacio-temporales.
- **Capacidad de mantener el equilibrio:** En situaciones estáticas y dinámicas, eliminando alteraciones del equilibrio mediante la tensión muscular que permite el desplazamiento rápido en una zona de apoyo estable, desarrollando mecanismos de anticipación y mantenimiento de postura.
- **Sentido de ritmo:** Capacidad de variar y reproducir parámetros de fuerza y velocidad para la ejecución de movimientos dependiendo de los sistemas somato sensorial, vestibular, visual.
- **Capacidad de orientación en espacio:** Basado en sistema acoplamiento sistema visual y propiocepción.
- **Capacidad de relajación en músculos:** Las tensiones excesivas de los músculos que no intervienen en la ejecución de una acción pueden llegar a afectar la coordinación de movimiento, limitando fuerza, velocidad, amplitud.

#### 5.1.4 Nocicepción

Mecanismo de transducción o activación del receptor y conversión de energía en un impulso nervioso a las regiones superiores del sistema nervioso central, implicada en la percepción del dolor.

##### **Nociceptores**

Corresponden a un grupo especial de receptores sensoriales los cuales son capaces de diferenciar entre estímulos inocuos y nocivos; caracterizados por ser terminaciones periféricas de fibras aferentes primarias, reciben y transforman estímulos locales en potenciales de acción, los cuales posteriormente son transmitidos mediante fibras sensoriales primarias hacia el sistema nervioso central (FERRANDIZ, 2017).

##### **Tipos de nociceptores:**

- **Cutáneos:** Se activan mediante estímulos intensos ya que poseen un alto umbral de estimulación, no tienen actividad en ausencia de estímulo nocivo.
  - Nociceptores A -  $\delta$ : Son fibras mielínicas cuya velocidad de conducción es alta, responden a estímulos mecánicos y están situados en dermis y epidermis.
  - Nociceptores C: Presentan velocidad de conducción lenta, responden a estímulos mecánicos, térmicos y químicos situados en la dermis.
- **Musculo-articulares:** Responden a contracciones musculares, presión, calor e isquemia muscular, están presentes en las articulaciones.
- **Viscerales:** Son fibras amielínicas, existen dos tipos que son los de alto umbral y los inespecíficos, los primeros corresponden a estímulos nocivos intensos y los últimos a estímulos inocuos.

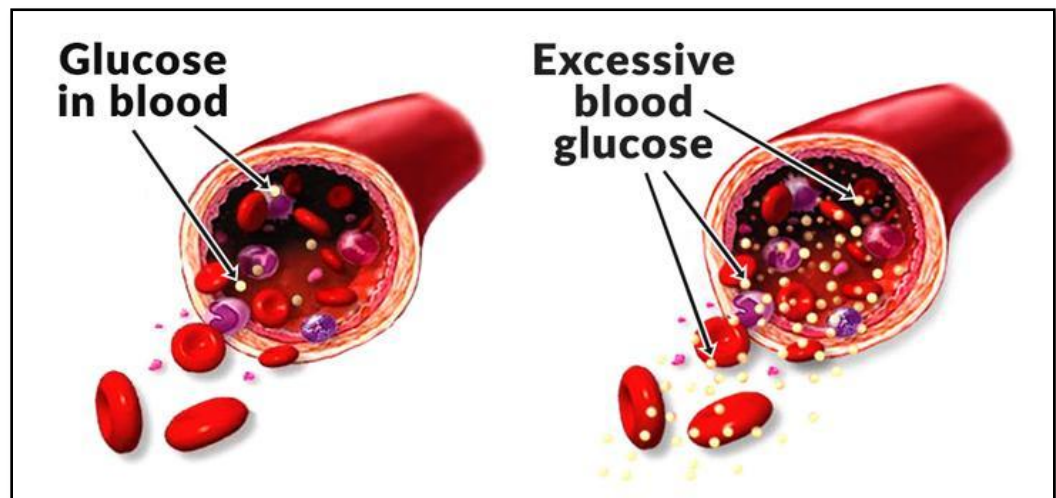
##### **Modulación inhibitoria de la nocicepción:**

Los estímulos nociceptivos activan mecanismos encargados de modulación inhibitoria a la altura de nervios periféricos, espinales y supra espinales.

### 5.1.5 Patologías que pueden generar amputaciones

- **Diabetes:** es una afección crónica que se produce cuando se dan niveles elevados de glucosa en sangre debido a que el organismo deja de producir o no produce suficiente cantidad de insulina, o no logra utilizar dicha hormona de modo eficaz (DEFRONZO RA, 2017). La insulina es una hormona proveniente del páncreas la cual transporta la glucosa a todo el cuerpo para convertirla en energía. La falta de insulina o la incapacidad de las células para aprovecharla provocan la Hiper glucemia como se muestra en (Fig.6)

Figura 6. Hiper glucemia



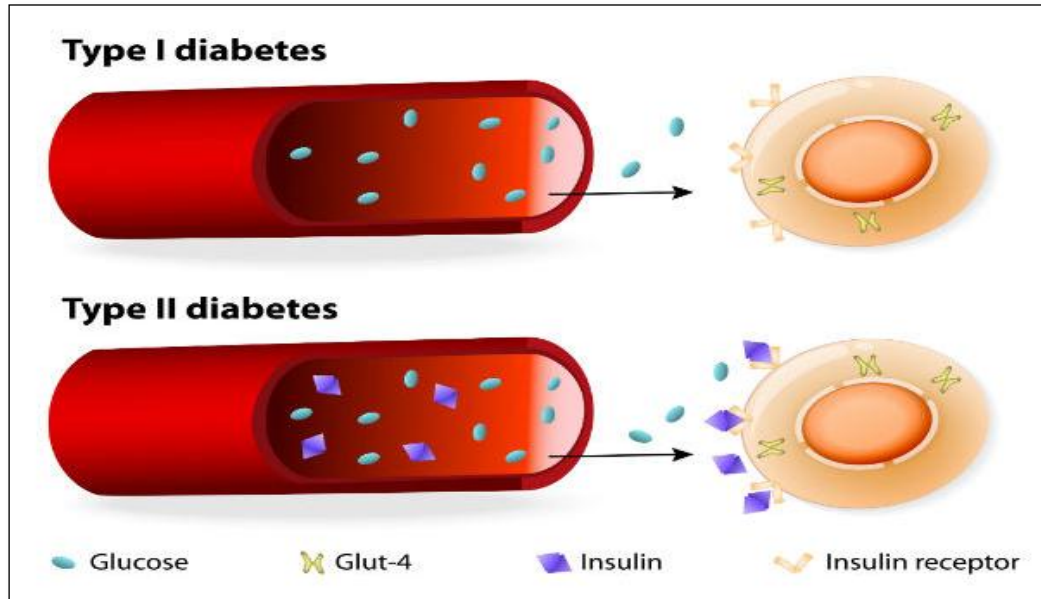
Fuente: <https://www.paleotreats.com/blogs/paleo-desserts-and-paleo-recipes/65553923-blood-sugar-levels-and-paleo>

Hay varios tipos de diabetes, pero los más relevantes son diabetes tipo 1 y tipo 2.

**Diabetes tipo 1:** se presenta cuando el sistema inmune ataca a las células beta, productoras de insulina provocando que el cuerpo deje de producirla y generando insuficiencia de esta hormona; por lo general se presenta en niños y jóvenes (IDF, 2017). (Fig. 7)

**Diabetes tipo 2:** se presenta la hiper glucemia que es el resultado de una producción inadecuada de insulina y la incapacidad del organismo de responder plenamente a dicha hormona, que se define como resistencia a la insulina (IDF, 2017)(Fig.7)

Figura 7. Tipos de Diabetes



Fuente: <https://www.boldsky.com/health/diabetes/2017/how-does-type-one-diabetes-differ-from-type-two-diabetes-110430.html>

En Colombia entre un 7 y un 9 % de la población adulta (20 años o más) tiene diabetes tipo 2 (DM2), aunque esta prevalencia es cinco veces más baja en la zona rural (Anexo 5). Esto significa que existen en el país alrededor de dos millones de personas con DM2 de las cuales casi la mitad desconoce su condición (COLCIENCIAS, 2016)

**Signos y síntomas de la diabetes mellitus:** La diabetes mellitus se manifiesta principalmente por polidipsia, pérdida de peso, debilidad, si no se trata adecuadamente puede conllevar a un coma o incluso a la muerte, la diabetes también está asociada a patologías del sistema cardiovascular, neurológico, renal, con complicaciones degenerativas. (MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL, 1995) . Los síntomas generales de la diabetes son sed, boca seca, micción frecuente, fatiga, hormigueo de manos y pies, visión borrosa y lentitud en el proceso de cicatrización de una herida.

De acuerdo a los criterios actuales de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se diagnostica diabetes mediante la observación de niveles elevados de glucosa en sangre (Fig. 8).

Figura 8. Criterios de diagnóstico de la diabetes

Se debe diagnosticar la DIABETES cuando se cumplan UNO O MÁS de los siguientes criterios	Se debe diagnosticar la ALTERACIÓN DE LA TOLERANCIA A LA GLUCOSA (ATG) cuando se cumplan AMBOS siguientes criterios:	Se debe diagnosticar ALTERACIÓN DE LA GLUCEMIA EN AYUNAS (AGA) cuando se cumplan AMBOS siguientes criterios:
Glucosa en plasma en ayunas $\geq$ 7,0 mmol/L (126 mg/dl)	La glucosa en plasma en ayunas $<$ 7,0 mmol/L (126 mg/dl)	La glucosa en plasma en ayunas 6,1-6,9 mmol/L (110 to 125 mg/ dL)
o	y	o
Glucosa en plasma tras dos horas de haber ingerido por vía oral una carga de glucosa de 75g	La glucosa en plasma tras dos horas de haber ingerido por vía oral una carga de glucosa de 75g 7,8-11,1 mmol/L (140-200 mg/dl)	La glucosa en plasma tras dos horas de haber ingerido por vía oral una carga de glucosa de 75g $<$ 7,8mmol/L (140 mg/dL)
o		
El nivel de glucosa al azar $>$ 11,1 mmol/L (200 mg/ dL) o la HbA1c $\geq$ 48 mmol/mol (equivalente a 6,5%)		

Fuente: <https://www.idf.org/>

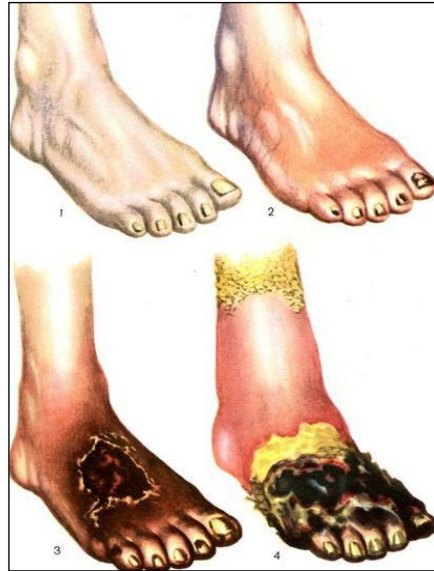
- **Gangrena:** es la muerte de los tejidos corporales ya sea por falta de oxigenación o porque no recibieron suficiente sangre del sistema circulatorio. Tiene más incidencia en las extremidades como manos y pies ya que son las partes más alejadas del corazón, sin embargo en ocasiones también se presenta en órganos internos del cuerpo humano (HART, 2012)

### Tipos De Gangrena

**Gangrena seca:** es la disminución del flujo sanguíneo periférico dando paso a la muerte de tejidos. (HART, 2012)(Fig. 9)



Figura 9. Gangrena Seca



Fuente: <http://es.nextews.com/6bd110b1/>

**Gangrena Húmeda:** se presenta cuando los tejidos corporales son infectados por algún tipo de bacteria entonces los tejidos reaccionan ante la presencia de las bacterias humedeciéndose y descomponiéndose. (HART, 2012)(Fig. 10)

Figura 10. Gangrena Húmeda



Fuente:

<http://educacion.sac.org.ar/mod/book/view.php?id=1842&chapte>

**Gangrena gaseosa:** La gangrena gaseosa es provocada por una bacteria llamada clostridia, que hace que se formen burbujas de gas y toxinas dentro de la zona afectada. Los gases resultantes provocan la muerte del tejido. (HART, 2012)(Fig. 11).

*Figura 11. Gangrena Gaseosa*



*Fuente: <http://gangrena.net/gaseosa/>*

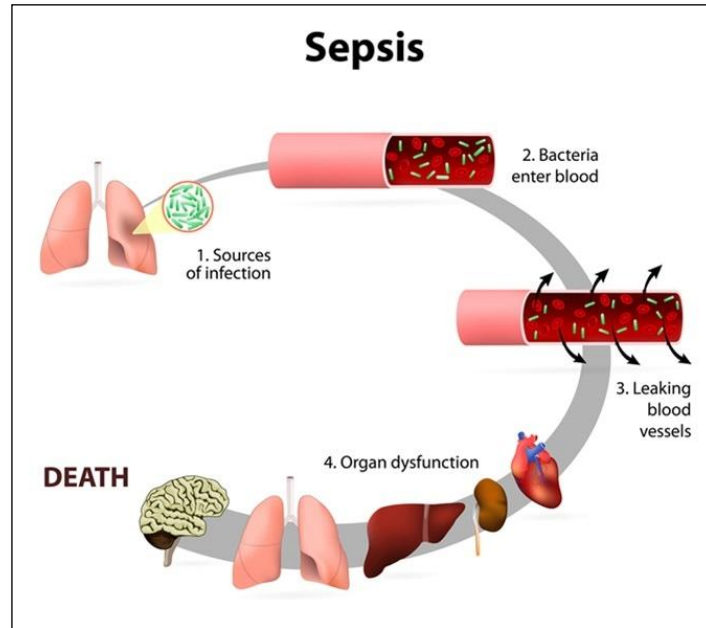
- **Poli neuropatías:** es un subgrupo de desórdenes de nervios periféricos que es típicamente caracterizado por ser un proceso que puede presentar pérdida sensitiva, debilidad muscular o una combinación de ambas. A menudo ocurre como efecto de medicamentos o como manifestación de una enfermedad sistémica. (FIGUEROA, 2017) El paciente experimenta sensaciones de hormigueo y quemadura, adormecimiento, dolor e hipersensibilidad, acompañado de atrofia muscular y la disminución de los reflejos. Por otra parte para el diagnóstico de esta patología el uso de EEG sirve como herramienta para la conducción nerviosa periférica, electromiografía y extracción del líquido cefalorraquídeo (LCR) (Anexo 6).
- **Septicemia:** Estado de envenenamiento de la sangre a la presencia de organismos patógenos (Alliance, 2017) dando como resultado una reacción inflamatoria que afecta a todo el cuerpo en caso de una infección severa; esto ocurre cuando el cuerpo tiene una abrumadora respuesta inmunitaria una infección bacteriana desencadenando en la formación de coágulos en el sistema vascular, privando el transporte de oxígeno y nutrientes.

