



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**TRANSICIÓN ESCUELA-EJERCICIO
PROFESIONAL: CASO DE LOS
INGENIEROS EN EL ÁREA
BIOMÉDICA**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniera Eléctrica Electrónica

P R E S E N T A

Graciela Paola García Franco

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Rodolfo Peters Lammel



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por darme el apoyo para concluir la carrera y por darme la visión de una vida mejor y el hábito de luchar por todo lo que uno se propone a través del trabajo y esfuerzo.

También al Ing. Rodolfo Peters Lammel por la paciencia que me ha tenido a lo largo de todo este proceso y además por haberme abierto las puertas del Instituto de Ingeniería lo cual me brindó la oportunidad de trabajar con un excelente ingeniero y conocer a un gran ser humano, que a través de sus pláticas y su apoyo me fortaleció para salir al mundo laboral.

De igual forma extendiendo mi gratitud a M.I Vicente Flores Olvera y M.I María del Socorro Guevara Rodríguez por su valioso apoyo para la conclusión de esta gran historia, pues sin este, no tengo duda que las dificultades a sortear hubiesen sido mayores.

No podría dejar de lado, el agradecimiento a una gran persona que hoy tengo el honor de llamar amigo el Ing. Gerardo Niembro, que sin conocerme tuvo a bien otorgarme el mayor obsequio que se puede otorgar a cualquier persona su tiempo, su conocimiento y me alentó a concluir este proceso.

Y por último a una gran mujer llamada Elsa que ha estado a mi lado apoyándome y dándome ánimos cuando lo he necesitado, así como su orientación para enriquecer el presente trabajo.

TRANSICIÓN ESCUELA-EJERCICIO PROFESIONAL: CASO DE LOS INGENIEROS EN EL ÁREA BIOMÉDICA

Contenido

INTRODUCCIÓN	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2. OBJETIVOS	4
3. MARCO CONTEXTUAL	5
3.1 Reseña Histórica	5
3.2 Escuelas que Imparten la Carrera de Ingeniería Biomédica	7
3.3 Conceptos.....	10
3.3.1 Ingeniería Eléctrica Electrónica IEE	10
3.3.2 Ingeniería Biomédica IB.....	11
3.3.3 Ingeniería Clínica IC	11
3.3.4 Ingeniería Electromédica IEm.....	11
3.3.5 Ingeniería de Sistemas Biomédicos ISB	11
3.3.6 Física Biomédica FB	11
3.4 Niveles de Atención Médica	12
3.5 Análisis Comparativo del Plan de Estudios de las Carreras de Ingeniería Eléctrica Electrónica “IEE” e Ingeniería en Sistemas Biomédicos “ISB” Impartida en la Facultad de Ingeniería “FI” de la UNAM.....	14
3.6 Áreas de Impacto de la Ingeniería Biomédica.....	27
3.7 Campo de Acción de el/la Ingeniero/a Biomédico en el Medio Hospitalario	28
4. PROTOCOLOS DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL HOSPITAL.....	30
5. SISTEMAS DEL CUERPO HUMANO	33
5.1. Sistema Respiratorio	34
5.2. Sistema Cardiovascular	38
6. EQUIPO HOSPITALARIO	40
6.1. Monitor de Signos Vitales	40
6.2. Máquina de Anestesia.....	55
6.3. Aspirador Quirúrgico.....	57

6.4. Desfibrilador	60
6.5. Carro de Resucitación.....	63
6.6. Unidad de Electrocirugía	63
6.8. Cuna de Calor Radiante	67
6.8. Lámparas Quirúrgicas.....	71
6.9. Colposcopio	72
6.10. Bomba de Infusión	74
6.11. Torniquete Neumático	76
6.12. Ventilador.....	77
6.13. Cardiotocógrafo	80
6.14. Autoclave.....	83
6.15. Tomógrafo	87
6.16. Ultrasonido.....	90
6.17. Mastógrafo.....	94
6.18. Densitómetro	96
6.19. Angiógrafo.....	99
7. SERVICIO PREVENTIVO Y FALLAS COMUNES EN LAS MÁQUINAS DE ANESTESIA.	102
7.1 Componentes Mecánicos del Ventilador	105
8. CONCLUSIONES.....	113
9. ANEXO 1: PLANES DE ESTUDIO DE IB DEL IPN Y UAM	115
10. REFERENCIAS.....	117
Bibliografía	117
Bibliografía	125
Bibliografía	127

INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>i 1 Prótesis de dedo</i>	5
<i>i 2 Dios Huitzilopochtli</i>	5
<i>i 3 Niveles de atención médica</i>	12
<i>i 4 Tercer nivel de atención</i>	133
<i>i 5 Uniforme zona gris</i>	322
<i>i 6 Diagrama del sistema respiratorio</i>	344
<i>i 7 Sistema respiratorio</i>	344
<i>i 8 Volúmenes y capacidades pulmonares</i>	366
<i>i 9 Corazón</i>	399
<i>i 10 Monitor de signos vitales</i>	40
<i>i 11 Sensor de oxígeno</i>	422
<i>i 12 Gráfica de SpO2</i>	433
<i>i 13 Sensor Spo2</i>	433
<i>i 14 Latiguillos</i>	455
<i>i 15 Conexión de 6 latiguillos</i>	477
<i>i 16 Brazaletes</i>	477
<i>i 17 Transductor de membrana</i>	499
<i>i 18 Circuito de PI</i>	511
<i>i 19 Espirómetro</i>	533
<i>i 20 Gasto cardiaco</i>	545
<i>i 21 Máquina de anestesia</i>	555
<i>i 22 Canister</i>	566
<i>i 23 Circuito de paciente</i>	577
<i>i 24 Aspirador portátil</i>	588
<i>i 25 Regulador de vacío</i>	599
<i>i 26 Gomco</i>	599
<i>i 27 Desfibrilador</i>	6060
<i>i 28 Señal registrada de una desfibrilación y taquicardia ventricular</i>	60
<i>i 29 Desfibrilación externa</i>	611
<i>i 30 Capacitor de desfibrilador</i>	622
<i>i 31 Electrocauterio</i>	644
<i>i 32 Bisturí electrónico</i>	644
<i>i 33 Efecto de ley de Joule</i>	655
<i>i 34 Principio de radiación de la cuna de calor radiante</i>	688
<i>i 35 Cuna de calor radiante</i>	699
<i>i 36 Lámpara de quirúrgica</i>	711
<i>i 37 Colposcopio</i>	722
<i>i 38 Bomba de infusión</i>	755
<i>i 39 Boquilla</i>	799
<i>i 40 Circuito de paciente</i>	799
<i>i 41 Transductor de cardiotocógrafo</i>	811
<i>i 42 Feto</i>	823
<i>i 43 Clasificación de las autoclaves</i>	844
<i>i 44 Componentes de una Autoclave</i>	856
<i>i 45 Tomógrafo</i>	87
<i>i 46 Funcionamiento de un tomógrafo</i>	88
<i>i 47 Partes del generador de rayos X</i>	900
<i>i 48 Transductor electrónico de arreglo lineal</i>	92
<i>i 49 Tipos de transductores</i>	93

<i>i 50 Mastógrafo</i>	944
<i>i 51 Densitómetro</i>	96
<i>i 52 Hueso</i>	96
<i>i 53 Medición del talón con ultrasonido</i>	98
<i>i 54 Angiógrafo</i>	99
<i>i 55 Arco en C con mesa</i>	101
<i>i 56 Sensor para la calibración</i>	103
<i>i 57 Máquina de anestesia GE</i>	104
<i>i 58 Componentes de sensado</i>	105
<i>i 59 Componentes del ventilador</i>	1055
<i>i 60 Componentes del fuelle</i>	1055
<i>i 61 Maq. Ans. parte mecánica 1</i>	106
<i>i 62 Maq. Ans. parte mecánica 2</i>	1066
<i>i 63 Maq. Ans. parte mecánica 3</i>	107
<i>i 64 Maq. Ans. parte mecánica 4</i>	107
<i>i 65 Maq. Ans. parte mecánica 5</i>	1077
<i>i 66 Maq. Ans. parte de los sensores 1</i>	108
<i>i 67 Maq. Ans. parte de los sensores 2</i>	108
<i>i 68 Maq. Ans. parte de los sensores 3</i>	1088
<i>i 69 Maq. Ans. parte de los sensores 4</i>	109
<i>i 70 Maq. Ans. parte de los sensores 5</i>	10909
<i>i 71 Maq. Ans. parte mecánica 6</i>	110
<i>i 72 Maq. Ans. parte mecánica 7</i>	110
<i>i 73 Maq. Ans. fuelle 1</i>	110
<i>i 74 Maq. Ans. fuelle 2</i>	1100
<i>i 75 Maq. Ans. montado 1</i>	111
<i>i 76 Maq. Ans. montado 2</i>	1111
<i>i 77 Maq. Ans. montado 3</i>	112
<i>i 78 Maq. Ans. montado 4</i>	1122
<i>i 79 Maq. Ans. montado 5</i>	113

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad el ser una guía para todas aquellas personas interesadas en tener un panorama general del tipo de aparatos que actualmente se encuentran en un hospital, y con los cuales ha de enfrentarse el/la Ingeniero/a Biomédico en la práctica laboral.

El objetivo que se persigue es ofrecer un documento accesible para egresados del área de biomédica, que les permita tener un primer acercamiento con el ambiente hospitalario, a través de una guía que busca vincular la ingeniería con el aspecto médico.

Ya que en la actualidad es poca la literatura que brinda a los egresados de estas carreras o cualquier persona interesada en el tema, la oportunidad de comprender de manera general e introductoria la vinculación que se requiere entre el conocimiento de ingeniería y conceptos básicos médicos, para desempeñarse en la Ingeniería Clínica.