Los factores de riesgo asociados a las sepsis son alcoholismo, cirrosis del hígado, diabetes de larga duración, sobre todo mal equilibrado y personas con antecedentes de extirpación quirúrgica del bazo (esplenectomía)



Dicho de otra forma, la sepsis o septicemia es una infección que está en un foco primario y se extiende por la vía sanguínea ocasionando daño a los diferentes órganos. (Fig. 12)

Figura 12. Sepsis

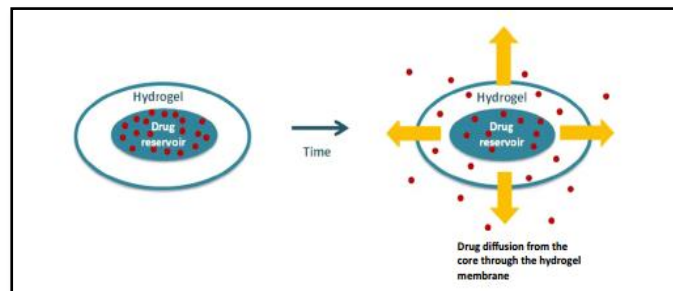


Fuente: [https://www.news-medical.net/health/Sepsis-\(Septicemia\)-Treatment-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/health/Sepsis-(Septicemia)-Treatment-(Spanish).aspx)

### 5.1.6 Hidrogeles

Un hidrogel es una red tridimensional conformada de cadenas flexibles de polímeros que absorben cantidades considerables de agua. Algunos resaltan por ser hidrofílicos, blandos, elásticos e insolubles en agua. (KATIME AMESTHE, 2004) Los hidrogeles tienen oportunidades en el campo de la biomédica dada su buena interacción con los tejidos vivos y así mismo la biocompatibilidad por su consistencia blanda, elástica y contenido de agua. Adicionalmente un hidrogel tiene la capacidad de absorber, retener y liberar bajo parámetros condicionados algunas soluciones orgánicas. En la aplicación como liberadores de medicamentos, los hidrogeles han sido ampliamente usados como portadores inteligentes de sustancias activas y también aparecen algunos con sensibilidad a ambientes determinados. En el caso de liberación de medicamento de forma controlada se utiliza un reservorio de matriz donde a través de la malla del hidrogel se desplaza el medicamento desde el núcleo o centro del sistema para permitir una velocidad constante en la liberación. (CALÓ, 2014)(Fig. 13)

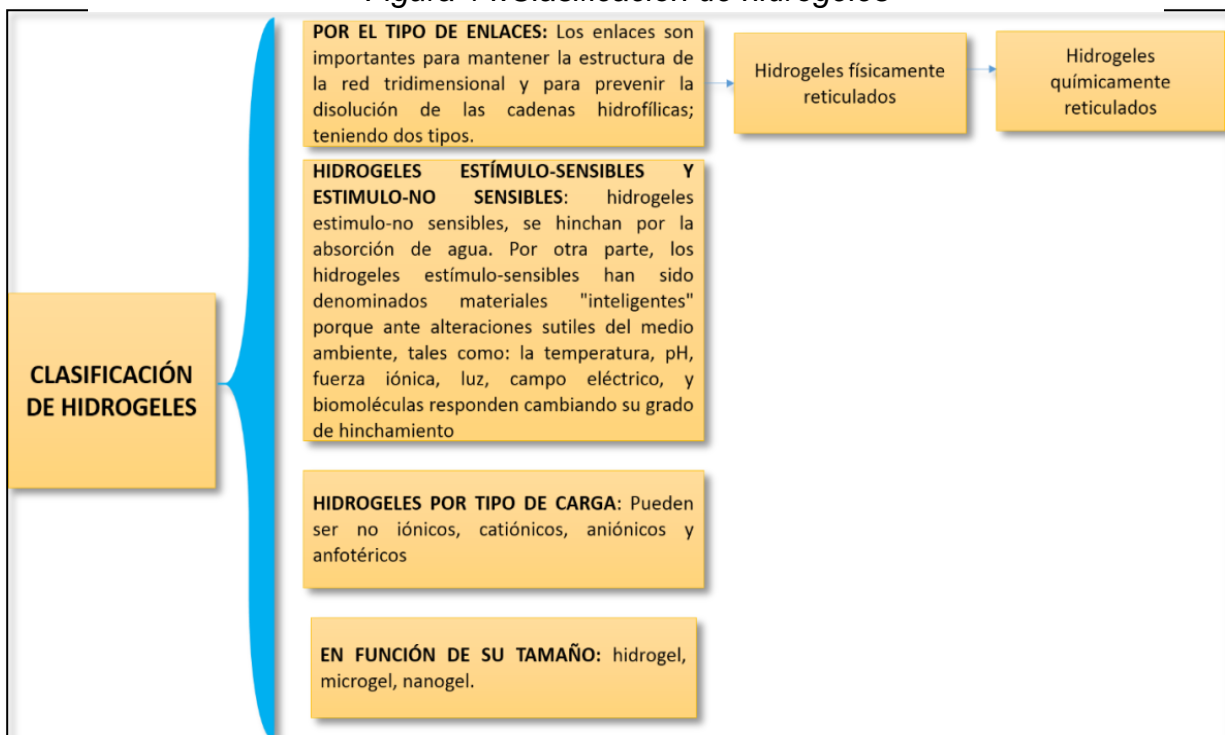
Figura 13. Esquema de liberación de fármaco a través de un Hidrogel



Fuente: <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2014.11.024>

**Hidrogel sensible al pH:** Los geles sensibles al PH pueden sintetizarse por copo polimerización con electrolíticos débilmente ionizados. La variación del PH del medio de hinchamiento induce cambios en el grado de ionización de los electrolíticos produciendo cambio en el hinchamiento del hidrogel. (REAL FÉLIX, 2017) La clasificación de hidrogeles se representa en Figura 14 (Polymeric nanogels: a new alternative for drug delivery, 2014)

Figura 14. Clasificación de hidrogeles



Fuente: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-)

### 5.1.7 Líquido amniótico

Es un líquido transparente o amarillento, claro y acuoso que rodea y envuelve al feto durante el periodo gestacional en el útero durante el embarazo, cuya función principal es la de proteger y brindar nutrientes necesarios como proteínas, carbohidratos para fomentar el desarrollo (CUNNINGHAM Gary, 2006).

**Propiedades del líquido amniótico:** (RIVERO, 2008)

- **Densidad:** 1.007
- **pH:** Alcalino 7.4
- **Composición acuosa:** 96.4 % al 98%
- **Solutos:** Del 1 % al 2%
- **Componentes:** Albumina, sales, glucosa, lípidos, urea, ácido úrico, creatinina, vitaminas, bilirrubina y hormonas, células epidérmicas fetales, aminos, lanugo, enzimas, fibronectina.
- **Composición de electrolitos:**
  - Proteínas totales:**
  - Cloro:** 103 mEq
  - Reserva alcalina:** 18 mEq
  - Fosforo:** 2 mEq
  - Azufre:** 2 mEq
  - Sodio:** 127 mEq
  - Potasio:** 4 mEq
  - Calcio:** 4 mEq
  - Magnesio:** 2 mEq
- **Proteínas totales:** 250 mg/100ml
- **Lípidos totales:** 15 mg/100ml
- **Glucosa:** 20 mg/100ml

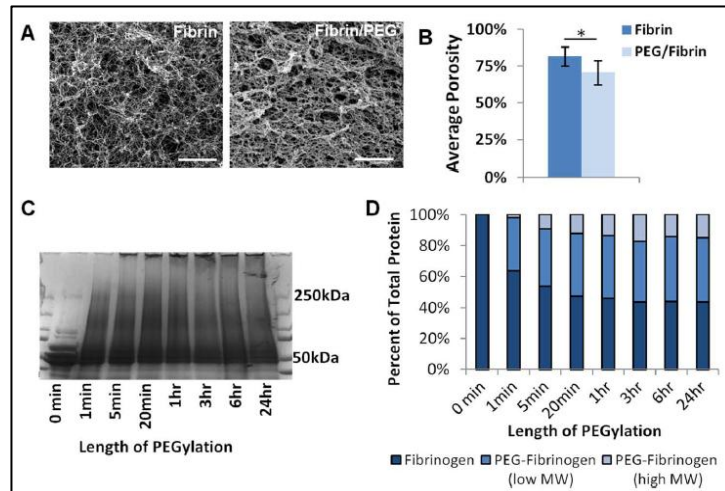
**“La vascularización en sitio por fibrina inyectable de hidrogeles poli (etilenglicol) con células madre derivadas del líquido amniótico”**

(JACOT, 2015)

Constituye una investigación llevada cabo en Texas en el año 2015 en la cual se tiene como uno de los mayores desafíos en medicina regenerativa la generación de tejidos dañados diseñados con vasos sanguíneos funcionales teniendo en cuenta la difusión de oxígeno; para lo cual en la investigación se utiliza bases de fibrina en hidrogeles para servir como formación vascular mediante poli etilenglicol el cual constituye un compuesto para reconstruir, fácil de diluir con propiedades para mezclarse de forma fácil con el hidrogel; se usó con la finalidad de aumentar la elasticidad de los andamios del tejido junto con células madre del líquido amniótico como fuente de células vasculares debido a sus propiedades y potencial

para formar redes tridimensionales in vitro; para llevar a cabo el estudio se inyectó subcutáneamente el hidrogel, en ratones, induciendo el proceso de angiogénesis impulsado por la fibrina produciéndose la neo vascularización; a través de esta investigación se obtuvieron como resultados, la eficacia del hidrogel caracterizado por la presencia de glóbulos rojos empleando también CD31a para el soporte celular muscular, mientras que se contrastó con los resultados de la aplicación del hidrogel sin combinar las propiedades del líquido amniótico observando solo filtración a musculo liso (Fig. 15).

Figura 15. Hidrogel con fibrina y propiedades de líquido amniótico



Fuente: JACOT, Jeffrey. 2015. *In situ vascularization of injectable fibrin / poly (ethylene glycol) hydrogels by human amniotic fluid-derived stem cells*. Texas : Society for biomaterials, 2015.

### 5.1.8 Anticuerpo monoclonal CD31

El antígeno CD31 es una gluco-proteína transmembrana de cadena simple, la molécula dispone de un dominio extracelular que contiene seis unidades de homología típicas de las moléculas de adherencia intercelular, este dominio media en la adherencia de células endoteliales y desempeña una función en el contacto endotelial pudiendo servir para estabilizar la monocapa celular endotelial. Las propiedades del antígeno CD31 sugieren que participa en actividades interactivas durante la angiogénesis, la trombosis y la cicatrización de heridas. (JURADO, 2010)

### 5.1.9 Anticuerpo monoclonal CD34

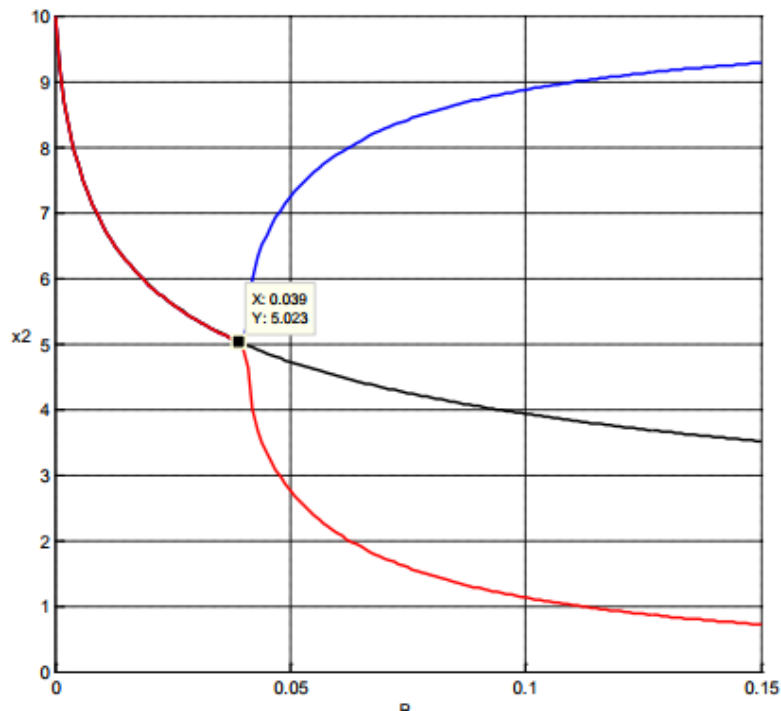
Es una glucoproteína situada en la superficie celular. Actúa como molécula de adhesión en el proceso de hematopoyesis.

## 5.2 MARCO TEORICO

### 5.2.1 Teoría de bifurcación

Se encarga del análisis topológico y estructural de un sistema de ecuaciones diferenciales. Así, podemos estudiar diferentes características de una familia de ecuaciones matemáticas. (JIMENEZ SOBRADO, 2013)(Fig. 16)

*Figura 16. Punto de bifurcación*

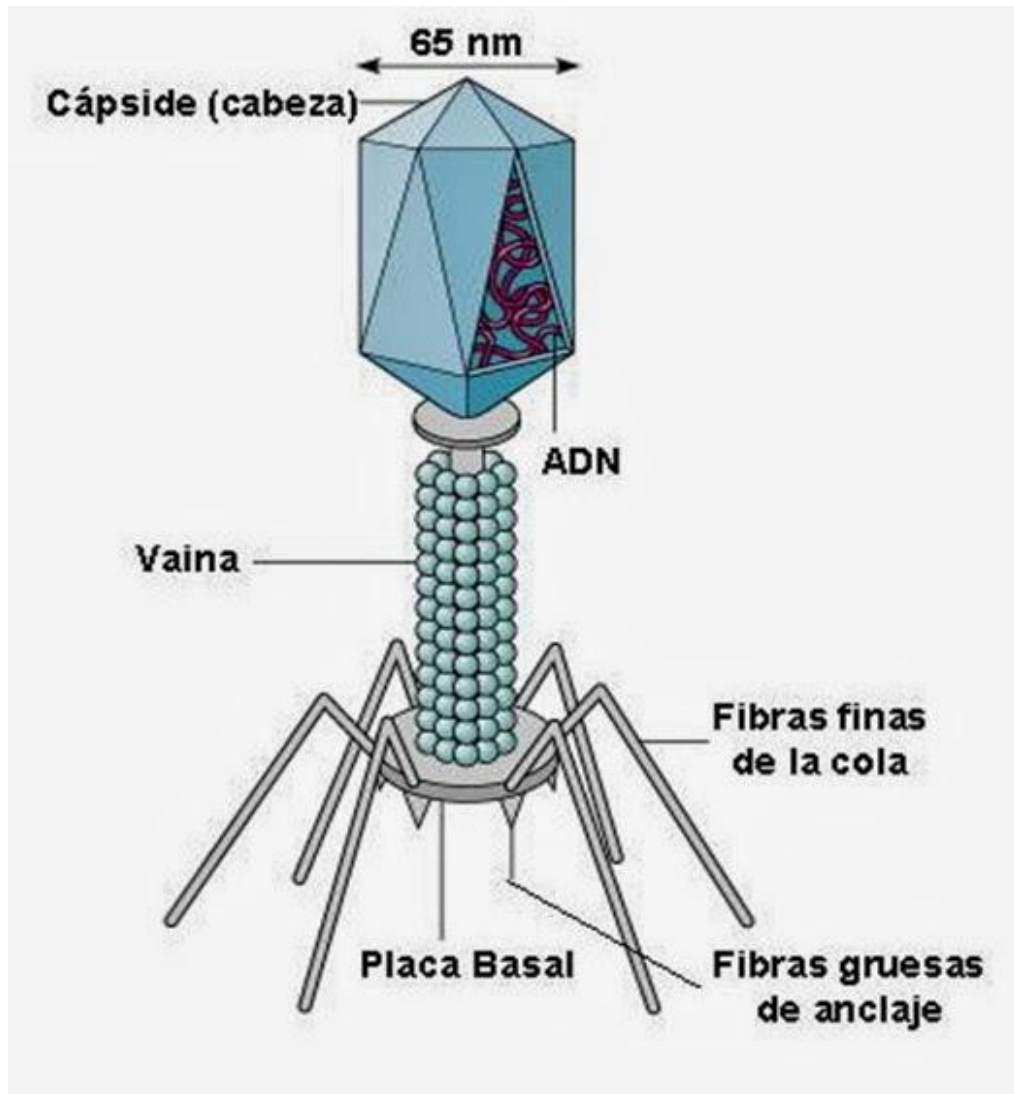


Fuente: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5266/fichero/14+Bifurcaciones.pdf>

### 5.2.2 Bacteriófagos

Son virus que infectan y lisan bacterias de manera específica y están constituidos por una capsida la cual alberga el material genético que puede ser ADN o ARN de cadena doble o sencilla. (PENADES, 2015) La estructura de los fagos está dada por sus proteínas de envolturas las cuales actúan como protección del genoma y además caracteriza su estructura física (SEGUNDO, 2010)(Fig. 17).

Figura 17. Estructura de un Bacteriófago



Fuente: <http://apuntesbioquimicageneral.blogspot.com.co/2014/02/virus.html>

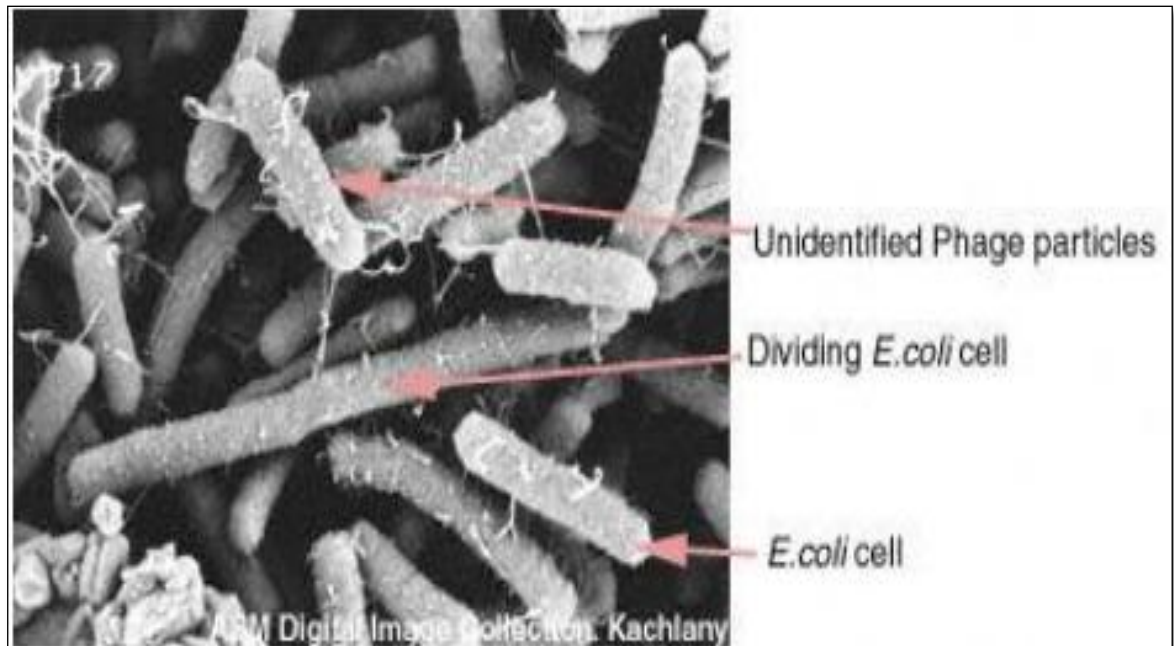
El descubrimiento del primer fago fue reportado por Félix d'Herelle y Edward Twort, quienes informaron el hallazgo de entidades capaces de destruir bacterias. Además en 1917 Félix d'Herelle logró hacer una preparación de fagos para combatir la disentería bacteriana en humanos. (PIMIENTA, 2012)

Los fagos son las entidades que más abundan en el planeta tierra ya que se calcula que hay alrededor de  $1 \times 10^{30}$  UFP/ml, o más sólo en el agua de mar; después de su hallazgo, en el siglo 40 la comercialización de estos para fines terapéuticos fue de gran éxito, por lo cual países como Estados Unidos, Francia, Alemania, empezaron a fabricar de manera exponencial grandes cantidades de lisados de fagos contribuyendo en la terapia, profilaxis, disenterías, diarrea, fiebre



tifoidea, infecciones sépticas relacionadas con quemaduras, inflamación de órganos y heridas en general. Se continuo con el desarrollo de terapias con bacteriófagos en humanos y fue en 1974 cuando el Instituto Pasteur de Francia produjo preparaciones de fagos contra *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *E. Coli* (Fig. 18), y *serratia* que influyeron en la recuperación de la piel, tratamiento de septicemia, osteomielitis, infecciones por heridas del tracto urinario, oído medio y senos nasales. (PIMIENTA, 2012) (BRYAN, 2016)

*Figura 18. Bacteria E. Coli*

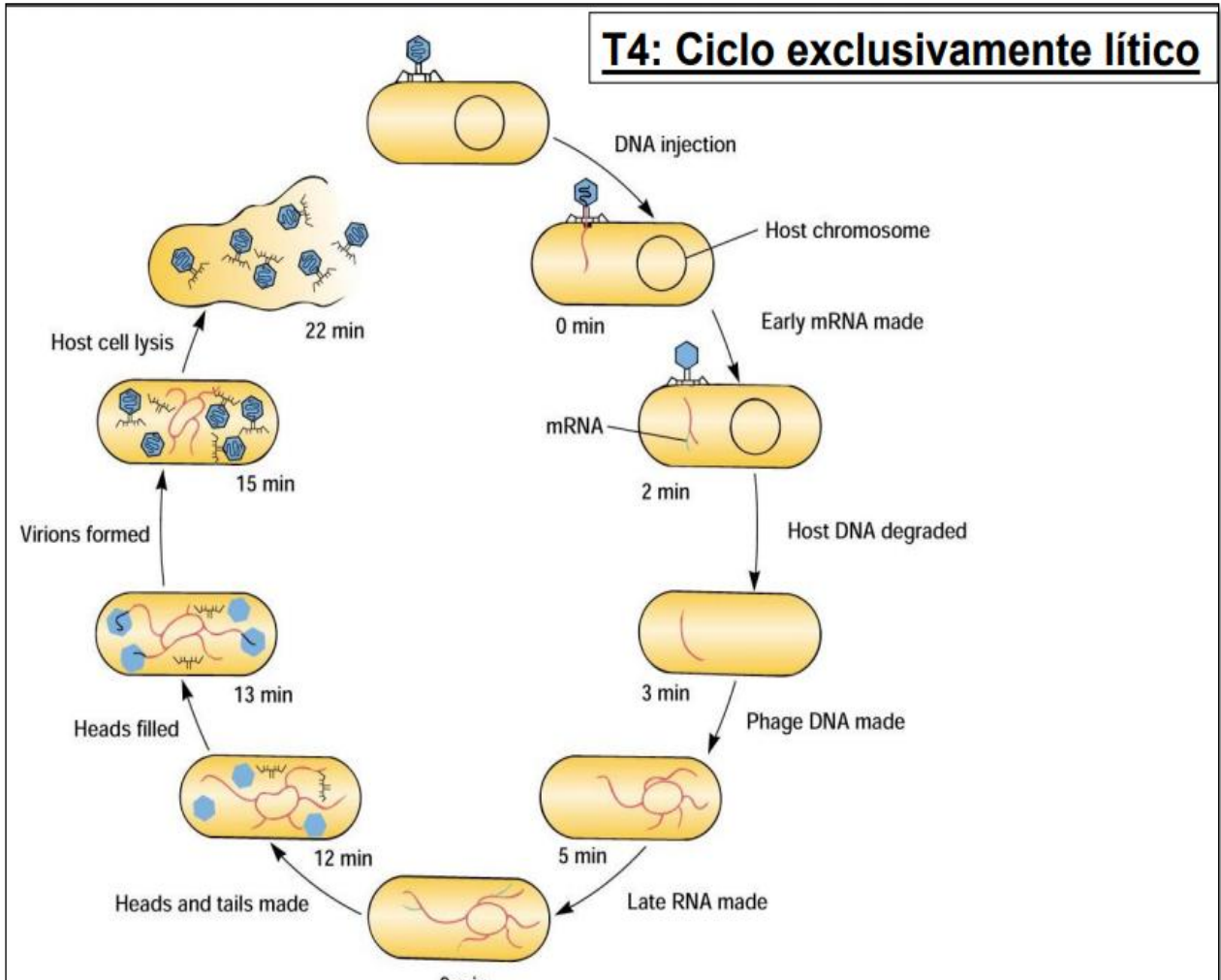


Fuente: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/10VirusTransposones\\_19489.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/10VirusTransposones_19489.pdf)

### **Ciclos infectivos de los fagos**

Los bacteriófagos están obligados a estar dentro de una bacteria para poder replicarse, así mismo generan dos métodos de infección, el primero es el ciclo lítico (Fig.19) que consiste producir una lesión en la membrana plasmática (Exterior) de la bacteria para liberar más fagos; el segundo método se conoce como ciclo lisogénico el cual consiste en la inserción del material genético en el genoma bacteriano. (Fig.20) (WEBER, 2001)

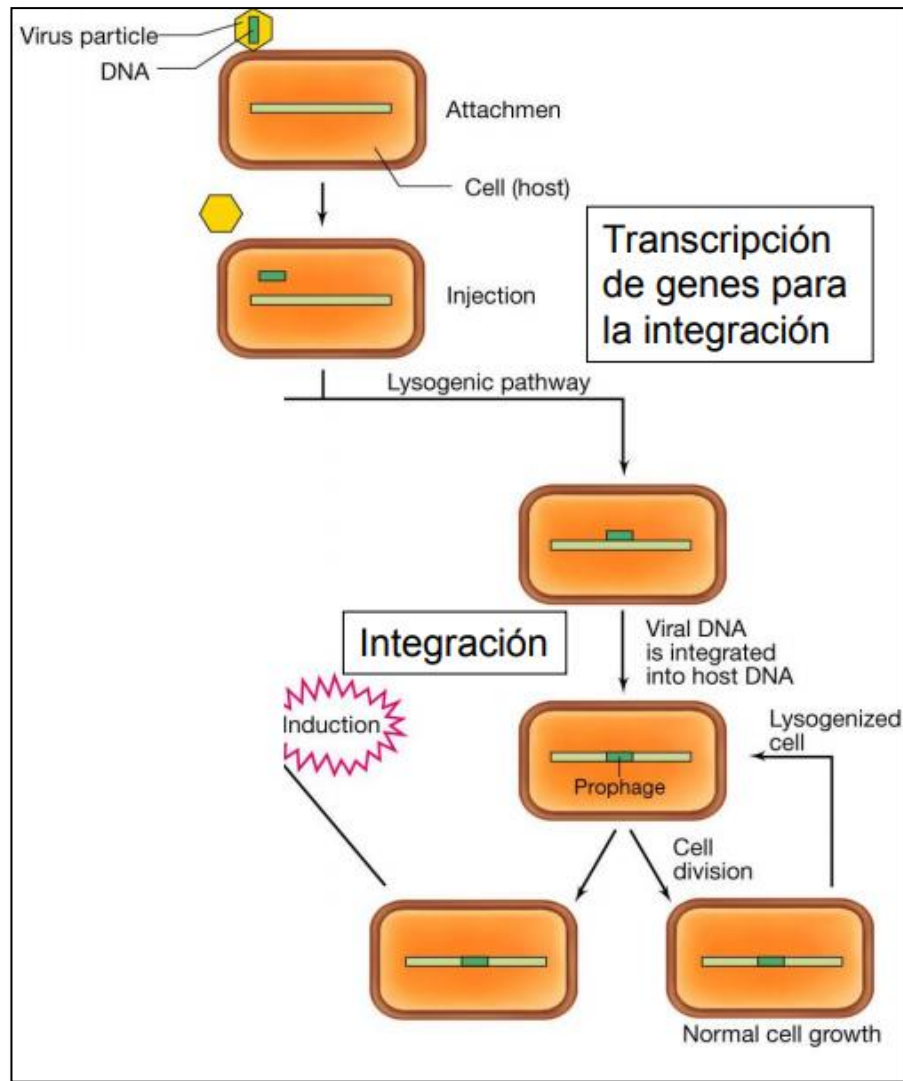
Figura 19. Ciclo Lítico



Fuente: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/10VirusTransposones\\_19489.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/10VirusTransposones_19489.pdf)



Figura 20. Ciclo Liso-génico



Fuente: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/10VirusTransposones\\_19489.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/10VirusTransposones_19489.pdf)

Los fagos se pueden administrar vía oral, tópica, intravenosa, intrapleural. En el caso de Occidente la investigación acerca de la fago terapia se ha incrementado considerablemente, incluso han surgido industrias dedicadas a investigar a cerca del uso terapéutico de los bacteriófagos. (Tabla 1)

*Tabla 1. Instituciones de Investigación dedicadas a estudiar Bacteriófaos*

Institución o Centro de Investigación	Ciudad	Campo
Biochimpharm	Tbilisi (Georgia)	Humano
Biophage Inc.	Montreal (Canada)	Veterinario/humano
Biopharm Pharmaceuticals	Tbilisi (Georgia)	Humano
Exponential Biotherapies	Washington (USA)	----NM---
Gangagen	Ontario (Canada)	Humano
Hexal Genentech	Holzkirchen (Alemania)	----NM----
Immunopreparat Research Productive Association	Ufa Bashkortostan (Rusia)	----NM---
Intralytix	Baltimore(USA)	Humano, Veterinario, Alimentario, Ambiental
Micropeace	Hawthorn (Australia)	Humano, Ambietal
New Horizons Diagnostics Corporation	Columbia (USA)	Alimentos, Humanos
Novolytics Limited	Coventry (UK)	Ambiental, Veterinaria, Humana
Phage Biotech, Ltd.	Rehovot (Israel)	Humano
Special Phage Services Pty Ltd	Brookvale (Australia)	Humano, Ambiental Animal
Targanta Therapeutics Inc.	St. Laurent (Canada)	---NM---