Lo anterior surge a partir de identificar un problema constante entre las personas egresadas, no solo de Ingeniería Eléctrica Electrónica (IEE) o de Ingeniería de Sistemas Biomédicos (ISB) de la UNAM, sino también entre aquellas personas egresadas de otras instituciones como la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) o el Instituto Politécnico Nacional (IPN) que su formación tiene un mayor énfasis en el aspecto médico-biológico. Al momento de enfrentarse al ámbito laboral se les dificulta el llevar a la práctica el conocimiento adquirido a lo largo de su formación, como resultado de la falta de conocimiento del ámbito hospitalario que puede ir desde el desconocimiento de los protocolos de seguridad, conocer los equipos que se encuentran en este, hasta lo más grave para un Ingeniero Biomédico, no saber reparar los equipos.

Para ello hablaré de algunos conceptos básicos referentes a la profesión, con el fin de establecer diferencias entre ingeniería clínica, biomédica, de sistemas biomédicos, electromedicina, física biomédica y eléctrica electrónica; así mismo daré una breve reseña histórica de las primeras aplicaciones de la ingeniería en el área médica y cómo se encuentra México en la actualidad en este rubro; de igual manera mencionaré las escuelas que imparten esta carrera.

Abordaré la clasificación de los tres niveles de atención médica, la cual servirá como base para comprender el campo de acción de el/la Ingeniero/a Biomédico, que servirá de base para el análisis del plan de estudios de las carreras de Ingeniería en Sistemas Biomédicos "ISB" e Ingeniería Eléctrica Electrónica "IEE".

Lo anterior nos dará un panorama general de las diferencias entre las carreras de ISB e IEE y los cambios que ha tenido esta última a través de los años en el módulo de salida de ingeniería biomédica.

Describiré algunas de las actividades en las cuales e/la Ingeniero/a Biomédico puede involucrarse en el ambiente laboral, ya que no sólo se le requiere en el área médica. A propósito de este tema, describiré algunas de las áreas de oportunidad de esta carrera, las cuales he podido detectar a través de mi práctica profesional.

Posteriormente con el propósito de permitir una amplia comprensión de los alcances del servicio que la/el Ingeniera/o Biomédico presta, haré mención al campo de acción del mismo.

A pesar de que el tema fundamental son los equipos, no dejo de lado la importancia que se debe dar a la seguridad, es por ello que antes de hablar de los equipos, mencionaré los cuidados que se deben tomar en consideración para reducir riesgos.

Continuaré con la descripción de la fisiología del ser humano la cual nos permitirá el entendimiento del principio de funcionamiento de los equipos que se abordaran en este trabajo.

Como aportación especial incluiré un apartado que aborda las autoclaves desde su clasificación general o principio de funcionamiento, pasando por la diferenciación entre autoclaves que utilizan óxido de etileno (ETO) y autoclaves que utilizan vapor para esterilizar; hasta los problemas que se presentan para su mantenimiento.

Este punto es relevante no sólo por la importancia de esterilizar correctamente el instrumental, ropa quirúrgica y equipo que se utiliza en cualquier área médica, sino también por los riesgos que se pueden correr si no se utiliza de manera adecuada, al ser considerados por la norma ASME como equipo bajo presión.

Resulta en una aportación especial, pues al haber pocas fuentes de información que permitan desarrollar el diseño, fabricación y reparación de las autoclaves, el recuperar este conocimiento a partir de la experiencia profesional proporciona riqueza, ya que esta información no es de fácil acceso.

Finalmente se presenta la aportación principal del presente trabajo, la guía de mantenimiento a máquinas de anestesia donde se encontrará la información relacionada con el servicio preventivo y fallas comunes de las mismas. Conocimiento que solo se puede adquirir trabajando en ciertas empresas, por lo tanto las personas recién egresadas no pueden acceder a este. De tal manera que esta guía puede ser de gran importancia para aquellas personas que se inician en el ámbito de la Ingeniería Clínica al proporcionarles un primer acercamiento en relación de las posibles actividades a desempeñar en esta área.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una de las áreas de mayor interés para mí fue la ingeniería biomédica, la cual elegí como módulo de salida. Al terminar la carrera me di a la tarea de insertarme en el ámbito laboral, el cual decidí que sería en el medio hospitalario. Al intentar incorporarme en este me di cuenta que el conocimiento adquirido en mi formación profesional era muy limitado, ya que no contaba con las bases necesarias para poderme insertar.

Al tratar de adquirir estos conocimientos, me di cuenta que no tenía sólidas bases en el área médico-biológica, las cuales eran fundamentales si quería desarrollarme en el área de biomédica, por lo cual me costó mucho trabajo poder sanear esas deficiencias y poderme incorporar a un hospital.

Una vez logrado incorporarme, me enfrento con otro gran reto, que era adquirir los conocimientos básicos de cómo está constituido un hospital, los protocolos de seguridad y manejo de los equipos, así como las normas a seguir; lo cual ahora entiendo que son las bases de la ingeniería clínica, que es una sub área de la ingeniería biomédica, como anteriormente se explicó.

Además de ello me doy cuenta de que hay una gran desigualdad de formación académica con respecto a otras instituciones de educación superior que imparten la carrera de ingeniería biomédica, entre ellas principalmente se encuentra la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa (UAMI) y Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología (UPIBI).

Donde su formación se basa no solo en el área de la ingeniería, sino también en el área médico-biológica y en la aplicación de la ingeniería dentro de este rubro, lo cual se puede ver en su plan de estudios.¹

No solo encontré esas dificultades, sino que también ya en el campo laboral, era evidente que aun aquellos que habían tenido una formación en el área de biomédica se encontraban con la problemática de no saber desenvolverse en un ambiente hospitalario. La dificultad se encontraba en no saber incorporar los conocimientos de su formación académica al ámbito profesional, ya que lo que aprendieron en la carrera, fue más teórico.

Ejemplo de ello, son los y las estudiantes de la carrera de IEE de la UNAM. Como anteriormente se analizó en el plan curricular no hay una materia o un tema que involucren a los/las estudiantes en casos reales y prácticos, que les ayuden a poder desarrollar sus talentos y habilidades los cuales les sirvan para tener una transición más fácil de la escuela al ejercicio profesional.

¹ En el presente trabajo no se analizaran los planes de estudios de la UAMI y UPIBI, se deja información de estos en el anexo 1, para quien lo desea pueda realizar el análisis

Es por ello que al ver esta problemática tan recurrente, me surgió el interés de realizar algo que pudiese ayudar a los nuevos talentos dentro de biomédica, para que su inserción laboral represente menos dificultades, lo cual pudiese generar un mayor desenvolvimiento dentro de este rubro.

Como anteriormente se explicó, no importa el campo de acción en que los ingenieros/as decidan incorporarse, todos tendrán contacto en algún momento con el ambiente hospitalario, ya que los equipos, los mantenimientos, las investigaciones, las capacitaciones, las mejoras que se realicen, van a ir enfocadas al área médica, lo que conlleva a tener contacto con este ambiente.

Es por ello que la finalidad de este trabajo es presentar un panorama general al estudiante que desee incorporarse a esta disciplina, de cuáles son los cuidados que se deben tener para evitar algún accidente, los protocolos que se deben seguir y así mismo el tipos de aparatos que se encuentran dentro de un hospital y como se realiza el mantenimiento preventivo de una máquina de anestesia; para ello al final del trabajo se realizará una guía detallada de los pasos a seguir, la cual estará apoyada de material fotográfico.

2. OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son los siguientes:

Hacer un documento que pueda apoyar a las personas interesadas en esta área, dándoles un panorama general del ambiente hospitalario.

Hacer una guía informativa de la seguridad que debe tener el personal biomédico, para generar un ambiente de trabajo más seguro.

Describir qué aparatos se encuentran en un hospital, así mismo describir el principio de funcionamiento de estos, para ello se partirá explicando el funcionamiento del cuerpo humano.

Además para enriquecer esta información haré una guía práctica detallada de cómo realizar el mantenimiento preventivo de una máquina de anestesia, describiré algunos de los errores más comunes que se presentan y como resolverlos. Para ello me apoyaré de material fotográfico.

3. MARCO CONTEXTUAL

Antes de definir los términos fundamentales que permiten tener una idea clara del tema, es importante hacer una breve reseña histórica de las primeras aplicaciones de la ingeniería en el área médica.

3.1 Reseña Histórica

Algunos autores consideran que la ingeniería biomédica surgió hace 3,000 años, con un dedo de madera encontrado en las tumbas egipcias, aunque hay autores que creen que esta disciplina tiene más tiempo, ya que en la imagen del dios de la guerra Huitzilopochtli se ve claramente lo que pudiese ser una prótesis de una pierna.

Aquí no entraré en detalle explicando cuál de los dos descubrimientos fue el primero, ya que la mayoría de la literatura indica que el dedo es el primer hallazgo donde se puede decir que se aplica la ingeniería para la recuperación de la salud. (Glave, Revista Ciencia y Cultura, 2010)



1 Prótesis de dedo (El blog de la salud, s.f.)



i 2 Dios Huitzilopochtli (zonaarqueologica, s.f.)

A pesar de que hay muchos descubrimientos importantes en esta área como son las aportaciones de Marie Curie sobre la radiación, o el descubrimiento del electrocardiograma por William Eindhoven o el descubrimiento de los rayos X hecho por Wilhelm Conrad Roentgen, sería importante enfocarnos a la evolución que ha tenido México en esta área, ya que los problemas que enfrentamos como sociedad no son los mismos que se presentan en otros países, es por esto que sería

importante preguntarnos ¿Qué está haciendo México en este rubro? ¿Qué aportaciones tiene en esta materia? (Posadas, 2013)

Para ello citaré la entrevista realizada de “**Montserrat Muñoz**” con el director de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica (SOMIB).

Guadalajara, Jalisco. 12 de agosto de 2015 (Agencia Informativa Conacyt).- Los grandes retos del siglo en el campo de la ingeniería biomédica son lograr la sustentabilidad, preservar la salud, reducir de manera importante la vulnerabilidad física y virtual y mejorar la de vida de las personas, según dicta la Academia Nacional de Ingeniería (NAE, por sus siglas en inglés). En México, universidades, empresas y asociaciones médicas realizan estudios e investigaciones que conlleven a la solución de estos retos, de la mano de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica (Somib).

En entrevista para la Agencia Informativa Conacyt, el ingeniero biomédico Elliot Vernet Saavedra, presidente de esta asociación civil no lucrativa fundada en 1978, habló acerca de los alcances actuales de este campo en el marco de su ponencia El futuro de la ingeniería biomédica impartida en Campus Party 2015.

Agencia Informativa Conacyt (AIC): ¿Cuál es el escenario a nivel nacional en el campo de la ingeniería biomédica?

Elliot Vernet Saavedra (EVS): Mucha parte del desarrollo en México todavía está en etapa de investigación, más que en exponer un dispositivo médico o aparato físico en el mercado. En este momento nos estamos enfocando en buscar y analizar qué problemáticas tenemos como sociedad para empezar a cerrar proyectos alrededor de ello. Aproximadamente 90 por ciento de las universidades y centros se dedican exclusivamente a la investigación.

AIC: ¿Cuál es el papel de la Somib en este proceso?

EVS: Nosotros queremos vincular los sectores académico, gubernamental y privado para que los proyectos de investigación puedan pasar a la parte de desarrollo, regulación legal, manufactura, etcétera. Y lo que hacemos en las universidades y centros es investigación básica. Una de las partes en que nos estamos enfocando mucho es en la ingeniería clínica, que es la parte de administración de recursos hospitalarios. Esto incluye control del equipo médico, infraestructura y otros conceptos.

AIC: ¿Cuáles son las principales líneas de investigación que siguen los diferentes centros del país?

EVS: Se ha dado que la actividad de la ingeniería biomédica se desarrolla en el centro del país, primero; luego en Guadalajara, Monterrey, y de ahí en el resto del país. Una de las necesidades que han surgido es en el área de imagenología; en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), por ejemplo, se están desarrollando investigaciones sobre cómo ver mejor las imágenes médicas y mejorar los procesos para obtener más información del cuerpo (a través de lecturas con dispositivos electrónicos). También hay un gran campo en la investigación en instrumentación médica, así como en el procesamiento digital de señales e imágenes médicas. Hay que notar que el ingeniero biomédico no solo ve la parte de desarrollar un equipo, sino mejorar un proceso o norma, o hacer estudios.

El especialista apuntó que otro de los retos a corto plazo es “hacer que más personas se interesen en estudiar ingeniería biomédica porque es una necesidad muy grande en el país”. Al respecto, señaló que hasta ahora se ha tenido buena aceptación, con un estimado de 500 egresados al año a nivel nacional de las carreras de Ingeniería Biomédica, Biotecnología e Ingeniería en Electromedicina. Y es que de acuerdo con Vernet Saavedra, en el año 2000 se tenía un registro de apenas tres universidades que impartían Ingeniería Biomédica como parte de su oferta académica, pasando a más de 48 a nivel nacional, con corte a los primeros meses de 2015.

AIC: ¿Cómo se trabaja con las universidades?

EVS: En general todas empiezan a hacer investigación, aunque hay universidades muy jóvenes que todavía no tienen egresados ni proyectos, pero que van empezando. Ahí es donde la Somib los apoya; dependiendo del lugar donde estén, las líneas de investigación deben adaptarse al área, ambiente y problemáticas. Un esfuerzo que se está haciendo es que varias universidades politécnicas, como la de Chiapas, Pachuca y Sinaloa, se vinculen para hacer coordinadamente los planes de estudios y homologar los conocimientos...

(Conacyt, 2015)

Si bien lo último mencionado no hace referencia a los desarrollos tecnológicos hechos en México, si nos da un gran panorama de la situación en la que nos encontramos en este rubro.

Es por ello la importancia que tiene el desarrollar este tema y el hacer una aportación a los nuevos talentos en esta área.

Antes de iniciar con la definición de algunos conceptos que son necesarios para el entendimiento del presente trabajo, hablaré de las instituciones que ofrecen la carrera de ingeniería biomédica en el país, esto con el fin de poder dar un panorama de la evolución que ha tenido el área dentro de México; para después retomar este punto y explicar la problemática que surge con respecto a la carrera de ingeniería eléctrica electrónica en biomédica.

3.2 Escuelas que Imparten la Carrera de Ingeniería Biomédica

A continuación se presentará una tabla de las instituciones que imparten la carrera en México.

Tabla 1 Elaboración propia con información de <http://www.somib.org.mx/universidades.html>

ESTADO	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	CARRERA	AÑO DE APROBACIÓN
Aguascalientes	Tecnológico de Monterrey	Ingeniería en Biotecnología	agosto del 2011
	Universidad Autónoma de Aguascalientes	Ingeniería Biomédica	15 de diciembre del 2011
Baja California Norte	Instituto Tecnológico de Tijuana	Ingeniería Biomédica	2010
	Universidad Autónoma de Baja California	Bioingeniero	-
Chiapas	Universidad Politécnica de Chiapas	Ingeniería Biomédica	-
Chihuahua	Universidad Autónoma de Chihuahua	Ingeniería Biomédica	-
	Universidad Autónoma de Ciudad de Juárez	Ingeniería Biomédica	-
	Universidad la Salle Chihuahua	Ingeniería Electromédica	-
	Tecnológico de Monterrey Campus Chihuahua	Ingeniería en Biotecnología	agosto del 2011
Ciudad de México	Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)	Ingeniería de Sistemas Biomédicos	5 de diciembre del 2014
		Física Biomédica	11 de diciembre del 2013
	Instituto Politecnico Nacional (IPN)	Ingeniería Biomédica	febrero de 1988
	Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)	Ingeniería Biomédica	1974
	Universidad Iberoamericana	Ingeniería Biomédica	1973
	Universidad de la Salle Centro México	Ingeniería Electromédica	-
	Universidad Anáhuac Campus Norte Tecnológico de Monterrey Campus Cd. De México	Ingeniería Biomédica Ingeniería en Biotecnología	- agosto del 2011
Durango	Universidad de la Salle Laguna	Ingeniería Biomédica	2008
Guanajuato	Universidad de la Salle Laguna	Ingeniería Biomédica	-
	Universidad de Guanajuato Campus León	Ingeniería Biomédica	2009
	Universidad Iberoamericana León	Ingeniería Biomédica	-
	Universidad Politécnica Bicentenario	Ingeniería Biomédica	posterior al 2010
	Universidad de Celaya	Ingeniería Biomédica	-
Jalisco	Universidad de Guadalajara	Ingeniería Biomédica	-
	Universidad Autónoma de Guadalajara	Electrónica Biomédica	-
	Tecnológico de Monterrey Campus Guadalajara	Ingeniería en Biotecnología	-
Michoacán	Instituto Tecnológico Superior P'urhepecha	Ingeniería Biomédica	2010
Nuevo León	Instituto Tecnológico de Monterrey	Ingeniería en Biotecnología	-
	Universidad de Monterrey	Ingeniería Biomédica	2010
Puebla	Universidad de las Américas Puebla Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	Ingeniería Biomédica Biomedicina	octubre del 2012
Querétaro	Universidad Autónoma de Querétaro	Ingeniería Biomédica	31 de enero de 2013
San Luis Potosí	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	Ingeniería Biomédica	-
Sinaloa	Universidad Politécnica de Sinaloa	Ingeniería Biomédica	2012
Sonora	Universidad La Salle Noroeste	Ingeniería Biomédica	-
	Instituto Tecnológico de Hermosillo	Ingeniería Biomédica	2010
Tabasco	Universidad Olmeca	Ingeniería Biomédica	-
Tamaulipas	Universidad La Salle	Ingeniería Biomédica	-
Yucatán	Universidad Modelo	Ingeniería Biomédica	2009
	Instituto Tecnológico de Mérida	Ingeniería Biomédica	-

En la tabla se muestra que la mayoría de las instituciones que imparten esta carrera se han creado posterior al año 2010, exceptuando tres instituciones que son IPN, UAM y la Universidad Iberoamericana.

Retomando la entrevista realizada al director de la SOMIB Ing. Elliot Vernet Saavedra, donde decía que ha habido un incremento de demanda de profesionales calificados en el área de ingeniería – médico-biológica; en esta tabla se puede apreciar que en tan solo 15 años la oferta educativa ha crecido exponencialmente. Habría que analizar si esto tiene relación con la oferta de mercado laboral.

Si hace 5 años se buscaba trabajo sobre ingeniería biomédica, las mayoría de las ofertas se centraban en el mantenimiento preventivo y correctivo de equipos médicos en hospitales, hoy en día al realizar la misma búsqueda laboral para ingeniero/a biomédico se puede encontrar que la oferta se ha diversificado tanto en el sector salud e iniciativa privada, esto podría responder a lo antes mencionado.

Hoy en día no solo ha habido un incremento en la oferta educativa, sino también se han generado tres áreas de especialización de la ingeniería biomédica a nivel licenciatura, estas son: la física biomédica, la ingeniería electromédica y la ingeniería en sistemas biomédicos.

Estas áreas de especialización se han generado por la necesidad de tener personal especializado en un área particular de la ingeniería biomédica.

La carrera de física biomédica se imparte en la UNAM en la Facultad de Ciencias. Esta carrera está dirigida a solucionar los problemas en el campo médico, biológico y tecnológico con aplicación en la radioterapia. (UNAM, Oferta Académica Licenciatura, 2016)

La ingeniería electromédica, es otra rama derivada de la ingeniería biomédica que se imparte en la Universidad la Salle. Esta carrera va dirigida al diseño y desarrollo de nuevas tecnologías. (Torreón, 2011)

La carrera de ingeniería en sistemas biomédicos la cual se imparte en la UNAM en la Facultad de Ingeniería. Esta va dirigida a tres áreas del sector de la salud, que son: diseño de prótesis, gestión hospitalaria y adquisición y manejo de señales biomédicas. (México U. N., Oferta académica Licenciatura)

En su mayoría todas las instituciones tienen en su mapa curricular el mismo tronco común, como son el cálculo, electricidad y magnetismo, programación, entre otras. La diferencia radica en el tronco de formación profesional.