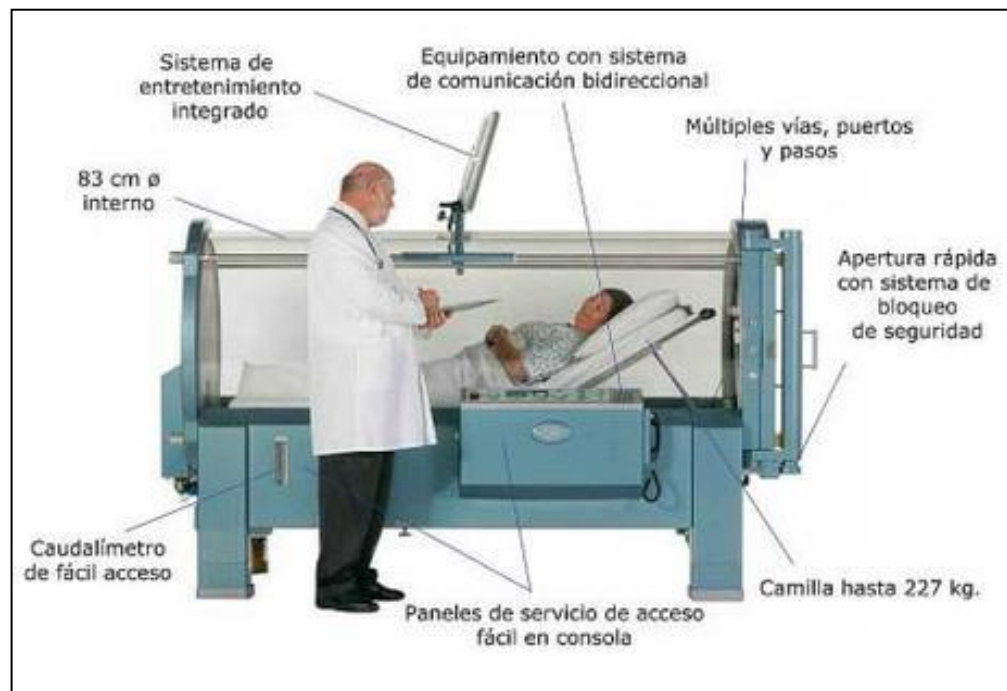
**SEGUNDO, Nallelyt. 2010.** *Bacteriophages as an alternative in the treatment of bacterial infection diseases (Phage Therapy)*. Mexico : Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas, 2010.

### 5.2.3 Tratamientos actuales

- **Oxígeno hiperbárico**

La Terapia de Oxigenación Hiperbárica es un recurso mediante el cual el cuerpo entero es sometido a una presión mayor a la ambiental (Presión ambiental=1.4 atmósferas) en un recipiente cerrado llamado cámara hiperbárica (Fig.21), en la que el paciente respira oxígeno al 100% en forma continua o intermitente por mascarilla o un tubo endotraqueal.

*Figura 21. Cámara Hiperbárica*



Fuente: <https://es.paperblog.com/camaras-hiperbaricas-que-son-2834370/>

- La Medicina Hiperbárica está fundamentada en las leyes físicas de los gases, especialmente en la Ley de Henry, que se refiere a que cuando aumenta la presión, aumenta la solubilidad del gas en un líquido. En este caso el gas es el oxígeno y el líquido sería el plasma sanguíneo. Si aumentamos de 10 a 15 veces más la cantidad de oxígeno en el cuerpo esto crea varios efectos secundarios positivos. (SURESTE, 2017)

• **VAC (Terapia de cierre asistido por vacío)**

Tiene como objetivo acelerar el proceso de granulación y cicatrización de la superficie de tejido corporal expuesto al medio ambiente. (CARVAJAL, 2016 )

En la Figura 22 se muestra el tratamiento de control asistido por vacío (VAC) para la cicatrización y cierre de heridas, con el uso de un sistema de drenado para evitar apósitos de residuos líquidos durante el tratamiento.

*Figura 22. VAC*



Fuente: <http://www.elsevier.es/es-revista-cirugia-espanola-36-articulo-sistema-cierre-asistido-por-vacio-S0009739X10000734>

• **Antibióticos de alto espectro**

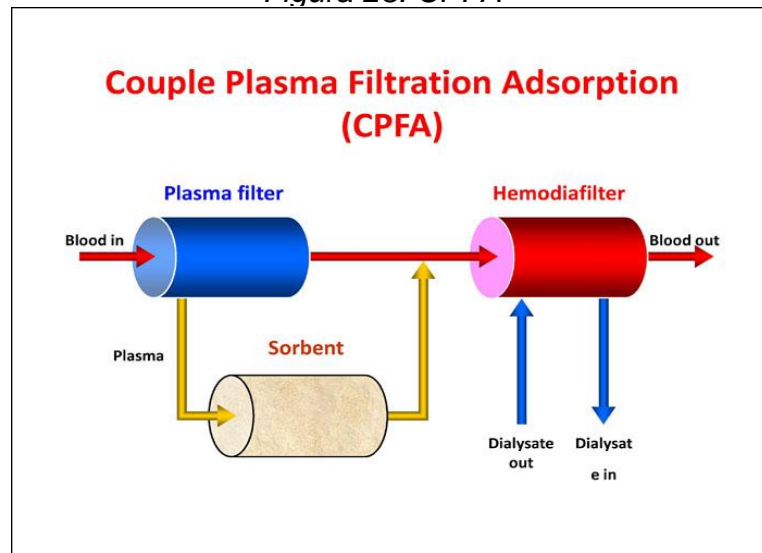
Los antibióticos de amplio espectro, la defensa del organismo de alta calidad contra diferentes microbios. Hay varios tipos de antibióticos como los son:

- **Doxiciclina:** un preparado del grupo de las tetraciclinas. Ayuda a vencer unas infecciones estafilocócicas y estreptocócicas, disentería y salmonelosis.
- **Ampicilina:** potente bactericida, se usa para tratar las enfermedades del carácter infeccioso-inflamatorio.
- **Zithromax** –trata las infecciones de vías respiratorias superiores e inferiores, unas enfermedades del sistema urogenital.
- **Amoxicilina** – el antibiótico eficaz derivado de la penicilina, trata perfectamente unas inflamaciones del origen infeccioso – bronquitis, angina, neumonía, unas enfermedades ginecológicas y gastrointestinales. Se usa para tratar las enfermedades dérmicas: listeriosis, gonorrea, leptospirosis.

• **CPFA(Coupled Plasma Filtration and Adsorption)**

Es una nueva terapia extracorpórea de purificación de sangre para la sepsis que absorbe mediadores pro inflamatorios y antiinflamatorios del plasma filtrado, logrando así la estabilidad hemodinámica temprana y una reducción en el requerimiento de soporte inotrópico (RIZNA, 2013)(Fig. 23).

Figura 23. CPFA



Fuente:

<http://www.webposter.it/web/eventi/postsin11/index.cfm?List=WsIdRisposta,WsRelease,WsTxtParoleKey,WsTxtIdSessione,WsresetKey&c1=137&c2=1&c3=&c4=&c5=false>

### 5.2.4 Equipos y sistemas de tratamiento

- **Bomba de infusión**

Dispositivo de infusión que administra líquidos intravenosos como antibióticos, anestesia, medicamentos, agentes quimioterapéuticos, o soluciones al paciente. También se realiza vía subcutánea, epidural, parenteral o enteral, durante el tratamiento se deben mantener condiciones de asepsia por medio de agentes químicos para inhibir o destruir microorganismos (HOSPITAL GENERAL NAPOLEON , 2015)(Tabla 2).

*Tabla 2. Antibióticos utilizados para tratar infecciones*

Antibióticos recomendados para cocos Gram positivo		
Staphylococcus	Streptococcus	Enterococcus
ampicilina	penicilina G	ampicilina
oxacilina, dicloxacilina	cefaclor	gentamicina
piperacilina	imipenem	vancomicina
cefalotina	streptomicina	teicoplanina
eritromicina	clindamicina	ciprofloxacina
clindamicina	gentamicina	eritromicina
cloranfenicol	eritromicina	penicilina
septran	vancomicina	septran
bacitracina	tetraciclina	levofloxacina
rifampicina	levofloxacina	tetraciclina
ciprofloxacina	rifampicina	
tetraciclina		
gentamicina		
levofloxacina		
teicoplanina		
imipenem (no para resistentes a la oxacilina)		

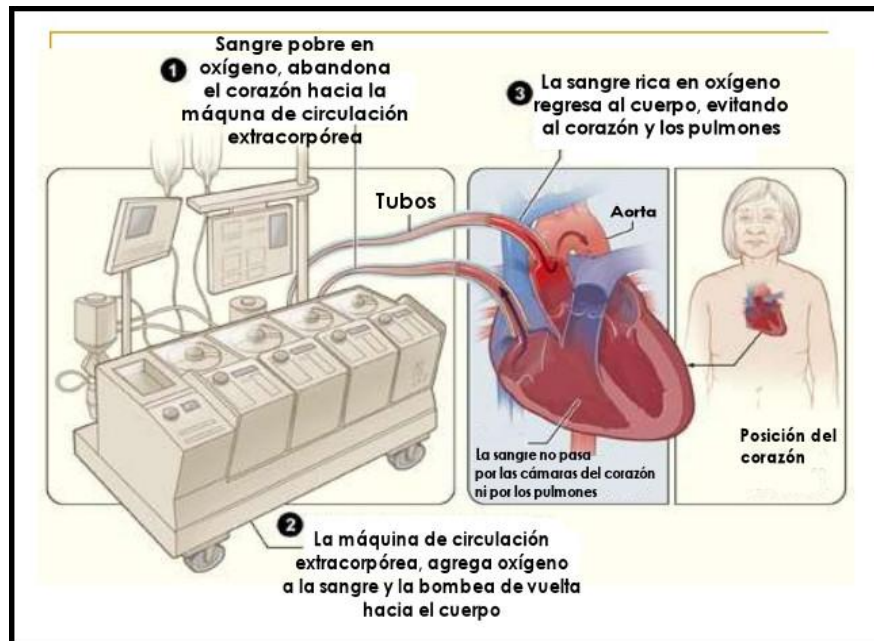
Fuente: <http://www.scielo.sa.cr/img/revistas/rmhnn/v36n1-2/?C=M;O=D>



• **Maquina extracorporea**

La máquina de circulación extracorpórea asume las funciones del corazón encargándose de la acción de bombeo y oxigenación de la sangre, de esta forma suple las funciones del corazón y de los pulmones permitiendo circulación de flujo sanguíneo incluyendo perfusión (TEXAS HEART INSTITUTE, 2017)(Fig. 24).

Figura 24. Maquina extracorporea



Fuente: <https://www.youbioit.com/es/article/24597/como-funciona-la-maquina-de-circulacion-extracorporea>

• **Equipo de plasmaféresis y citaféresis**

La plasmaféresis terapéutica extrae componentes plasmáticos de la sangre mediante un separador de células sanguíneas se filtra el plasma de la sangre del paciente y se devuelven los eritrocitos y plaquetas en plasma. Este tratamiento es útil en enfermedades que involucran sustancias patógenas de infecciones.

La citaféresis terapéutica extrae componentes celulares de la sangre y los devuelve en plasma, este tratamiento es utilizado para extraer eritrocitos defectuosos y reemplazarlos por otros normales (RAVINDRA, 2017).

### 5.2.5 Elementos para monitoreo y rehabilitación

- **Electromiografía(EMG)**

Estudio mediante el cual se registra la actividad eléctrica y funcional del sistema musculo esquelético generado por la actividad eléctrica del sistema nervioso periférico en condiciones normales y ante alguna patología. Para llevar a cabo el estudio se emplea un electromiógrafo, el cual es un dispositivo biomédico que detecta potencial de acción que estimula las células musculares, así mismo estas son activadas neuralmente o eléctricamente mediante electrodos de aguja los cuales detectan dicha actividad (Fig. 25) (IDIME, 2017).

*Figura 25. Electromiografía*



*Fuente: <http://doloresvicencio.com/electromiografia>*

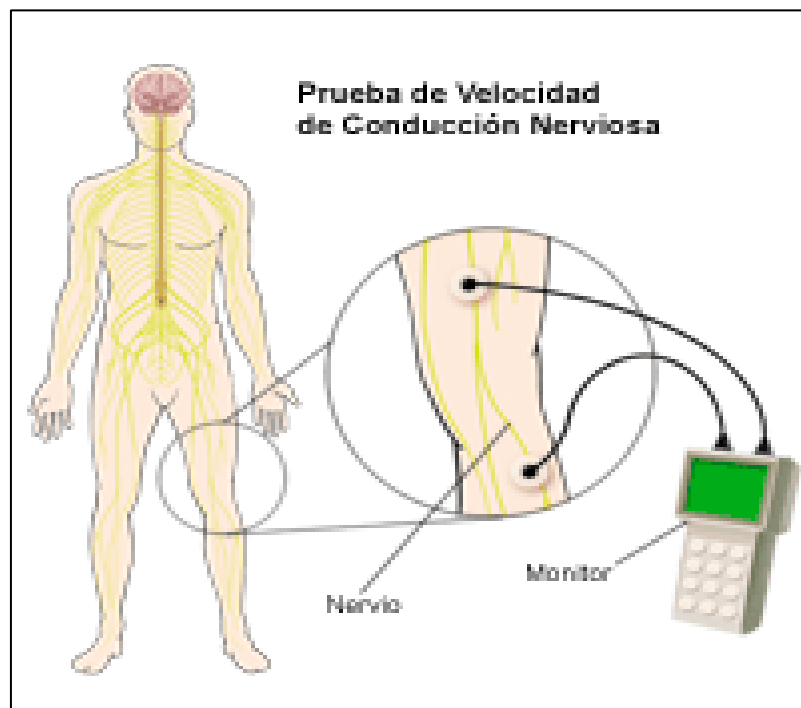


- **Electroneurografía(ENG)**

Consiste en el estudio de conducción eléctrica en fibras nerviosa, motoras y sensitivas evaluando integridad y funcionamiento de nervios periféricos en el organismo; por medio de ENG se registra el potencial eléctrico generado en el musculo en el caso de los estudios de conducción motora o en el caso de estudios de conducción sensitiva en el nervio, cuando se estimulan uno o varios puntos de fibras nerviosas a través de la piel (Fig. 26).

Por medio de ENG se puede evaluar velocidad de conducción del impulso nervioso, morfología, latencia y amplitud de potencial evocado sensitivo o motor permitiendo determinar niveles y grado de lesión nerviosa (Tabla 3), monitoreando evolución de enfermedades en caso de debilidad muscular, Polineuropatías, mononeuropatías, trastornos en movimiento (IENSA, 2016).