En este tronco es donde se imparten las materias biológicas que servirán a los y las estudiantes a entender y fusionar el área de ingeniería con las áreas médico-biológicas; estas materias se empiezan a dar a partir de los semestres 4° y 5° ².

Las materias que se imparten en este tronco por mencionar algunas son: biomateriales, fisiología, bioquímica, bioinstrumentación, diseño biomédico, biología celular, morfología, procesamiento digital de señales, administración de tecnologías, entre otras.

En este punto es donde las instituciones determinan el tipo de profesionistas que van a formar para el sector laboral, mientras que en las instituciones privadas a los/las alumnos/nas los capacitan para el liderazgo y la toma de decisiones, y están orientados a puestos directivos, en las instituciones públicas los capacitan para el diseño, la investigación y la mano de obra calificada principalmente.

Esto se puede ver claramente comparando los planes de estudio de las diferentes instituciones³.

A continuación presento algunas definiciones importantes para dejar en claro los conceptos que aparecerán en el presente trabajo y lograr entender las desigualdades a las que los/las estudiantes de Ingeniería Eléctrica Electrónica se enfrentan con respecto a los/las Ingenieros/as Biomédicos que, desde mi práctica profesional, he podido observar.

3.3 Conceptos

3.3.1 Ingeniería Eléctrica Electrónica IEE

La IEE se encarga de diseñar y programar instalaciones y maquinaria eléctrica e interviene en el estudio y la puesta en operación de sistemas de comunicaciones telefónicas, televisivas y satelitales. Así mismo construye dispositivos de control de procesos industriales y de servicio, con base en microcomputadoras.

Aplica sus conocimientos en los sectores: eléctrico, de comunicaciones, salud, transporte, industrial y de servicios. **Fuente especificada no válida.**

² Varía dependiendo de la institución, pero en su mayoría son en estos semestres que se comienzan a impartir. Cabe mencionar que algunas instituciones educativas como la UAM manejan trimestres en vez de semestres.

³ Estas comparaciones no se verán en este trabajo; se anexa en la bibliografía las páginas de todas las instituciones que imparten la carrera, para que a quien le interese realizar este análisis lo pueda hacer.

3.3.2 Ingeniería Biomédica IB

La IB es una rama interdisciplinaria que aplica principios y métodos de la ingeniería, de las ciencias médico-biológicas y las ciencias físicas, Entre los conocimientos que abarca se encuentran las ciencias de: biología, fisiología, química, física, matemáticas, electrónica y computación. Esto con el fin de resolver problemas de las ciencias biológicas y de la salud, tales como comprender, modificar o controlar sistemas biológicos, así como diseñar productos que puedan monitorear funciones fisiológicas, implantar nuevas tecnologías en el medio clínico o campo biológico , mantener en óptimas condiciones a los equipos y desarrollar nuevas tecnologías . (Posadas, 2013) **Fuente especificada no válida.** (México U. N., Oferta académica Licenciatura)

3.3.3 Ingeniería Clínica IC

La IC es una especialidad de la IB. Se encarga de la gestión tecnológica en el ámbito hospitalario, particularmente auxilia al personal médico con problemas relacionados a los equipos. En otras palabras se encarga de la gestión del equipo médico y la adaptación de los instrumentos para algún fin específico. (Ariza, 2009) (Ana Victoria & Sánchez Cedillo, 2014) (Olivera, desconocido)

3.3.4 Ingeniería Electromédica IEm

Es una rama derivada de la carrera de IB. Se enfoca en la construcción e implementación de prótesis biónicas, así como equipos médicos de diagnóstico que permiten la medición y control de señales fisiológicas, además del diseño e instalación de clínicas hospitalarias. (Torreón, 2011)

3.3.5 Ingeniería de Sistemas Biomédicos ISB

Es una rama derivada de la carrera de IB. Se enfoca a la gestión hospitalaria, al diseño, integración, operación, acondicionamiento y mejora de equipo médico, así como la generación de tecnología de asistencia médica como dispositivos protésicos e instrumental médico. (UNAM, Escolar)

3.3.6 Física Biomédica FB

Es una rama derivada de la carrera de IB. Se enfoca a la especialización de los equipos de radioterapia y los avances de las técnicas terapéuticas. Es un área que conjuga los conocimientos de la medicina, física y química para resolver problemas

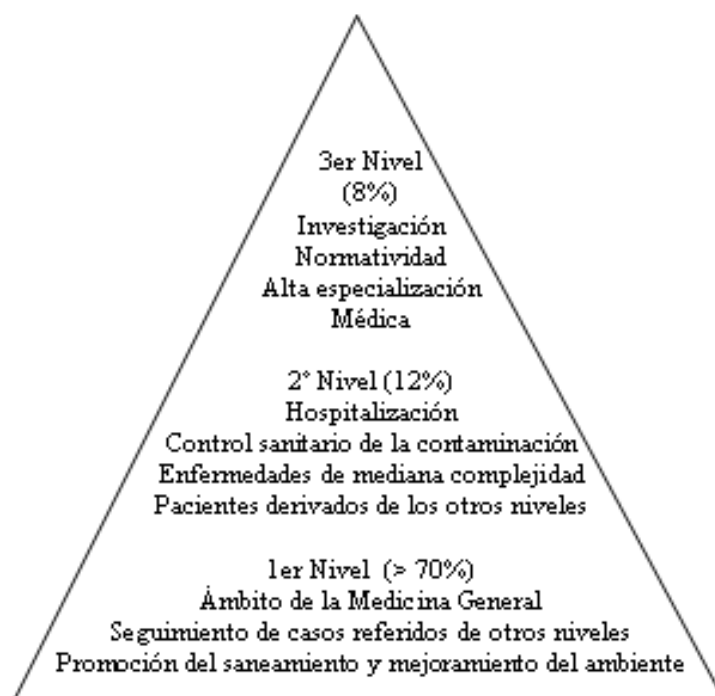
en los campos médico, biológico y tecnológico. Además ayuda a realizar acciones de protección respecto a las radiaciones. (UNAM, Oferta Académica Licenciatura, 2016)

Una vez terminadas las definiciones es importante hablar de los niveles de atención médica, ya que de aquí, parte el entendimiento del campo de acción que los/las IB van a tener, además de ayudarnos en el análisis del plan de estudios de las carreras ISB e IEE.

3.4 Niveles de Atención Médica

Los niveles de atención médica se pueden entender como el conjunto de establecimientos de salud con niveles de complejidad necesaria para resolver con eficacia y eficiencia necesidades de la salud de diferentes magnitudes y severidades. (Ángeles, 2012)

Con el objetivo de racionalizar la atención médica, proporcionar calidad en los servicios y tomando en cuenta la problemática de la salud de los usuarios, la atención a la salud se ha dividido en tres niveles de complejidad. (Dra. Martha Refugio Ortiz Posada, 2009)



i 3 Niveles de atención médica (Ortiz, 2009)

- El primer nivel de atención o atención primaria: son los centros que se ocupan de las acciones para prevenir enfermedades referentes a la medicina general, aquí se atienden patologías más frecuentes y menos graves, además se hace el seguimiento de casos referidos de otros niveles y se promueve el saneamiento del ambiente. En este nivel se tiene una relación directa con la comunidad. (Dra. Martha Refugio Ortiz Posada, 2009) (Universidad de LA PUNTA, 2011)

Los tipos de unidades que se encuentran en este nivel son: los centros de salud, clínicas rurales, salas de primeros auxilios y unidades de medicina familiar. (Dra. Martha Refugio Ortiz Posada, 2009)

- El segundo nivel de atención son los hospitales generales que se se enfocan en la promoción, restauración, prevención y diagnóstico de la salud. Aquí se brindan acciones y servicios de atención ambulatoria especializada y de hospitalización a pacientes derivados del primer nivel o de los que se presentan de modo espontáneos con urgencias médicas y/o quirúrgicas, también se enfoca en el control sanitario de la contaminación ambiental. (Dra. Martha Refugio Ortiz Posada, 2009)
- Tercer nivel de atención: son los hospitales o centros especializados donde las actividades van encaminadas a restaurar la salud y rehabilitar a usuarios referidos por los otros niveles que presentan padecimientos de alta complejidad diagnóstica y de tratamiento, a través de una o varias especialidades médicas, quirúrgicas o médico-quirúrgicas. Este nivel puede comprender también funciones de apoyo especializado para la vigilancia epidemiológica; actividades de investigación biomédica y desarrollo de recursos humanos altamente capacitados; además se emplea equipo y tecnología compleja y muy especializada. (ISSEA, 2011) (Dra. Martha Refugio Ortiz Posada, 2009)



i 4 Tercer nivel de atención (Guerrero, s.f.)

Por el tipo de complejidad que tienen los dos últimos niveles, se requiere personal calificado para el manejo, administración, servicio y saneamiento del equipo médico que se encuentran en ellos.

Por tanto es en estos niveles donde radica principalmente⁴ el campo de acción de los y las IB, ya sea en el sector salud o iniciativa privada.

Cabe mencionar que las personas que llegan a dar servicio en el primer nivel de atención médica, no requieren un conocimiento tan especializado, ya que los equipos que se encuentran en este nivel, pueden llegar a ser muy básicos y de un principio de funcionamiento nada complejo; estos pueden ser: básculas, negatoscopios, lámparas oftálmicas, mesas de exploración, entre otras.

3.5 Análisis Comparativo del Plan de Estudios de las Carreras de Ingeniería Eléctrica Electrónica “IEE” e Ingeniería en Sistemas Biomédicos “ISB” Impartida en la Facultad de Ingeniería “FI” de la UNAM.