*Figura 26. Electroneurografía*



*Fuente:*

<http://www.nyhq.org/diw/Content.asp?PageID=DIW007657&language=Spanish>

Tabla 3. Registro y estimulación distal y proximal

NERVIO	REGISTRO	ESTIMULACIÓN DISTAL	ESTIMULACIÓN PROXIMAL
Mediano	Eminencia tenar	Muñeca	Flexura del codo
Cubital	Eminencia hipotenar	Muñeca	Canal epitrocleo- olecraneano
Radial	Músculo extensor común de dedos	Canal de torsión	Punto Erb
Peroneo	Músculo extensor común	Garganta del pie	Cabeza del peroné
Tibial	Flexor dedos del pie	Región maleolar interna	Hueco popliteo

Fuente: NAVARRO, Rafael. 2017. *Electroneurografía. s.l. : Universidad de Alcala, 2017.*

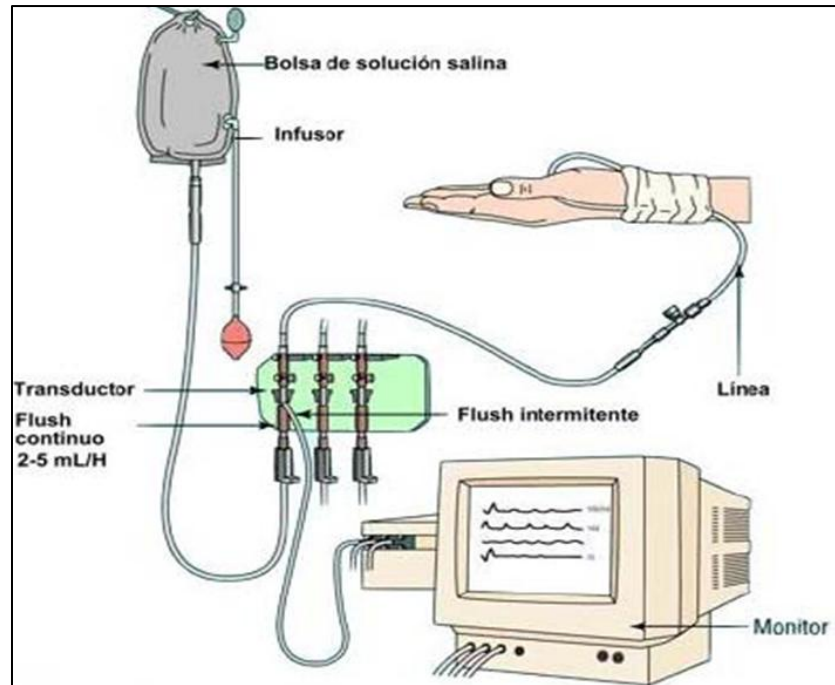
#### • Monitor de signos vitales

Equipo biomédico utilizado para medir parámetros fisiológicos básicos y emitir alarma ante cualquier cambio en las condiciones del paciente; permite detectar, procesar y desplegar de forma continua parámetros fisiológicos del paciente, dependiendo de su configuración se despliegan ondas de e información numérica relacionada a electrocardiograma, frecuencia respiratoria, presión invasiva u no invasiva, saturación de oxígeno, gasto cardíaca, dióxido de carbono (Julio, 2005).

#### Presión arterial invasiva

Método de medición de presión sanguínea empleando el uso de un catéter sensitivo insertado directamente en la arteria, esto proporciona una lectura más exacta de la presión sanguínea, lo cual es esencial cuando se anticipan cambios hemodinámicos rápidos (Fig. 27).

Figura 27. Presión arterial invasiva



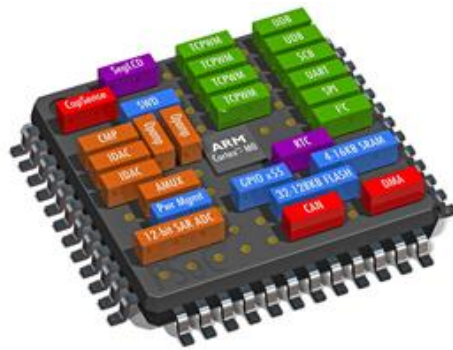
Fuente: <https://www.emaze.com/@AOWOWFOR/copy1>

## 5.2.6 Hardware y Software

### • PSOC (Programmable System on Chip)

Es un sistema programable de micro controladores desarrollado en 2002 por la empresa Cypress, caracterizado por ser un chip de baja potencia a alto rendimiento que ofrece un sistema análogo de alta precisión y proporciona flexibilidad para el diseño de soluciones en electrónica de forma personalizada, también emplea arquitectura de sistema integrado en un chip para configuración y control programable por medio de la integración de circuitos analógicos y digitales permitiendo mejor diseño y ahorro en componentes, además de esto PSOC proporciona 100 funciones periféricas incluyendo en su contenido, conversores análogo-digital, amplificador trans-impedancia, memoria de arranque (MOUSER ELECTRONICS, 2017)(Fig. 28).

Figura 28. Sistema programable en chip



Fuente: <http://www.cypress.com/documentation/development-kitsboards/cy8ckit-044-psoc-4-m-series-pioneer-kit>

### • FPGA (Field-Programmable Gate Array)

La tecnología de arreglos de compuertas programables en campo son chips de silicio reprogramables, cuando estos se programan se cablean para implementar su funcionalidad en lugar de ejecutar una aplicación de software, se pueden configurar para implementar funcionalidades personalizadas en hardware para que contenga información de conexión de componentes. Los FPGA son reprogramables, combinando las mejores características de los sistemas basados en procesadores brindando velocidades temporizadas por hardware y fiabilidad sin requerir altos volúmenes de recursos compensando el gasto en componentes, una de las ventajas que posee es que el silicio reprogramable tiene la misma capacidad de ajustes que tiene un software ejecutado por medio del procesador , pero sin la limitación de la disponibilidad de núcleos, también ejecutan procesos y operaciones de forma paralela, ejecutándose de manera autónoma , presentando beneficios también en rendimiento, fiabilidad, funcionamiento; también se usa en aplicaciones de diagnóstico, monitoreo y terapia (NATIONAL INSTRUMENTS, 2017)(Fig. 29).

Figura 29. FPGA

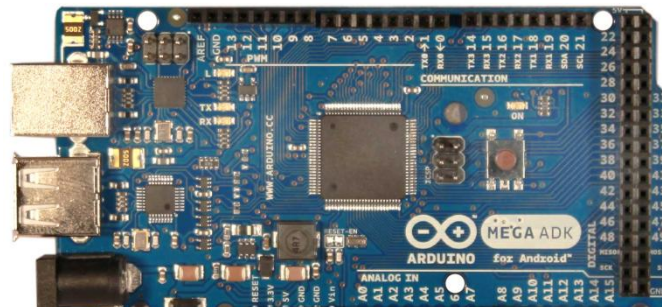


Fuente: <https://www.intersil.com/en/applications/fpga-power-solutions/fpga-app-block-diagrams.html>

## • Arduino

Es una plataforma de prototipos de electrónica de código abierto, basado en software y hardware flexible, simplificando el proceso de trabajo con micro controlador ofreciendo ventajas multiplataforma ejecutado en sistemas operativos Windows o Linux; posee un entorno de programación simple y clara, de software y hardware extensible, basado en micro controladores TMEGA8 y ATMEGA168 de Atmel (Fig. 30) (ARDUINO.cl, 2017).

*Figura 30. Placa de arduino*



Fuente: <http://arduino.cl/arduino-mega-adk/>

## • Raspberry

Integra los sistemas de una computadora en una sola placa, cuenta con sistema on chip que contiene procesador ARM que corre a 700 MHz, memoria RAM, LAN inalámbrico, Bluetooth, procesador gráfico, también soporta varios componentes necesarios en un ordenador común, existen dos modelos A y B que varían en complejidad y costos. Esta placa fue desarrollada en 2006 por un grupo de la universidad de Cambridge pero fue lanzado al mercado hasta el 2012 (PORTAL ABC TECNOLOGIA, 2013)(Fig. 31).

*Figura 31. Placa Raspberry*

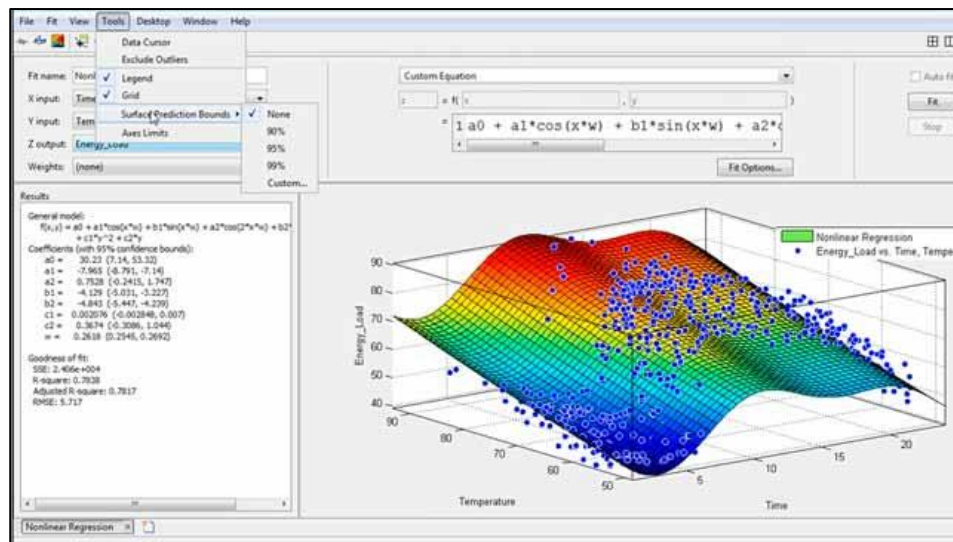


Fuente: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>

• **Matlab**

Es acrónimo de **Matrix Laboratory**; la primera versión data de los años 70 y fue desarrollada como herramienta de apoyo para recursos de teoría de matrices, análisis numérico y algebra lineal; Actualmente es un potente programa, de entorno manejable que incluye herramientas de cálculo científico, técnico, visualización gráfica y lenguaje de programación de alto nivel (OVIEDO, 2007-2008)(Fig. 32).

Figura 32. Matlab



Fuente: <https://es.mathworks.com/videos/data-driven-fitting-with-matlab-82034.html>



### 5.3 MARCO LEGAL

#### 5.3.1 Normativa para caracterización de personas con discapacidad

- **Ley 1618 de 2013:**

Tiene como objetivo garantizar y asegurar el ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad a través de medidas de inclusión eliminando toda forma de discriminación. (CONGRESO DE COLOMBIA, 2013)

- **El plan nacional de atención a las personas con discapacidad 1999-2002**

Cuyo objetivo es “Mejorar la calidad de vida de la población con discapacidad, así como atendiendo el fortalecimiento y la ampliación de los servicios existentes, facilitando su acceso, calidad y cobertura”<sup>1</sup>.

- **Ley 361 de 1997 (Ley de Discapacidad)**

“Por la cual se establecen mecanismos de integración social de las personas con limitación y se dictan otras disposiciones”<sup>2</sup>. Esta ley especifica los derechos de las personas con limitaciones y así mismo establece las obligaciones y responsabilidades del Estado de acuerdo al nivel de discapacidad teniendo en cuenta factores como educación, rehabilitación, accesibilidad, integración social y laboral.

- **Decreto Nacional 917 de 1999**, (“Por el cual se modifica el Decreto 692 de 1995 y se adopta el Manual Único para la Calificación de la Invalidez”<sup>3</sup>);especificando a continuación el artículo 7 y 12:

**Artículo 7°. “Criterios para la calificación integral de invalidez”<sup>4</sup>:**

**a) Deficiencia:** Pérdida o anormalidad de una estructura o función psicológica, anatómica o fisiológica que puede ser temporal o permanente. Se incluye defecto o pérdida producida en un miembro, órgano, tejido u estructura del cuerpo humano.

**b) Discapacidad:** Restricción o ausencia de la capacidad para realizar una actividad producida por una deficiencia caracterizada por generar ineficiencia en desempeño y comportamiento en actividad normal de forma temporal o permanente.

---

<sup>1</sup> DANE, 2017. *Marco legal de la discapacidad*. Bogotá : s.n., 2017, pag 6.

<sup>2</sup> DANE, 2017. *Marco legal de la discapacidad*. Bogotá : s.n., 2017, Ley 361 de 1997 Artículo 6.

<sup>3</sup> PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. *DECRETO 917 DE 1999*. Bogotá D.C : s.n., 2017.

<sup>4</sup> PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. *DECRETO 917 DE 1999*. Bogotá D.C :2017,Artículo 7°,pag 4.

**c) Minusvalía:** Situación desventajosa para un individuo, como consecuencia de una deficiencia o discapacidad que lo limita, caracterizado por la diferencia entre rendimiento y las expectativas del individuo reflejando consecuencias culturales, sociales, económicas, ocupacionales.

## **Artículo 12. “Libro primero- de las deficiencias”<sup>5</sup>**

### **Capítulo 1: Sistema Musculo esquelético**

Se comprende el estudio de porcentajes de deficiencia relacionados con:

- Columna Vertebral
- Extremidades superiores
- Extremidades inferiores
- Amputaciones

La pérdida de funciones en el cuerpo humano puede deberse a limitaciones de movilidad ocasionadas por lesiones, dolor, deformidades, amputaciones u combinaciones de patologías, de acuerdo a la tabla de criterios de valoración osteoarticular (anexo 7).

### **Sección 1.5 Amputaciones**

En esta ley se define la amputación como la pérdida de un miembro que compromete el tejido óseo, para el caso de las amputaciones que comprometen solo el 50% del tamaño de la falange, se asigna el 50% de la pérdida de la capacidad laboral, si son mayores al 50% se asigna el valor total de deficiencia global. En esta sección también se especifican los porcentajes correspondientes a las deficiencias en las extremidades y deficiencias globales cuando se presentan amputaciones en extremidades superiores (tabla 4); y amputaciones en extremidades inferiores (tabla 5).

---

<sup>5</sup> PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. *DECRETO 917 DE 1999*. Bogotá D.C :2017, Artículo 12°, pag 9.