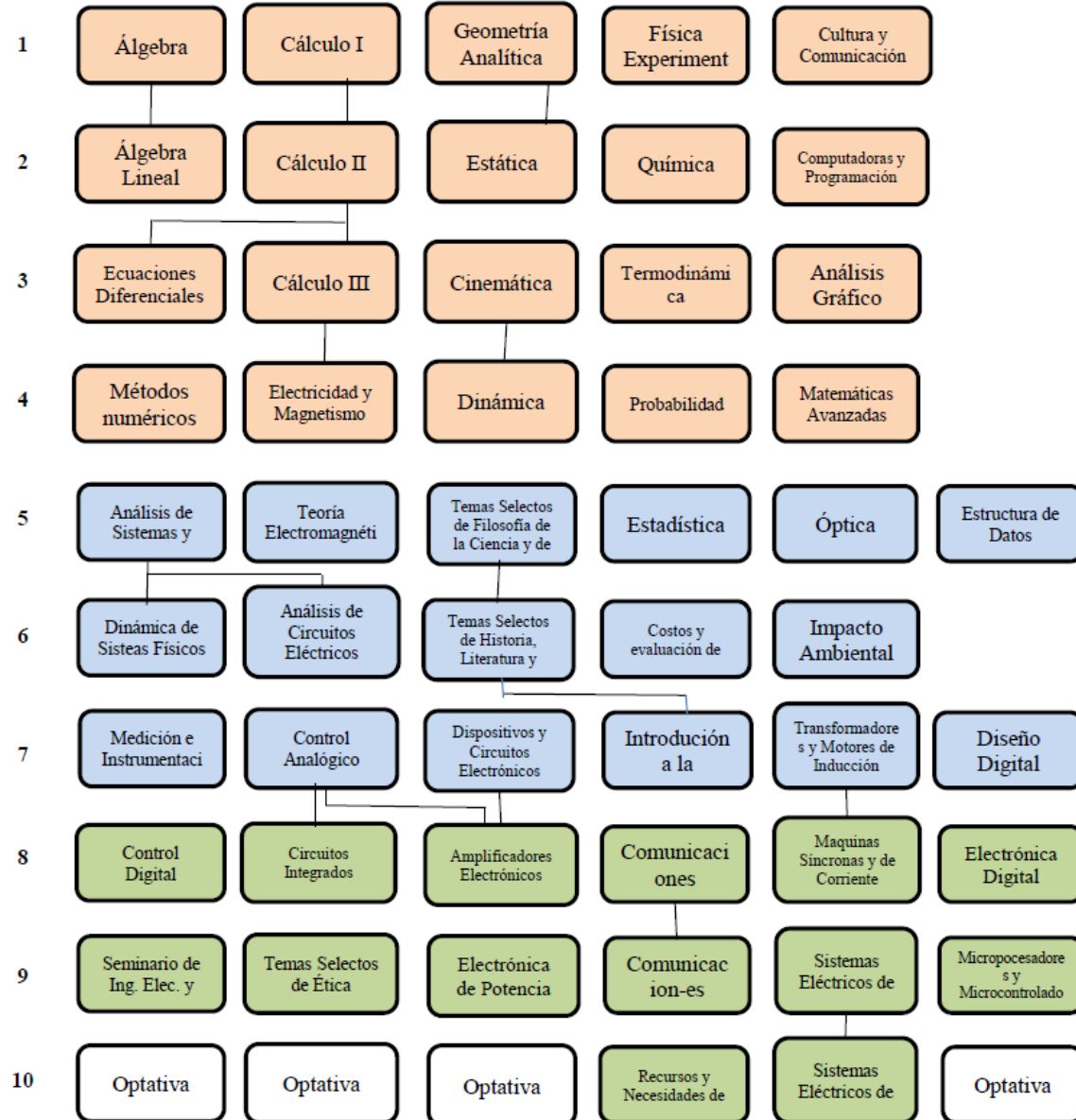
El análisis comparativo solo se realizará a las carreras impartidas en la Facultad de Ingeniería⁵ de la UNAM campus CU. Esto será para observar las ventajas y desventajas que tienen los/las alumnos/as al estudiar la carrera de ISB y la de IEE; además el análisis que se realizará entre la carrera de IEE plan 413 y el 2015, con el propósito de observar cuales han sido las aportaciones realizadas a lo largo de las modificaciones hechas a dicha carrera.

⁴ Cabe mencionar que es uno de los campos de acción de los IB, más no el único, más adelante se mencionarán distintos campos de acción.

⁵ La carrera de IEE se imparte en la FES Aragón y en la Facultad de Ingeniería campus CU.

**PLAN DE ESTUDIOS DE LA CARRERA DE INGENIERO ELÉCTRICO
ELECTRÓNICO
PLAN 413**

SEMESTRE



MÓDULO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA

Obligatorias

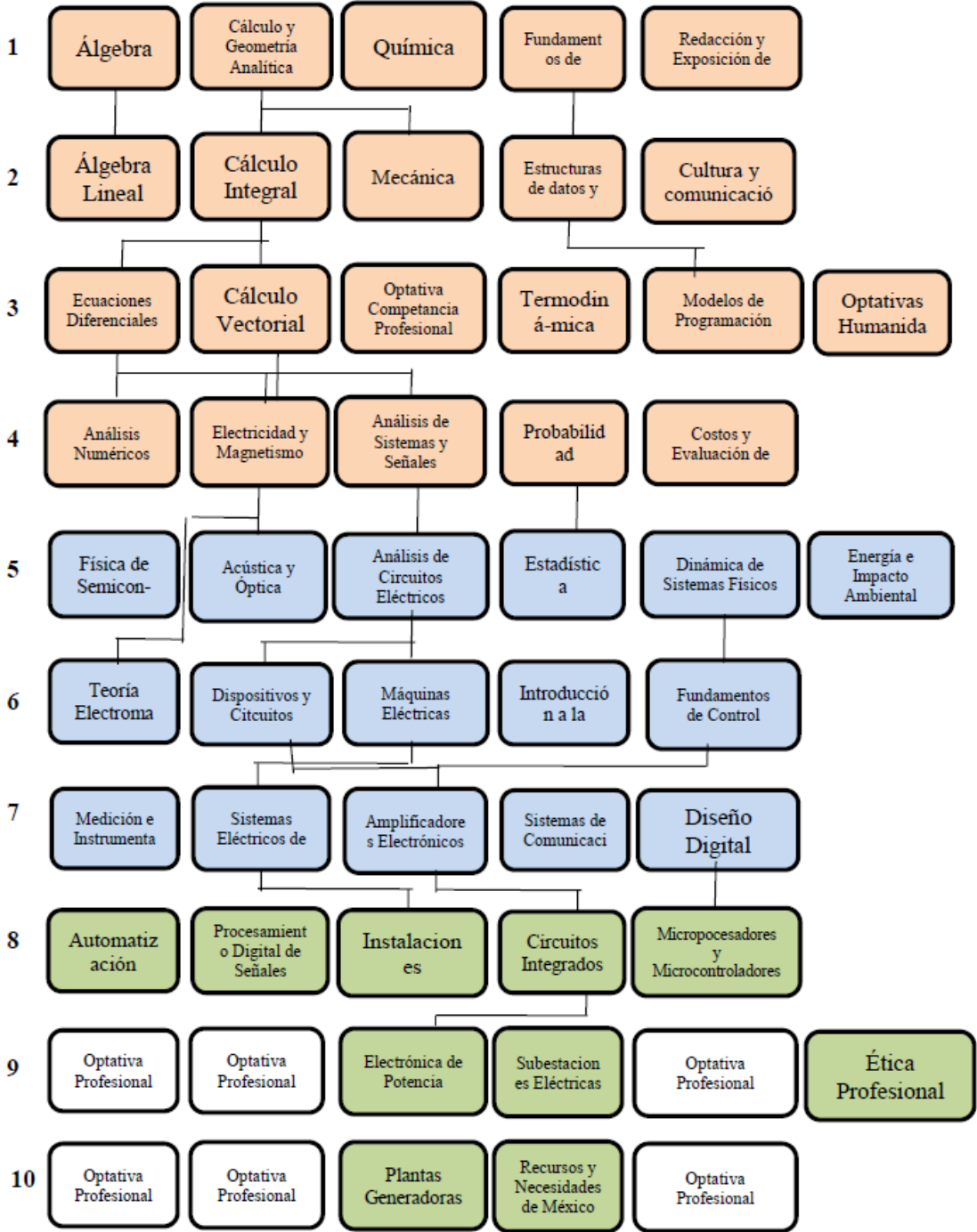
Introducción a la Fisiología
Fundamentos de Instrumentación Biomédica

Optativas

Procesamiento Digital de Imágenes Médicas
Imagenología
Aplicaciones de Optoelectrónica en Medicina
Sistemas y equipos Biomédicos Electrónicos
Redes y comunicaciones: Telemedicina
Transductores Biomédicos
Temas Selectos de Ingeniería Biomédica

PLAN DE ESTUDIOS DE LA CARRERA DE INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO PLAN 2015

SEMESTRE



MÓDULO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA

Obligatorias

Fundamentos de Instrumentación Biomédica
Fisiología del Sistema Endócrino y Nervioso
Fisiología de los Sistemas Homeostáticos
Ingeniería Clínica

Optativas

Aplicaciones de Optoelectrónica en Medicina
Audiometría
Introducción a la Biofísica
Sistemas y Equipos Biomédicos Electrónicos
Telesalud
Seguridad e Instalaciones Hospitalarias
Transductores Biomédicos
Procesamiento Digital de Imágenes Médicas
Proyecto de Investigación de Ingeniería Eléctrica
Electrónica
Temas Selectos de ingeniería Biomédica

(UNAM, Oferta Académica Licenciatura, 2016)

La carrera de ingeniero eléctrico electrónico “IEE” se imparte en la Facultad de Ingeniería campus CU (Ciudad universitaria), pertenece al departamento de la DIE “División de Ingeniería Eléctrica”, esta carrera consta de 10 semestres, los cuales se dividen en 3 bloques:

- Primer bloque

Ciencias básicas: en este bloque se imparten los conocimientos básicos de las matemáticas, como son: álgebra, física, cálculo, programación, entre otros. Se ubica en los primeros cuatro semestres.

La parte fundamental de este bloque es el dar a los/las alumnos/as la habilidad de razonamiento.

- Segundo bloque

Ciencias de la ingeniería: Está constituido por el 5°, 6° y 7° semestre; aquí se unen los conocimientos adquiridos en las ciencias básicas con materias más científicas como son: análisis de circuitos, diseño digital, óptica, entre otras; esto con el fin de dar las bases de la ingeniería aplicada, la cual es el tercer bloque.