Tabla 4. Amputaciones en extremidades superiores

AMPUTACIONES EN EXTREMIDADES SUPERIORES	DEFICIENCIA EXTREMIDAD	DEFICIENCIA GLOBAL
Amputación de un cuarto anterior	100%	70%
Desarticulación del hombro	97%	60%
Amputación del brazo por encima de la inserción del deltoides	97%	60%
Amputación por encima del codo y desarticulación del codo	95%	57%
Amputación 1/3 proximal antebrazo	95%	57%
Amputación 1/3 medio y distal antebrazo y desarticulación muñeca	90%	54%
Amputación transmetacarpiana	90%	54%
Amputación todos los dedos excepto pulgar	54%	32%
Amputación pulgar	36%	25%
Amputación pulgar IF	27%	15%
Amputación índice	23%	14%
Amputación índice IFP	18%	11%
Amputación índice IFD	10%	6%
Amputación dedo medio	18%	11%
Amputación dedo medio en IFP	14%	8%
Amputación dedo medio en IFD	8%	5%
Amputación anular	9%	5%
Amputación anular en IFP	7%	4%
Amputación anular en IFD	5%	3%
Amputación meñique	5%	3%
Amputación meñique en IFP	4%	2%
Amputación meñique en IFD	2%	1%
Amputación anular y meñique		15%

Fuente: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=14928>

Tabla 5. Amputaciones en extremidades inferiores

AMPUTACIONES DE EXTREMIDADES INFERIORES	DEFICIENCIA EXTREMIDAD INFERIOR	DEFICIENCIA GLOBAL
Hemipelvectomía		80%
Desarticulación cadera	100%	70%
Amputación 1/3 proximal muslo	100%	60%
Amputación 1/3 medio y distal	90%	50%
Desarticulación rodilla	90%	40%
Amputación bajo rodilla muñón funcional	70%	35%
Amputación tobillo	70%	30%
Amputación pie- chopart	53%	25%
Amputación medio tarso	35%	25%
Amputación todos los artejos	30%	1%
Amputación 1o. artejo en MTT	21%	15%
Amputación 1o. artejo en MTF	18%	13%
Amputación 1o. artejo IF	10%	7%
Amputación 2o. a 5 artejos	4%	3%

Fuente: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=14928>

### 5.3.2 Normativa equipos biomédicos

- **Decreto 4725 de 2005**

“Por el cual se reglamenta el régimen de registros sanitarios, permiso de comercialización y vigilancia sanitaria de los dispositivos médicos para uso humano”<sup>6</sup>.

**Dispositivo médico para uso humano:** Definido como cualquier instrumento, apartado, maquina, software, equipo biomédico utilizado solo u en combinación, incluyendo partes y programas informáticos que

<sup>6</sup> MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto 4725 de 2005. Bogotá D.C, 2017.

intervengan en su aplicación propuestos para uso en (MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL, 2005):

- a) Diagnostico, prevención, supervisión, tratamiento o alivio de una enfermedad
- b) Diagnostico, prevención, supervisión, tratamiento, alivio o compensación de una lesión o deficiencia.
- c) Sustitución, investigación, modificación o soporte de la estructura anatómica de un proceso fisiológico.

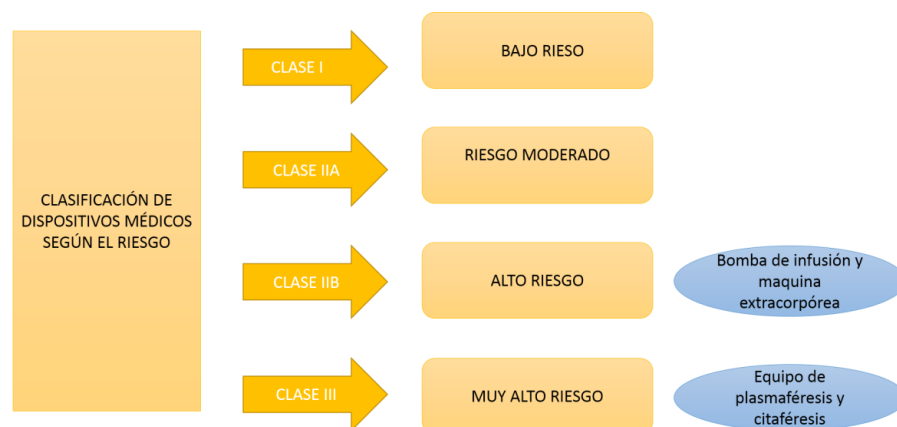
**Equipo biomédico:** Dispositivo medico operacional y funcional que reúne sistemas y subsistemas eléctricos, hidráulicos o electrónicos destinados a ser usados en humanos con finalidad de prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación, sin incluir los que son implántales u para un solo uso. (MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL, 2005):

**Equipo biomédico de tecnología controlada:** Equipos sometidos a controles especiales, en el caso del apartado b, se incluyen los prototipos que conlleven a nuevos desarrollos científicos y tecnológicos.

- **Equipo biomédico prototipo:** Se incluyen todos los equipos que se encuentran en fase de experimentación y que aún no se han implementado en la prestación de servicios u demostraciones ya que no cuentan con certificados de venta u comercialización.

**Clasificación de dispositivos médicos por riesgo:**

*Figura 33. Clasificación de dispositivos médicos por riesgo*



Fuente:

<https://www.invima.gov.co/images/pdf/tecnovigilancia/ABC%20Dispositivos%20Medicos%20INVIMA.pdf>; pág. 10.

- **Resolución 434 de 2001**

“Por la cual se dictan normas para la evaluación e importación de tecnologías biomédicas, se define las de importación controlada y se dictan otras disposiciones”<sup>7</sup>.

En el artículo 7 se especifica la clasificación de los equipos biomédicos por su estado físico, incluyendo los prototipos y en el artículo 13 se especifica la tecnología biomédica de adquisición o importación controlada incluyendo los prototipos o equipos destinados a investigación o experimentación.

## 6. METODOLOGÍA

El enfoque de la investigación es: Cualitativo (Investigación de tipo documental)

*Figura 34. Metodología de la investigación*



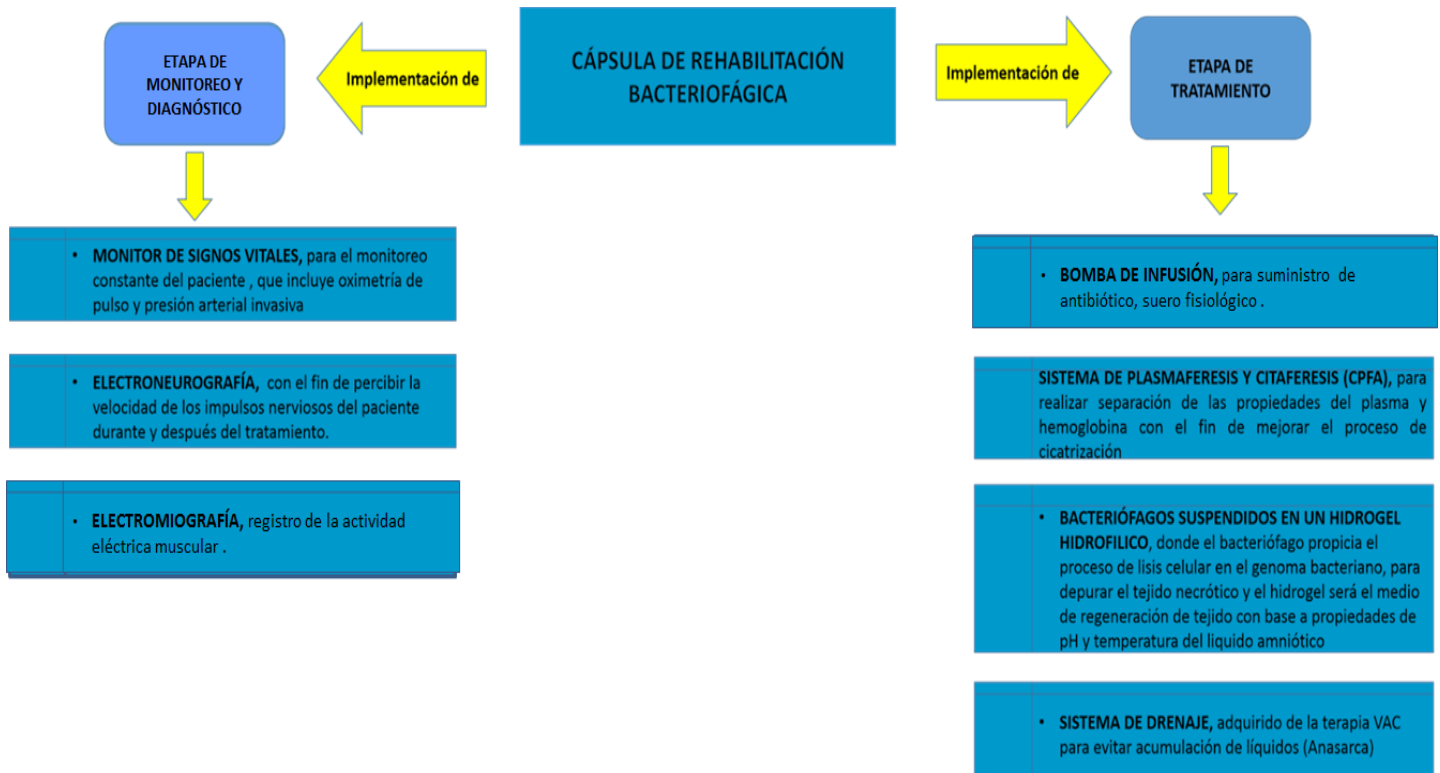
*Fuente: Autor*

<sup>7</sup> MINISTERIO DE SALUD. Resolución 434 de 2001. Bogotá D.C, 2017; Artículo 7 y 13, pag 5 y 8.

Procedimientos realizados para dar cumplimiento a los objetivos:

- Se consultaron artículos, informes y estudios en bases de datos conocidas como (Pubmed, Google Academic, entre otras), donde se evidenciaron cifras de amputaciones realizadas en Colombia.
- Se recopiló información sobre los traumatismos y tipos de enfermedades que generan infecciones agudas o severas y que implican llegar a realizar amputación, tales como: Diabetes, gangrena, septicemia.
- Se consultaron los tratamientos actuales aplicados a infecciones y traumatismos de miembro superior e inferior.
- Se reseñó la historia de los bacteriófagos, su uso y avances en medicina teniendo en cuenta que estos tendrán un papel primordial en el proyecto.
- Se procedió a consultar el uso de los anticuerpos monoclonales CD31 y CD34 para su uso en la regeneración de tejido afectado por infecciones.
- Se identificaron los equipos de tratamiento y su interacción: Bomba de infusión, sistema de plasmaféresis y citaféresis.
- Se identificaron los equipos de monitoreo y rehabilitación que se involucran en este sistema y sus funciones: EMG, ENG, y presión arterial invasiva.
- Se realizaron consultas sobre las propiedades físicas, biológicas, químicas y estructura molecular de hidrogeles para su integración en el proceso de tratamiento y rehabilitación de la herida.
- Se identificaron las propiedades fisicoquímicas del líquido amniótico y las ventajas de su uso en los procesos de curación asociadas a infecciones severas que pueden desencadenar en amputaciones.
- Se identificaron factores determinantes de hidrogeles que propician el entorno o ambiente de curación de la herida y regeneración del tejido, teniendo en cuenta propiedades como: Temperatura, PH, presión.
- Se reconoció el funcionamiento electrónico de cada uno de los equipos que se van a incorporar en la cápsula y su integración con los tratamientos que operan en simultaneidad (Integración bacteriófagos - Suspensión en hidrogel).
- Se consultaron los sistemas electrónicos que permitan sincronizar procesos, entre estos (Raspberry, Arduino, PSOC, FPGA).
- Se recopiló información sobre software apto para el diseño y simulación de la cápsula (Matlab).

Figura 35. Esquema de funcionamiento de la propuesta



Fuente: Autor

## 7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Figura 36. Cronograma de actividades

Duración\Actividad	2016				2017										
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem	Octubre	Noviem	Diciem
Planteamiento del problema	■	■													
Justificación			■	■											
Hipótesis					■	■									
Objetivos							■	■							
Marco Referencial	T-C	T-C	T-C	T-C	T-C	T-C	T-C	T-C	T-C	T-C	T-C	L	L		
Metodología								■	■	■					
Resultados Esperados												■	■	■	
Revisión Bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

T: Marco Teórico

C: Marco Conceptual

L: Marco Legal

Fuente: Autor



## 8. RESULTADOS ESPERADOS

- Integración de diversos equipos de filtrado, tratamiento y revascularización en funcionamiento simultáneo incorporando un hidrogel con características del líquido amniótico para evitar la evolución de la infección.
- Debido a que las actuales técnicas de tratamiento para patologías de histogenia infecciosa (VAC, oxígeno hiperbárico, antibióticos de alto espectro) no son totalmente eficaces, se aspira integrar diversos equipos como bomba de infusión, máquina extracorpórea, equipo de plasmaféresis y citaféresis en un solo equipo con funcionamiento simultáneo incorporando bacteriófagos suspendidos en un hidrogel con características y propiedades químicas del líquido amniótico de forma sintética para evitar la evolución de la infección y aumentar la probabilidad de éxito en el tratamiento.
- Con el uso de bacteriófagos se pretende albergar material genético para la destrucción del genoma bacteriano dando apertura al ciclo de lisis celular y a los anticuerpos monoclonales CD31 y CD34 que participaran en el proceso de cicatrización, angiogénesis y hematopoyesis. De acuerdo a la terapia de cierre asistido por vacío se acopla a la propuesta el sistema de drenaje de exceso de líquido para evitar anasarca, por medio de una manguera con su respectivo depósito. Durante todo el proceso se plantea generar un monitoreo constante del paciente y así mismo al finalizar el tratamiento llevar a cabo rehabilitación mediante EMG y ENG.
- La propuesta de investigación proporciona las bases documentales para que en el futuro se alcance una tercera fase de experimentación e implementación, antecedida por simulación en plataforma software como Matlab y uso de hardware como Raspberry, Arduino, PSOC y FPGA.
- El hidrogel proporcionará un ambiente húmedo para la regeneración del tejido en un menor tiempo, arrojando resultados estéticos favorables para el paciente.

## 9. CONCLUSIONES

- De acuerdo al objetivo del plan nacional de atención a las personas con discapacidad, se plantea una alternativa para evitar la discapacidad por amputaciones mediante integración de diversas tecnologías médicas incorporadas a la capsula de rehabilitación bacteriofagica.
- La Asociación Colombiana de Medicina Física y Rehabilitación estima que se presenta una incidencia de 200 a 300 amputaciones por cada 100.000 habitantes, además de esto la diabetes es una de las enfermedades con mayor prevalencia en la población a nivel mundial lo cual es un índice de alarma pues desencadena en infecciones severas como gangrena y septicemia, por lo tanto con la capsula de rehabilitación se espera disminuir estas cifras de forma considerable.
- Casos de amputaciones conllevan a la aparición del síndrome de des acondicionamiento físico caracterizado por deterioro metabólico y sistémico del organismo produciendo también alteraciones en diversos sistemas (músculo esquelético, respiratorio, nervioso central, cardiovascular).
- Reduciendo las cifras de amputaciones también se reducirían de forma proporcional las consecuencias que acarrear las amputaciones en el ámbito físico, psicológico, social, laboral y económico.
- Las personas con deficiencias motoras y que han sufrido una amputación de miembro superior o inferior presentan dificultades de mayor grado en el desarrollo de actividades laborales o tareas diarias.
- Las propiedades de los hidrogeles se destacan en el campo de la biomédica ya que gracias a su elevado contenido de agua y similitudes con las propiedades del tejido humano, los hacen compatibles para el proceso de regeneración de tejido.
- De acuerdo a investigaciones realizadas por el doctor Jeffrey G.Jacot, debido a las amplias propiedades del líquido amniótico (alcalinidad del pH, componentes, electrolitos, composición acuosa, proteínas , lípidos, glucosa) han permitido que se aplique e integre con la estructura molecular de hidrogeles con la finalidad de aumentar la elasticidad en los andamios de los tejidos estimulando también la angiogénesis impulsado por el uso de fibrinas, esto tiene aplicabilidad en el proyecto de la capsula de rehabilitación para la integración de dichas propiedades del líquido amniótico de forma sintética en el hidrogel hidrófilo para propiciar el ambiente de regeneración de la herida,

disminución de la infección, estimulación de la angiogénesis, hematopoyesis cicatrización evitando amputaciones.