- Tercer bloque

Ingeniería Aplicada: Este es el último bloque, el cual para fines del presente trabajo, es el más relevante, ya que aquí se adquiere los principios de la ingeniería para planear, diseñar, evaluar, construir y preservar las infraestructuras y servicios de la ingeniería.

En este se hace la elección del módulo de salida. Esta carrera cuenta con 5 opciones.

Plan 413

Módulos de salida: electrónica, sistemas digitales, electrónica para comunicaciones, energía eléctrica, y biomédica. (UNAM, Escolar)

Plan 2015

Módulos de salida: electrónica, control y robótica, sistemas energéticos, biomédica y electrónica de potencia.

Nota: En el presente análisis solo se tomará en cuenta el módulo de salida de ingeniería biomédica.

Cabe mencionar que solo se realizará la explicación de en qué consiste la materia. Para aquellas que difieran entre planes, esto con el propósito de marcar las diferencias del conocimiento transmitido a los/las alumnos/as y al final poder dar un panorama de cuáles son las ventajas y/o desventajas que se han tenido a lo largo de los cambios de planes de estudio de la carrera IEE del presente módulo.

Este módulo se divide en dos partes que son: las materias obligatorias y optativas.

Dentro de las materias obligatorias se encuentran:

Plan 413

- **Introducción a la fisiología**

Se enseña la fisiología del cuerpo humano, como son los sistemas respiratorio, nervioso, vascular, digestivo, excretor y cardiovascular y linfático. Dentro de ello se explica cómo viajan los nutrientes a través de las células, la utilización del ATP⁶, la transmisión de los mensajes del cerebro al cuerpo, la absorción de los nutrientes y demás.

- **Fundamentos de instrumentación biomédica**

⁶ Trifosfato de adenosina (ATP): Es una fuente energética, constituye una forma de almacenar y producir energía en compuestos o enlaces de alto valor energético; necesaria para todas las formas de trabajo biológico, como la contracción muscular, la digestión, la transmisión nerviosa, la secreción de las glándulas, la fabricación de nuevos tejidos, la circulación de la sangre, etc. (Montoya, 2009)

Plan 2015

- **Fundamentos de instrumentación biomédica**

- **Fisiología del sistema endócrino y nervioso**

Se enseñan la fisiología del cuerpo humano desde el punto de vista celular; como son el sistema endócrino y nervioso, además de las principales funciones celulares, las características fisicoquímicas de las hormonas, el balance del calcio y fósforo en el intestino, riñón y hueso; así como la anatomía del cerebro. (ingenierías, 2015)

- **Fisiología de los sistemas homeostáticos⁷**

Se enseña la fisiología cardiovascular, pulmonar, renal, del aparato digestivo y del sistema músculo-esquelético.

Aquí se logra entender cuáles son las propiedades del corazón, los cambios de presión y volumen de flujo sanguíneo, la propagación de la excitación cardíaca; así como la composición del aire atmosférico, los intercambios de gases a nivel tisular⁸; además de la digestión de los alimentos, la formación y reabsorción de los huesos. (ingenierías, 2015)

- **Ingeniería clínica**

Aquí se enseñan las funciones y responsabilidades de los departamentos de ingeniería clínica.

Se abordan temas cómo son: Sistema de salud, estructura organizacional de los hospitales, ingeniería clínica, administración de la tecnología médica, procesos de requisición y evaluación de uso y rendimiento de la tecnología médica.

Dentro de las materias optativas tanto para el plan 413 como para el 2015, solo se pueden elegir 2, dentro de estas se encuentran:

⁷ Sistema homeostático: Es el conjunto de fenómenos de autorregulación que lleva al mantenimiento de la constancia en las propiedades y la composición del medio interno de un organismo. (Cannon, Definición de, 2009)

⁸ Tisular: Es un adjetivo que se emplea en el ámbito de la biología para hacer referencia a aquello vinculado a un tejido (Gardey, 2015)

Plan 413

- **Procesamiento digital de imágenes médicas: Imagenología**
- **Aplicaciones de optoelectrónica en medicina**
- **Sistemas y equipos biomédicos electrónicos**
- **Redes y comunicaciones: Telemedicina**
- **Transductores biomédicos**
- **Temas selectos de ingeniería biomédica**

Plan 2015

- **Procesamiento digital de imágenes médicas**
- **Audiometría**

Se aprenderá de las propiedades de las ondas sonoras, sus características como son la presión, intensidad y niveles sonoros, los tipos de padecimientos y deterioros auditivos; así como la evaluación y medición de impedancia acústica y las respuestas del tallo cerebral. (ingenierías, 2015)

- **Introducción a la biofísica**

Se aprende conceptos básicos de la biofísica; las propiedades físicas de las biomoléculas, la estructura celular, así como sus propiedades mecánicas, térmicas y eléctricas; la anatomía del ojo y del oído, los tipos de músculos y sus características; la transformación y utilización del ATP; además de conocer las propiedades que deben poseer los materiales usados como sustitutos de tejido biológico y algunas de sus aplicaciones. (ingenierías, 2015)

- **Aplicaciones de optoelectrónica en medicina**
- **Sistemas y equipos biomédicos electrónicos**
- **Redes y comunicaciones: Telemedicina**

- **Seguridad e instalaciones hospitalarias**

Se abordan temas como son: el entorno hospitalario y las áreas de atención al paciente, la normativa hospitalaria, los riesgos que se corren en un ambiente hospitalario, los equipos médicos y seguridad eléctrica; así como las instalaciones y seguridad eléctrica en áreas de atención del paciente. (ingenierías, 2015)

- **Transductores biomédicos**

- **Proyecto de investigación de ingeniería eléctrica electrónica**

Esta materia va orientada a la metodología a seguir en el proceso de investigación. Aquí el trabajo de análisis que se realiza es la base para la opción de titulación por actividad de investigación. (ingenierías, 2015, pág. 489)

- **Temas selectos de ingeniería biomédica**

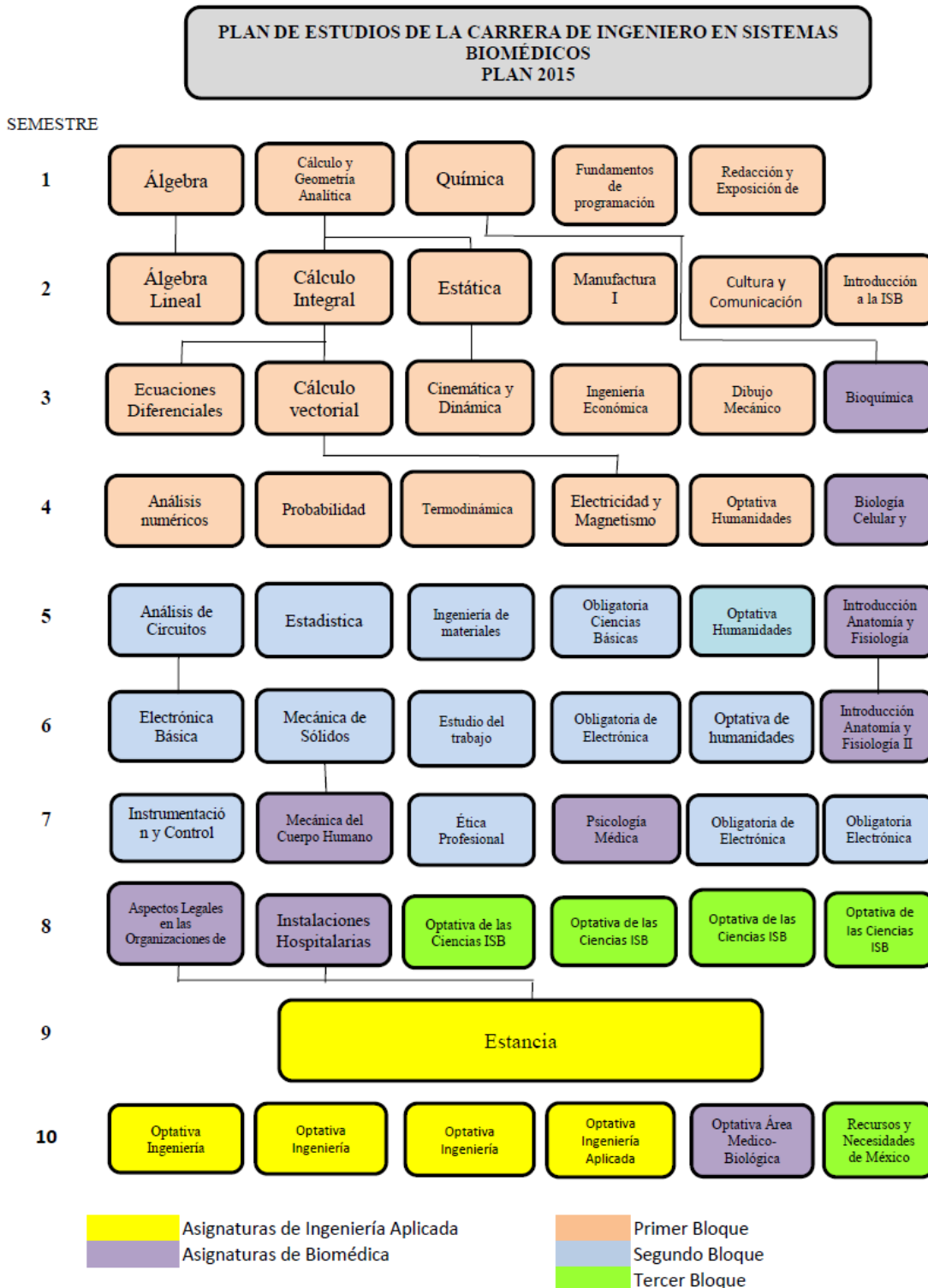
Al hacer el análisis comparativo entre los planes 413 y el 2015 se puede notar que en la modificación de dichos planes ha habido un gran esfuerzo al tratar de fortalecer el conocimiento de los/las alumnos/as en el área fisiológica, ya que no solo se estudia los diferentes sistemas del cuerpo humano sino que aquí ya se empieza a tratar las características a nivel celular. Esto se nota en las dos materias de fisiología que se imparten de forma obligatoria para el plan 2015, pero no solo eso, sino también, se empieza a hablar de una de las áreas de impacto del IB como es la IC, en donde se explica ¿qué es el Sistema de Salud?, ¿cómo está constituido un hospital?, ¿cuáles son las aportaciones que los y las IB hacen en los hospitales?.

Además de esto, ha habido un aumento en la oferta de materias a elegir, ya que se aportan conocimientos a áreas específicas del cuerpo humano, como son; la audiometría, donde no solo se ven las características de las ondas, sino también los padecimientos y deterioros auditivos; la biofísica, la cual se enfoca a la anatomía del ojo y del oído, las características a nivel celular y muscular; en esta materia a mi punto de vista es un parteaguas para aquellas personas que están interesadas en el desarrollo de prótesis, ya que por lo investigado, es la única materias en los dos planes que aborda el tema de las propiedades de los materiales que se pueden usar como sustitutos de los tejidos biológicos y sus aplicaciones.

Se puede concluir que las modificaciones que se han realizado en el plan de estudios de la carrera IEE, en el módulo de salida de biomédica, ha sufrido mejoras y nuevas aportaciones en los conocimientos.

Una vez terminado el análisis de ambos planes de estudios de la carrera de IEE se comenzará a analizar las ventajas y/o desventajas que se tiene hoy en día al

estudiar la carrera de ISB y la de IEE en biomédica. Para ello se presenta el plan de estudios y los módulos de salida para esta carrera.



MÓDULO DE INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA

Obligatorias
Matemáticas Avanzadas

Amplificación y Filtrado de señales Médicas
Análisis de Bioseñales
Circuitos Digitales
Mediciones Clínicas
Sistemas de Medición y Transductores Médicos

Optativas

Biomateriales

MÓDULO DE BIOMECÁNICA

Obligatorias

Acústica y Óptica
Biomateriales
Biocorrientes
Circuitos Digitales
Diseño de Elementos de Máquinas
Ergonomía

Biocorrientes
Calidad
Diseño de Elementos de Máquinas
Ergonomía
Evaluación de Proyectos de Inversión
Investigación de Operaciones I
Optimización de Operaciones
Planeación y Control de Recursos Hospitalarios

Optativas

Estadística Aplicada
Amplificadores y Filtrado de Señales Médicas
Análisis de Bioseñales
Calidad
Evaluación de Proyectos de Inversión
Investigación de Operaciones I
Mediciones Clínicas
Optimización de Operaciones
Planeación y Control de Recursos Hospitalarios
Sistemas de Medición y Transductores Médicos

MÓDULO DE LOGÍSTICA HOSPITALARIA

Obligatorias

Estadística Aplicada
Calidad Evaluación de Proyectos de Inversión
Investigación de Operaciones I
Optimización de Operaciones
Planeación y Control de Recursos Hospitalarios

Optativas

Amplificación y Filtrado de Señales Médicas
Análisis de Bioseñales
Biomateriales
Biocorrientes
Circuitos Digitales
Diseño de Elementos de Máquinas
Ergonomía
Mediciones Clínicas
Sistemas de Medición y Transductores Médicos

La carrera de Ingeniero en Sistemas Biomédicos “ISB” es de nueva generación. Se aprobó el 5 de diciembre del 2014 y se imparte en la Facultad de Ingeniería campus CU, con colaboración de la Facultad de Medicina; pertenece al departamento de la DIMEI “División de Ingeniería Mecánica e Industrial”, esta carrera consta de 10 semestres de los cuales se dividen en 3 bloques, similares a los antes mencionados por la carrera de IEE, estos son: ciencias básicas, ciencias de la ingeniería e ingeniería aplicada.

- Primer bloque

Ciencias básicas: A diferencia de la carrera de IEE, aquí desde el primer bloque se empiezan a dar las bases de los conocimientos básicos de la IB, la importancia de la aplicación de la ingeniería en el área de la salud en beneficio de la sociedad, la bioseguridad en el hospital, la organización estructural y funcional del sector salud, además sin dejar a un lado el conocimiento biológico como es la química orgánica, la estructura y función de las proteínas, el metabolismo celular y la biología celular y tisular. (UNAM, Ingeniería Sistemas Biomédicos, págs. 65,66,78,115)

- Segundo bloque

Ciencias de la ingeniería: además de adquirir conocimientos de electrónica, circuitos, mecánica y las propiedades de los materiales, en este bloque se adquieren los conocimientos básicos de anatomía del cuerpo humano a través de cuatro materias.

Además de ello se adquieren conocimientos de los diferentes tipos de materiales, sus características y propiedades, para con ello poder elegir de una forma eficaz el material adecuado para el uso en el cuerpo humano.

Lo más atractivo en este bloque son tres aspectos que anteriormente no se habían tomado en cuenta y que son muy relevantes en el ámbito profesional, estos son:

- la enseñanza de estrategias de incremento de productividad, minimización de tiempos y costos en sistemas de producción, lo cual se imparte en la materia estudios del trabajo.
- La mecánica del cuerpo humano, donde se enseñan el funcionamiento mecánico del cuerpo humano para el desarrollo de prótesis a través de modelos matemáticos de la operación de los diferentes sistemas, y
- psicología médica, donde se desarrollan habilidades que permiten establecer una relación profesional con el personal médico y el paciente con un principio humanista.

(UNAM, Ingeniería Sistemas Biomédicos, págs. 152,168,181,199,206)

Estos tres aspectos son relevantes, ya que tienen una aplicación tangible, dando las bases para desarrollar un proyecto más eficiente, tomando en cuenta los tiempos y costo de producción, además se empieza a dar importancia al aspecto no solo ingenieril, sino también psicológico del paciente en el momento de diseñarle una prótesis u órtesis, para que la inserción de la misma no le genere ningún conflicto.

- Tercer bloque

Ingeniería Aplicada: Este es el último bloque, aquí todas las materias que se imparten están orientadas a la ISB y a la aplicación del mismo en el ámbito laboral, esto se puede ver en las materias: aspectos legales en las organizaciones de la atención médica e instalaciones hospitalarias, donde se da a conocer el marco legal de las instituciones de salud y los tipos de instalaciones presentes en una institución pública o privada, así como los principales equipos que la conforman. (UNAM, Ingeniería Sistemas Biomédicos, págs. 213-218)

Dentro de este bloque hay una gran aportación respecto a la inserción del alumno/a en el campo laboral, ya que en el noveno semestre el/la alumno/a deberá

hacer una estancia, la cual consiste en aplicar los conocimientos de la ISB en el ámbito del Sector Salud para analizar problemas y desarrollar proyectos que les permitan, por una parte, reforzar su formación inter- y multidisciplinaria, y por otra, encontrar soluciones que repercutan en la investigación y desarrollo de sistemas biomédicos que ayuden a la sociedad. (UNAM, Ingeniería Sistemas Biomédicos, pág. 224)

Con esto, se está dando no solo un apoyo a los y las estudiantes en la incorporación en el ejercicio laboral, sino también da las bases para la investigación y desarrollo de tecnologías y metodologías a aplicar en la práctica, lo cual representa un gran avance, ya que en México⁹ se tiene una problemática con la aplicación del conocimiento.

De acuerdo con trabajos en el ámbito de la educación superior, que se están llevando a cabo actualmente, con respecto al desarrollo de la investigación en México, esta se lleva a cabo principalmente en las instituciones de educación superior. Sin embargo el conocimiento solo se queda en esas instancias, y no en la aplicación del mismo para resolver problemáticas de la sociedad como lo mencionó el Director de la SOMIB el Ing. Elliot Vernet Saavedra, retomado anteriormente (Martínez, 2017).

Con respecto al caso de la ISB podría decir que el hecho de realizar una estancia en el noveno semestre, permite a la carrera ir rompiendo con los patrones que llevan a que la investigación y los resultados de esta, solo queden dentro de la misma institución, abriendo la posibilidad de aplicar el conocimiento a otros ámbitos..

Por último cabe mencionar que la carrera de ISB consta de tres módulos de salida, que son:

- **Logística hospitalaria**

Se enseña a gestionar y administrar de manera eficaz y eficiente unidades médicas que brindan servicios de salud y atención hospitalaria, que garanticen la mejor calidad en la atención y satisfacción de las necesidades específicas de las unidades médicas y del usuario.

- **Instrumentación biomédica**

Se aprenderá a diseñar, integrar, operar, mantener, mejorar y generar equipos para aplicaciones biomédicas; así como adquirir, acondicionar, procesar y monitorear las señales biológicas del cuerpo humano.

⁹ Solo se tomará en cuenta la situación de nuestro país en el ámbito de investigación y sus aplicaciones

- **Biomecánica**

Se aprenderá a diseñar, mejorar y generar tecnología de asistencia médica como dispositivos protésicos, instrumental médico, equipo hospitalario y de rehabilitación; además de realizar investigación en las áreas de biomateriales, biotermofluidos y análisis antropométricos, que podrá ser aplicada en el desarrollo de sistemas biomédicos.

(UNAM, Ingeniería Sistemas Biomédicos) (Desconocido, Plan de estudios, de Ingeniería en Sistemas Biomédicos, 2016)

A pesar de que se han hecho mejoras en el plan de estudios de la carrera de IEE con módulo de salida biomédica se puede ver que para ambos planes, solo en los últimos semestre se imparten los conocimientos del área médico-biológica, lo cual representa una gran desigualdad y falta de conocimiento con respecto a la ISB, donde desde el primer módulo (segundo semestre) se dan las bases del área médico-biológica, lo que permite poder ampliar los conocimientos en esta rama.