- Se plantea el uso de PSOC y FPGA debido a que presentan características hardware que permiten la configuración y reprogramación de chips caracterizados por alto rendimiento , velocidad, temporización , fiabilidad, ejecución de procesos y operaciones de forma paralela mediante ejecución de forma autónoma, también se usa en aplicaciones de diagnóstico, monitoreo y terapia. Estas características son útiles por su aplicabilidad al diseño de la capsula de rehabilitación y la integración de varios equipos y sistemas en su funcionamiento simultaneo.
- El uso de bacteriófagos contribuye en el proceso de lisis celular de las bacterias que se encuentren presentes en el área infectada, permitiendo efectuar depuración de tejido y constituyen la barrera para evitar que la infección se siga propagando.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

**ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA COLOMBIANA. 2017.** Diccionario academico de medicina. [En línea] 2017. [Citado el: 20 de 06 de 2017.] <http://dic.idiomamedico.net/bifurcaci%C3%B3n>.

**Alliance, Sepsis. 2017.** Información sobre la sepsis . [En línea] 2017. [Citado el: 5 de 8 de 2017.] <https://www.sepsis.org/espanol/>.

**ARDUINO.cl. 2017.** ¿Que es arduino? [En línea] 2017. [Citado el: 04 de 05 de 2017.] <http://arduino.cl/que-es-arduino/>.

**BRYAN, Daniel. 2016.** *Bacteriophage T4*. Londres : frontiers in microbiology, 2016.

**CALÓ, Enrica, Vitaliy V. Khutoryanskiy. 2014.** *Biomedical applications of hydrogels: A review of patents and commercial products*. s.l. : ELSEVIER , 2014. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2014.11.024>.

**CARVAJAL, Edgar. 2016 .** *Uso De La Terapia V.A.C. ® (Cicatrización Asistida Por Vacío) En El Manejo De Las Fistulas Enterostómicas En El Hospital Universitario De La Samaritana*. s.l. : Universidad Nacional de Colombia , 2016 .

**CLINICA UNIVERSIDAD DE NAVARRA. 2017.** Diccionario medico - Anasarca. [En línea] 2017. [Citado el: 13 de 07 de 2017.] <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/anasarca>.

**COLCIENCIAS. 2016.** *Guía de práctica clínica para el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de la diabetes mellitus tipo 2 en la población mayor de 18 años*. 2016. ISBN: 978-958-8903-82-8.

**CONGRESO DE COLOMBIA. 2013.** *Ley estatutaria No.1618 de 2013*. Bogota : s.n., 2013.

**DANE. 2017.** *Marco legal de la discapacidad*. Bogota : s.n., 2017.

**DANE. 2010.** *Poblacion con registro para la localización y caracterización de personas con discapacidad*. Colombia : Direccion de Censos y Demografía, 2010.

**DEFRONZO RA, FERRANNINI E, ZIMMET. 2017.** *International Textbook of Diabetes Mellitus, 2 Volume set*. 2017. ISBN: 978-2-930229-87-4.

**ESCOBAR J. 2002.** *Principales características de los hidrogeles.* España : Revista Iberoamericana Polímeros, Revista Iberoamericana Polímeros , 2002.

**FERNANDEZ, Carlos. 2006.** Si hay salida para los amputados en Colombia. *El Tiempo.* 2006.

**FERRANDIZ, Marta. 2017.** *Fisiopatología del dolor [Nocicepción].* Barcelona : Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. , 2017.

**FIGUEROA, Juan. 2017.** Polineuropatía. [En línea] 25 de 03 de 2017. <http://publicacionesmedicina.uc.cl/TemasMedicinaInterna/polineuropatias.html>.

**HART, Tracy. 2012.** Healthline Gangrena Definición. [En línea] 15 de 08 de 2012. [Citado el: 15 de 05 de 2017.] <https://es.healthline.com/health/gangrena#Definition1>.

**HOSPITAL GENERAL NAPOLEON . 2015.** *Entrenamiento en bombas de infusión.* Cordova : s.n., 2015.

**IDF. 2017.** *IDF Diabetes Atlas 8th Edition.* 2017. ISBN: 978-2-930229-87-4.

**IDIME. 2017.** [En línea] 2017. [Citado el: 20 de 10 de 2016.] <http://www.idime.com.co/Website/portfolio-view/electromiografia/>.

**IENSA. 2016.** Electroneurografía (ENG). [En línea] 2016. [Citado el: 15 de 10 de 2016.] <http://www.iensa.es/especialidades/neurofisiologia/item/26-electroneurografia-eng/26-electroneurografia-eng>.

**JACOT, Jeffrey. 2015.** *In situ vascularization of injectable fibrin / poly (ethylene glycol) hydrogels by human amniotic fluid-derived stem cells.* Texas : Society for biomaterials, 2015.

**JIMENEZ SOBRADO, Jesus. 2013.** *MODELADO, ANÁLISIS Y CONTROL DE SISTEMAS BIOLÓGICOS BIESTABLES.* 2013.

**JIMENEZ, Antonia. 2010.** *Sistema de cierre asistido por vacío en heridas complejas, estudio retrospectivo.* España : Elsevier, 2010. pág. 1.

**Julio, MORA. 2005.** *Monitor de signos vitales.* Mexico : Cenetec, Salud, 2005.

**JURADO, Oscar. 2010.** *Tesis doctoral. Estudio de las vías de señalización de CD31 y PD-1 en la regulación de la respuesta inmune contra Mycobacterium tuberculosis.* . Buenos Aires : Universidad de Buenos Aires, 2010.

**KATIME AMESTHE, O. KATIME TRABANCA, D. KATIME. 2004.** *LOS MATERIALES INTELIGENTES DE ESTE MILENIO: LOS HIDROGELES MACROMOLECULARES. SINTESIS, PROPIEDADES Y APLICACIONES.* s.l. : UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO, 2004. ISBN 10: 8483736373.

**MALAVERA, Mayra. 2013.** *Fisiopatología y tratamiento del dolor de miembro fantasma.* Colombia : ELSEIVER, 2013.

**MENDOZA, Oscar. 2009.** Cirugía radical del aparato locomotor. [En línea] 2009. [Citado el: 03 de 08 de 2017.] [http://bdigital.ces.edu.co:8080/repositorio/bitstream/10946/1394/2/Prevalencia\\_alteraciones\\_sensitivas.pdf](http://bdigital.ces.edu.co:8080/repositorio/bitstream/10946/1394/2/Prevalencia_alteraciones_sensitivas.pdf).

**MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. 2005.** *Decreto 4725 .* Bogota D.C : s.n., 2005.

**MINISTERIO DE SALUD. 2017.** *Resolución 434 de 2001.* Bogota D.C : s.n., 2017.

**MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. 1995.** *Decreto 692.* Bogota D.C : s.n., 1995.

**MINSALUD-COLCIENCIAS. 2015.** *Guía de Práctica Clínica para Amputaciones.* Bogota : s.n., 2015. 978-958-8903-34-7.

**MOUSER ELECTRONICS. 2017.** Cypress PSoC ® (Sistema programable en chip). [En línea] 2017. [Citado el: 26 de 09 de 2017.] <https://www.mouser.com/new/cypress-semiconductor/cypress-psoc/>.

**NATIONAL INSTRUMENTS. 2017.** Introducción a la Tecnología FPGA: Beneficios Principales. [En línea] 2017. [Citado el: 10 de 09 de 2017.] <http://www.ni.com/white-paper/6984/es/>.

**NAVARRO, Rafael. 2017.** *Electroneurografía.* s.l. : Universidad de Alcalá, 2017.

**NIH. 2017.** *Instituto nacional del cancer EEUU/Angiogenesis.* EEUU : Diccionario de cancer , 2017.

**OCAMPO M. 2010.** *Amputaciones de miembro inferior: Cambios funcionales.* Bogotá : Universidad del Rosario, 2010. ISSN:17941318.

**OMS. 2016.** *Informe mundial sobre la diabetes.* Ginebra, Suiza : s.n., 2016. Pag 2.

**OVIEDO, UNIVERSIDAD DE. 2007-2008.** *Introducción a Matlab.* Oviedo : s.n., 2007-2008.

**PENADES, Jose. 2015.** *Bacteriophage-mediated spread of bacterial.* s.l. : Elsevier, 2015. j.mib.2014.11.019.

**PIMIENTA, Elsa. 2012.** *Tratamiento con bacteriófagos como una alternativa antimicrobiana potencial.* s.l. : Revista CENIC Ciencias Biológicas, 2012.

**PLUS, MEDLINE. 2017.** Extirpación de Bazo. [En línea] 2017. [Citado el: 14 de 08 de 2017.] <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002944.htm>.

*Polymeric nanogels: a new alternative for drug delivery.* **ESCALONA, Oscar y QUINTANAR, David. 2014.** 3, Universidad Nacional Autónoma de México : Revista Mexicana de Ciencias Farmaceuticas , 2014, Vol. 45 .

**PORTAL ABC TECNOLOGIA. 2013.** ¿Qué es Raspberry PI y para qué sirve? [En línea] 2013. [Citado el: 20 de 07 de 2017.] <http://www.abc.es/tecnologia/informatica-hardware/20130716/abci-raspberry-como-201307151936.html>.

**PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. 2017.** *DECRETO 917 DE 1999.* Bogota D.C : s.n., 2017.

**RAE. 2017.** Diccionario Real Academia Española /Amputar. [En línea] 2017. [Citado el: 15 de 03 de 2017.] <http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=amputar>.

**RAE. 2017.** Real Academia Española /Bacteriófago. [En línea] 2017. [Citado el: 06 de 03 de 2017.] <http://dle.rae.es/?id=4l7bJ8p>.

**RAE. 2017.** Septicemia. [En línea] 2017. [Citado el: 26 de 06 de 2017.] <http://dle.rae.es/?id=Xd8WT28>.

**RAVINDRA, Sarode. 2017.** *Aféresis terapéutica.* Texas : s.n., 2017.

**REAL FÉLIX, Denisse. 2017.** *Estudio del efecto de pH y la temperatura en la liberación controlada de teofilina a partir de hidrogeles de redes interpenetradas formadas por Poli(acrilamida) y Poli(ácido-γ-glutámico).* 2017. Tesis 20918.

**RESTREPO C. 2009.** *Plasmaféresis terapéutica, tipos, técnica e indicaciones en medicina interna.* Manizales : Acta medica Colombiana, 2009. Vol. 34.

**RIVERO, Tanner. 2008.** *Liquido Amniotico.* s.l. : Gineco-Obstetra at SSS, 2008.

**RIZNA, Abdul Cader. 2013.** *Coupled Plasma Filtration and Adsorption (CPFA): A Single Center Experience.* Malaysia : s.n., 2013. Research Article,10.5812.



**SEGUNDO, Nallelyt. 2010.** *Bacteriophages as an alternative in the treatment of bacterial infection diseases (Phage Therapy)*. Mexico : Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas, 2010.

**SNELL, Richard. 2003.** *Neuroanatomía Clínica*. Madrid : MÉDICA PANAMERICANA S.A., 2003. Propiocepción Pag 172.

**SURESTE, UNIDAD HIPERBARICA DE. 2017.** *Que es la oxigenacion hiperbarica* . 2017.

**TARANTINO, Franciso. 2009.** *Propiocepción: Introducción teorica*. Madrid : s.n., 2009. Pag 1.

**TEXAS HEART INSTITUTE. 2017.** *¿Qué es la máquina de circulación extracorpórea?* Texas : s.n., 2017.

**TORTORA, Gerald. 2006.** *Principios de Anatomía y Fisiología. 11ª edición*. México : Editorial Médica Panamericana, 2006. Cap 14.

**UNIVERSIDAD DE SALAMANCA. 2017.** Diccionario medico-biologico Universidad de Salamanca [Citaferesis]. [En línea] 2017. [Citado el: 20 de 03 de 2017.] <https://dicciomed.usal.es/palabra/citaferesis>.

**WEBER, Beata. 2001.** *BACTERIOPHAGE THERAPY*. Polonia : Kluwer Academic Publishers, 2001.

## ANEXOS

*Anexo 1. Caracterización de personas con discapacidad. DANE, 2010.*

Cuadro 2 Población con registro para la localización y caracterización de las personas con discapacidad Area de residencia y sexo, según estructuras o funciones corporales que presentan alteraciones		
Total		
Estructuras o funciones corporales	Total	
	Total	Hombres
<b>Total</b>	2.018.078	928.451
El sistema nervioso	359.134	170.477
Los ojos	348.620	155.638
Los oídos	159.778	78.759
Los demás órganos de los sentidos (olfato, tacto, gusto)	30.289	14.638
La voz y el habla	157.417	85.101
El sistema cardiorrespiratorio y las defensas	260.683	105.389
La digestión, el metabolismo, las hormonas	131.743	51.130
El sistema genital y reproductivo	63.280	31.475
El movimiento del cuerpo, manos, brazos, piernas	413.269	194.187
La piel	42.074	18.133
Otra	51.791	23.524
Fuente: DANE Marzo 2010 - Dirección de Censos y Demografía Una persona puede estar contestando afirmativamente una o más opciones		

*Fuente: DANE. <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/discapacidad>*

## Anexo 2. Monografía CRIBOD fase I

**Base de datos: Bibliográfica**

**Su búsqueda:** Guayazan Gaitán, Julián Hernando

1/1

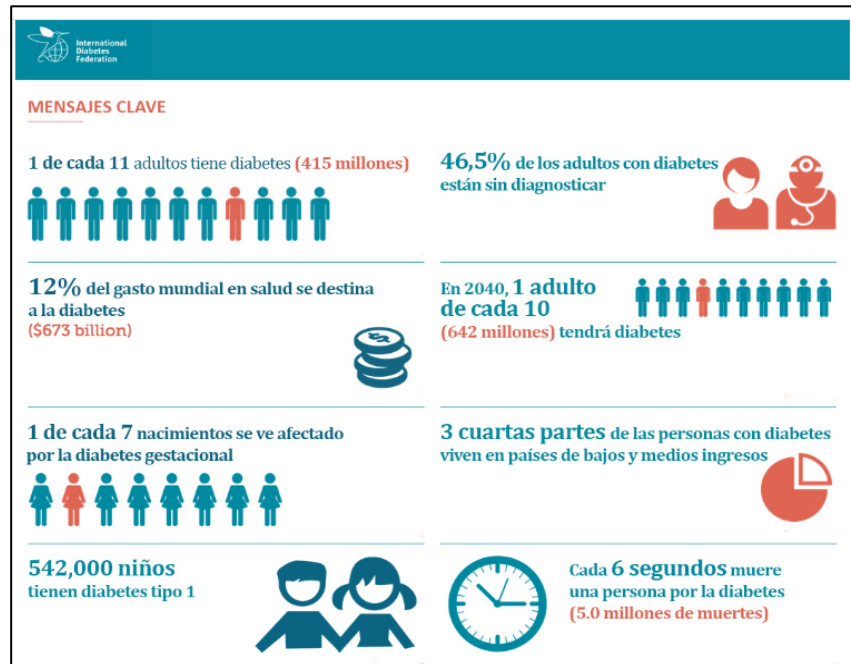
Topográfico	TEM / 738
Título	CRIBOD : (capsula de rehabilitación intratisular dérmica - orgánica bacteriofagica)
Autor Personal	Guayazan Gaitán, Julián Hernando
Datos publicación	Bogotá D.C. : Universidad ECCI, Electromedicina, Facultad de Ingeniería, 2016
Descr. Física	32 h. -- ilustraciones
Nota General	Incluye bibliografía
Nota de tesis	Trabajo de grado (Tecnólogo en Electromedicina)
Resumen:	La amputación es el corte y separación de una extremidad del cuerpo mediante traumatismo, se puede considerar como un procedimiento quirúrgico destructivo que da una solución agresiva a una enfermedad de afectación multiorgánica lo que puede poner en riesgo la integridad física y la calidad de vida de un paciente. La amputación genera un daño físico debido a que se suprime la extremidad para que la afectación en una zona específica no avance y genere daños en otras partes del cuerpo. También cabe resaltar que este método destructivo también limita la capacidad motora del paciente y genera una pérdida parcial estructural y funcional del sistema nervioso periférico de la zona/s afectada/s por la amputación. La capsula CRIBOD da una alternativa para evitar la amputación, por medio de la combinación de dos tratamientos que permiten la recuperación parcial o total de la extremidad con el daño y así disminuir la tasa de amputaciones que hay en el mundo aportando a la mejora de la calidad de vida. El tratamiento propone como posible resultado la disminución considerable de los casos de amputaciones y remplazos por prótesis, dejando a un lado la pérdida de la capacidad sensitiva y de respuesta. El CRIBOD se postula como una solución ya que permite una recuperación tanto física como nerviosa de la extremidad por medio de un complejo monoclonal asistido por vacío por control asistido (VAC) y el suministro de bacteriófagos a la extremidad a tratar.
Temas/Materias	<a href="#">TECNOLOGÍA EN ELECTROMEDICINA-TESIS Y DISERTACIONES ACADÉMICAS</a> <a href="#">SISTEMA NERVIOSO</a> <a href="#">CALIDAD DE VIDA</a> <a href="#">BACTERIOLOGÍA MÉDICA</a>
Coautores	<a href="#">Ordoñez Narváez, Luis Enrique</a> <a href="#">Jaramillo Díaz, Ricardo . Asesor</a>

**Clic para ver ubicación y copias disponibles**

Topográfico	Vol./Ejem.	Estado del documento	Ubicación
TEM/738	Ej.1	DISPONIBLE	Repositorio Institucional

Fuente: Biblioteca Universidad ECCI

### Anexo 3. IDF DIABETES ATLAS – 7 EDITION



Fuente: <http://www.diabetesatlas.org/key-messages.html>

### Anexo 4. Noticia, Si hay salida para los amputados, Periódico el TIEMPO.

EL TIEMPO | Si hay salida para los amputados

## Sí hay salida para los amputados

(EDICION BOGOTA) Perder alguna parte del cuerpo es una situación traumática para cualquier persona, no importa la edad ni la circunstancia en que se dé.

Por: **CARLOS F. FERNÁNDEZ** | 19 de abril de 2006, 05:00 am

Comentar En Colombia, las amputaciones - pérdida o ausencia total o parcial de un miembro o una extremidad- no solo se dan por enfermedades, sino por accidentes de toda índole y por el conflicto armado.

Facebook

Twitter Aunque no hay cálculos exactos, la Asociación Colombiana de Medicina Física y Rehabilitación estima que la incidencia de amputación en el país se da de 200 a 300 personas por cada 100 mil habitantes. Esta cifra se calcula teniendo en cuenta que del 10 por ciento de discapacitados colombianos, entre el 5 y el 10 por ciento son amputados.

Google+

LinkedIn

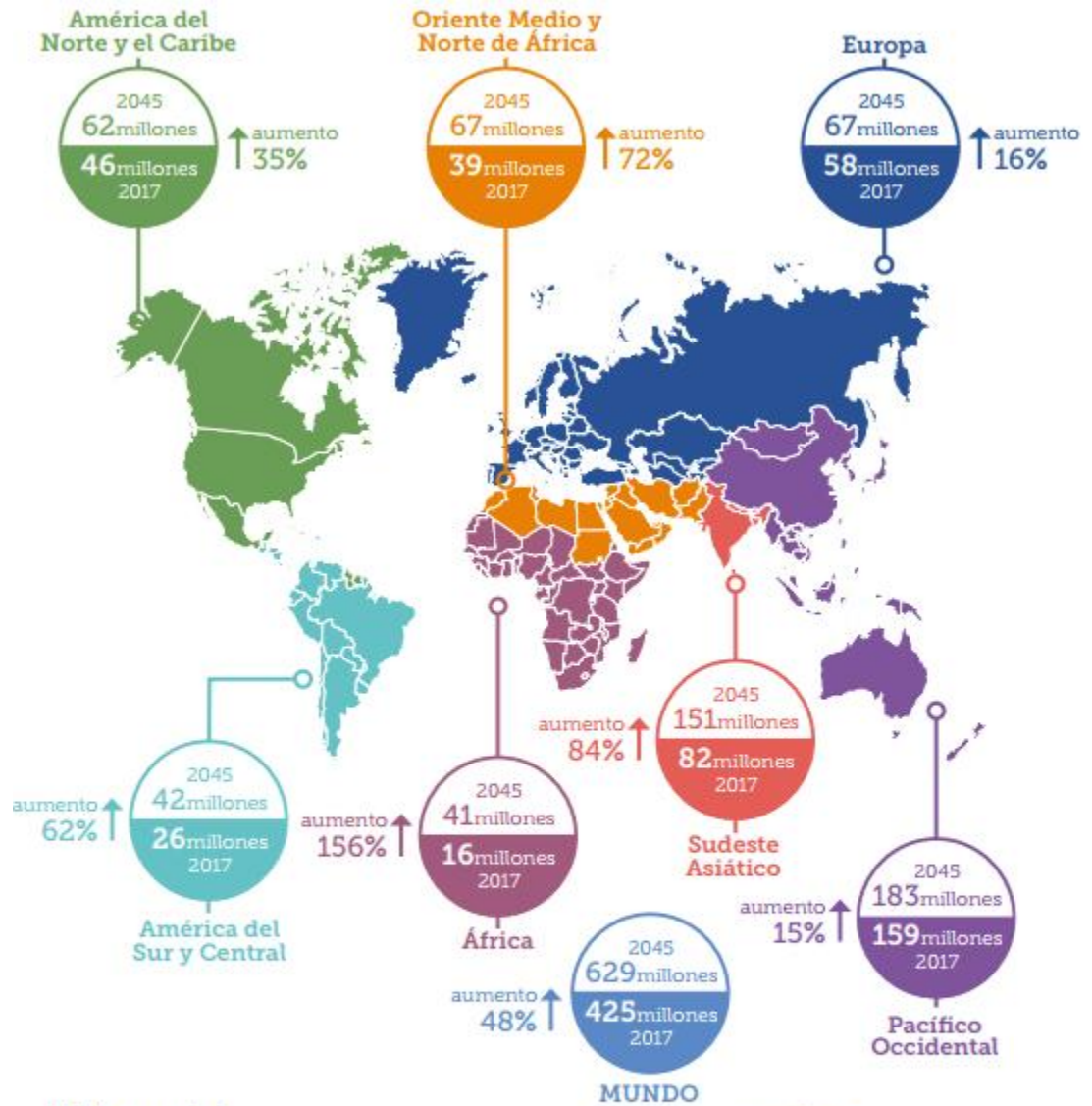
Enviar El número se incrementa en población con factores de riesgo como la diabetes, los sistemas vasculares y las enfermedades crónicas.

¿Cuáles son las causas de una amputación? Las más comunes son las traumáticas, ocasionadas por accidentes de tránsito, violencia común, accidentes laborales, enfrentamientos armados, minas antipersona, congelación y quemaduras.

Desde 1990 hasta el 2004, el Observatorio de Minas de la Vicepresidencia de la

Fuente: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1992341>

Anexo 5. Cifras IDF Atlas edición 8



Diabetes por edad



Fuente: <https://www.idf.org/e-library/welcome.html>

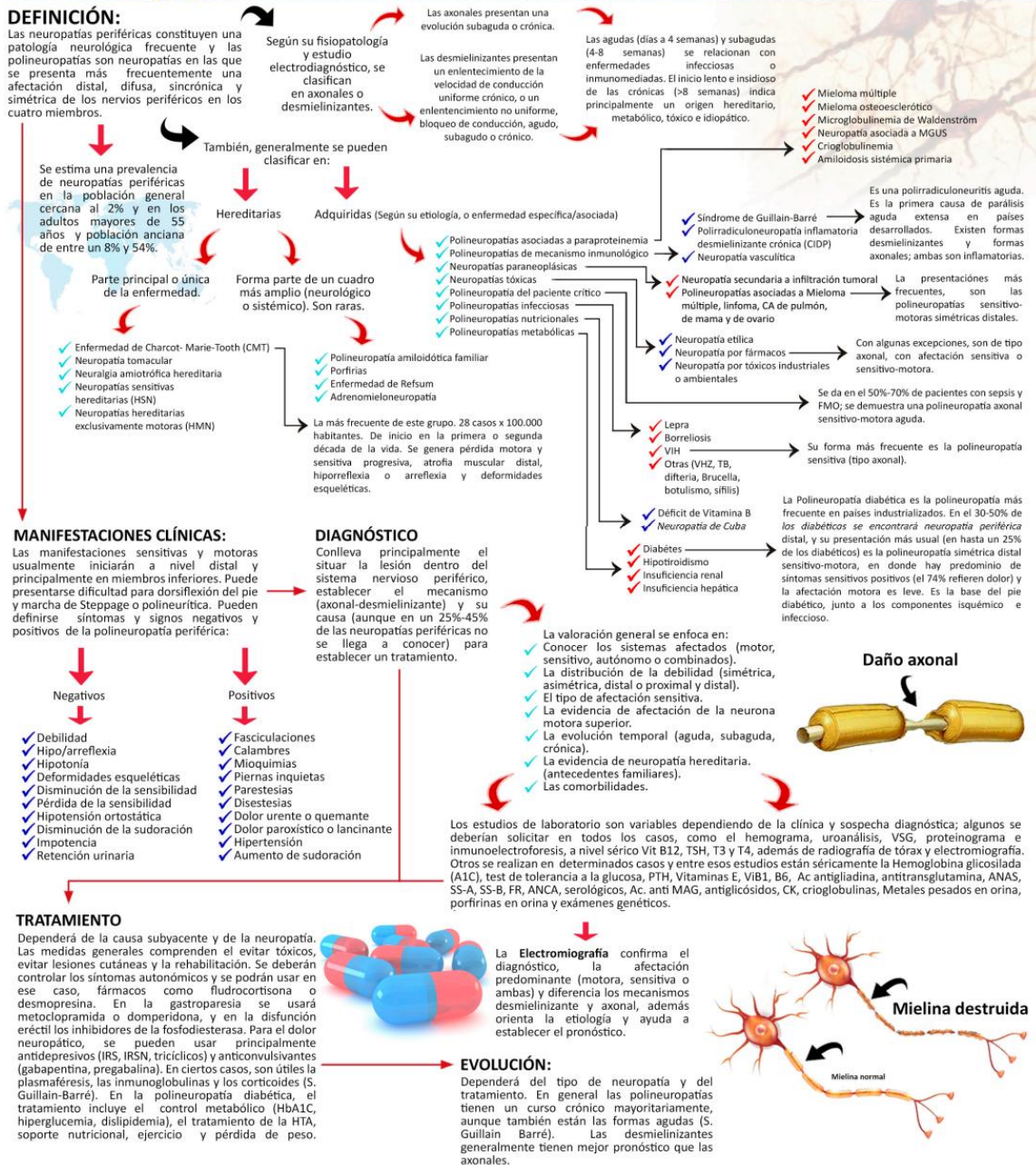


Anexo 6. Polineuropatías periféricas



**JORGE ANDRÉS ROSERO NARVÁEZ<sup>1</sup>, NELSON ADOLFO LOPEZ GARZÓN<sup>1</sup>**  
**1. DEPARTAMENTO DE MEDICINA INTERNA, FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD, GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN SALUD(GIS), CARDIOUNICAUCA, POPAYÁN, COLOMBIA.**

# POLINEUROPATÍAS PERIFÉRICAS



Fuente:

<https://www.anmdecolombia.net/attachments/article/527/Polineuropatias%20UNICAUCA.pdf>

*Anexo 7. Tabla de criterios de valoración osteoarticular*

Concepto	Segmento evaluado	Restricción de movimiento	Anquilosis
<b>1. Articulación con alteración de sus arcos de movimiento en varios ejes.</b>	Columna vertebral	Calcular deficiencias de cada eje, luego sumar aritméticamente los valores de todos los ejes, lo cual corresponde a la deficiencia global.	Calcular deficiencias en cada eje, luego tomar el mayor valor de todos y este será la deficiencia global.
	Extremidades superiores e inferiores.	Calcular deficiencias de extremidad de cada eje, luego sumarlos aritméticamente, luego ponderar a deficiencia global.	Calcular deficiencias de extremidad de cada eje, luego elegir el mayor valor y ponderarlo a deficiencia global.
<b>2. Varias articulaciones en el mismo segmento.</b>	Columna vertebral	Combinación de valores de las deficiencias globales de cada articulación.	Combinación de valores de las deficiencias globales de cada articulación.
	Extremidades superiores e inferiores	Combinación de valores. Excepto en dedos.	Combinación de valores.
	Dedos	Calcular la deficiencia de dedo de cada articulación, sumarlasy luego ponderar hasta Deficiencia global	Calcular la deficiencia de dedo de cada articulación, sumarlasy luego ponderar hasta Deficiencia global.
<b>3. Varias lesiones en diferentes segmentos</b>	Columna vertebral	Combinación de valores.	Combinación de valores.
	Extremidades superiores.	Combinación de valores.	Combinación de valores.
	Extremidades inferiores	Combinar valores excepto en artejos. Calcular la deficiencia de cada artejo y luego sumar la deficiencia de extremidad y ponderar a global.	Combinación de valores.

Fuente: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=29545#0>