A pesar de las diferencias en las modificaciones que se realizaron a la carrera IEE plan 2015 y la generación de la carrera ISB se puede ver que ha habido un gran avance (pese a las desigualdades antes descritas para la carrera de IEE de ambos planes) en el área, ya que se ha ampliado el conocimiento en el campo médico-biológico, con respecto de la carrera IEE plan 413; además de ello ya se empiezan a integrar conocimientos directos al ambiente hospitalario y a dar el panorama de la labor de los y las IB, lo cual aporta a estudiante la posibilidad de una integración más sencilla en el ejercicio laboral.

Además de ello se puede decir que la carrera de ISB conjuga dos áreas de la ingeniería muy importantes que ayudan a la realización de equipos para la recuperación de la salud, estas son: la electrónica y la mecánica. Con lo cual los y las alumnas podrán determinar a qué área del conocimiento se quieren incorporar, si a la parte administrativa, siendo ingenieros/as clínicos, como diseñadores/as de sensores en la adquisición de señales biométricas o como desarrolladores/as de prótesis y órtesis, lo cual representa una gran ventaja con respecto a los/las estudiantes de IEE donde su campo de acción se encuentra más limitado.

En conclusión, las carreras IEE e ISB son diferentes, dependiendo del sector del conocimiento al que se quiera enfocar los/las alumnos/as, será la opción que tendrán que elegir. Tomando en cuenta, por un lado que la carrera de IEE cuenta con un plan de estudios fortalecido en la electrónica, mientras que la de ISB se desarrollara más en el área médico-biológica.

Por tanto la propuesta del presente trabajo radica, en que si bien hace menos de dos años en la UNAM surgió una carrera enfocada en la formación de sus estudiantes para laborar en un ambiente hospitalario, que es el caso de ISB; existe una carrera con mayor tradición y mayor número de egresados que solo han contado con un módulo de salida al respecto, el caso de IEE. Por tanto, estas

páginas están dirigidas a apoyar principalmente a las y los alumnos/as de IEE, que si bien tienen diferentes opciones o módulos de salida en caso de ser de su interés la biomédica, encontrarán en estas páginas información útil que fortalecerá su conocimiento en esta área.

3.6 Áreas de Impacto de la Ingeniería Biomédica

El campo de la ingeniería biomédica es muy amplio, dada la inmensa cantidad de posibilidades de aplicaciones de ingeniería en las ciencias médico-biológicas, todas estas áreas relacionadas al mejoramiento, prevención y cuidado de la salud de la población.

De esta manera, un/una ingeniero/a debe decidir en qué área actuar, manteniendo en mente que es una disciplina que requiere de interacción de las áreas médico- biológicas y de las diferentes especialidades de la ingeniería biomédica

Las áreas de impacto o especialidades de la ingeniería biomédica son las siguientes: (Dra. Martha Refugio Ortiz Posada, 2009)

- **Biomecánica:** Estudia los movimientos mecánicos del cuerpo humano, incluyendo la dinámica de fluidos, asociada con los sistemas fisiológicos. (abc, Desconocido)
- **Biomateriales.** Es el diseño y desarrollo de materiales implantables o adecuados para interactuar con el organismo vivo.
- **Biosensores.** Medición de parámetros biológicos o químicos y la conversión a señales eléctricas.
- **Modelado, simulación y control de sistemas o fenómenos fisiológicos/ biológicos.** (Dra. Martha Refugio Ortiz Posada, 2009)
- **Instrumentación biomédica.** Es el diseño y desarrollo de dispositivos y procedimientos para el monitoreo y medición de eventos fisiológicos, como son: la presión, flujo, temperatura, concentración de iones, entre otros. (Desconocido, Ptolomeo UNAM) (Dra. Martha Refugio Ortiz Posada 2009)
- **Ingeniería de rehabilitación:** Diseño y desarrollo de dispositivos y procedimientos para la rehabilitación y tratamiento de enfermedades.
- **Prótesis y órganos artificiales:** Diseño y desarrollo de dispositivos para sustituir o mejorar la función corporal.

- Informática médica: Manejo de datos de pacientes, interpretación de resultados y asistencia en la toma de decisiones clínicas, incluyendo técnica de sistemas expertos y redes neuronales.
- Imágenes médicas: Instrumentación y técnicas para proporcionar representaciones gráficas de detalles anatómicos y funciones fisiológicas.
- Bioingeniería: Desarrollo y modificación de material biológico con fines benéficos, incluyendo ingeniería de tejidos.
- Ingeniería clínica: Diseño, operación, administración y desarrollo de instalaciones, dispositivos, sistemas y procesamientos relacionados con los centros de salud.
- Efectos biológicos de campos electromagnéticos. (Dra. Martha Refugio Ortiz Posada, 2009)

Todas estas áreas se pueden desarrollar en los diferentes medios laborales como son: la investigación, capacitación, desarrollo, servicio, ingeniero/a de producto e ingeniero/a clínico.

3.7 Campo de Acción de el/la Ingeniero/a Biomédico en el Medio Hospitalario

El y la IB en el medio hospitalario son los encargados del uso eficiente de los recursos; aseguran la disponibilidad del equipo médico, para que el desempeño del servicio clínico sea óptimo (Dra. Martha Refugio Ortiz Posada, 2009), asesora y capacita al personal médico y de enfermería en el uso correcto de los equipos, en ciertas ocasiones apoya de forma indirecta en las cirugías, como soporte en el manejo de algunos equipos especializados y como soporte de vida.

Pero no solo eso, los y las IB tienen funciones específicas dentro del hospital, en el departamento de ingeniería biomédica (DIB).

Se encargan de 5 funciones principales que son:

- **CONTROL DE INVENTARIO**

Se encargan de llevar un registro detallado de la cantidad, el tipo y la ubicación de los equipos que se cuentan en el hospital, así como el planeamiento de los mantenimientos preventivos y los costos de reparación de los mismo; esto con el fin de poder evaluar el posible reemplazo de estos. (Dra. Martha Refugio Ortiz Posada, 2009)

- **MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO**

Esta es una de las tareas más importantes que el ingeniero/a desempeña dentro del hospital; ya que, con los mantenimiento periódicos de los equipo, se pueden disminuir y/o solucionar los problemas que se presenten por el uso de la tecnología.

Los mantenimientos se clasifican en dos: preventivos y correctivos.

Mantenimiento preventivo: Previenen futuros problemas en el momento del uso. Estos mantenimientos deben ser periódicos; dependiendo del área que se trate, es la frecuencia con que se realizan.

Estos se deben llevar a cabo conforme a una calendarización realizada por el personal de DIB

Mantenimientos correctivos: Se realiza sobre una base no planificada, dando cumplimiento a la solicitud del usuario del equipo que presenta la falla, o bien, cuando ésta se determina durante el proceso del mantenimiento preventivo. (Dra. Martha Refugio Ortiz Posada, 2009)

- **CAPACITACIÓN**

Su función es el dar cursos de entrenamiento al personal médico, del uso y manejo adecuado del instrumental y equipo médico (Dra. Martha Refugio Ortiz Posada, 2009).

- **EVALUACIÓN DE LA TECNOLOGÍA MÉDICA**

Auxilia al personal de toma de decisiones, para poder evaluar los equipos, refacciones y consumibles que el hospital requieren comprar; es necesario que como primer filtro el DIB, recopile la mayor información necesaria como: costo, características, tiempo de entrega, garantía, funcionamiento, entre otras, con el fin de ayudar al personal encargado de la adquisición del equipo, a tomar la mejor decisión.

- **DESARROLLO DE TECNOLOGÍA**

Se generan avances en el cuidado del paciente, mediante la aplicación de la ingeniería en la adaptación de tecnología para el cuidado de la salud y el manejo de riesgos. Para ello, tiene que diseñar y supervisar la construcción y prueba de equipo de propósito especial. (Dra. Martha Refugio Ortiz Posada, 2009)

4. PROTOCOLOS DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL HOSPITAL

¿Por qué es importante hablar de la seguridad y la higiene? la respuesta es, porque al tratarse de un ambiente hospitalario, estamos en contacto con bacterias, las cuales pueden propagar diversas enfermedades, además si no tenemos los cuidados necesarios, ponemos en riesgo la salud de los pacientes, lo cual representa un gran riesgo.

Hay que recordar que el deber de la institución, así como el de su personal, es velar por el adecuado control de la transmisión de infecciones. Los límites entre lo accidental y lo prevenible pasan por el cumplimiento de las normas mínimas de seguridad. ((COVE), 2003, pág. 4)

Las infecciones se extienden principalmente por contacto y vehículos contaminados, también por contacto directo a través de las manos de personal sanitario y no sanitario. (Hernández Gálvez A., 2003)

El lavado cuidadoso de las manos en cada contacto con los pacientes o los equipos, es la principal medida para prevenir la transmisión de infecciones por contacto directo.

Otro de los mecanismos de transmisión, son los vehículos contaminados del tipo de medicaciones, alimentos e instrumentos médicos.

La transmisión aérea en el hospital es otro foco de infección, es difícil de demostrar, pero este mecanismo puede intervenir en enfermedades como las infecciones víricas respiratorias o tuberculosis abiertas¹⁰. (Hernández Gálvez A., 2003)

¹⁰ Tuberculosis abierta: se trata de tuberculosis cuyas lesiones se abren en los bronquios y es contagiosa por la presencia de bacilos de Koch en los esputos (Portales médicos, 2012)

Es por ello que con fines de aislamiento bacteriológico existen zonas de protección o restricción para impedir el acceso de fuentes de contaminación bacteriana, estas son: (Peña.)

- Zona negra

La primera zona se llama zona negra, esta es amortiguadora de protección, ya que es el área de acceso para las zonas gris y blanca; es aquí donde el personal que entra a la sala de cirugía se baña y se cambia la ropa de uso, por pijamas quirúrgicas. Aquí es en donde se revisan las condiciones de preparación de los pacientes, además se encuentran las áreas relacionadas a lo administrativo.. (Peña.)

- Zona gris

La segunda zona se llama zona limpia o zona gris, esta tiene contacto directo con la central de equipos y esterilización (CEYE), la central de anestesia, laboratorio, equipos portátiles de rayos x, banco de sangre y lavabos de cirugía.

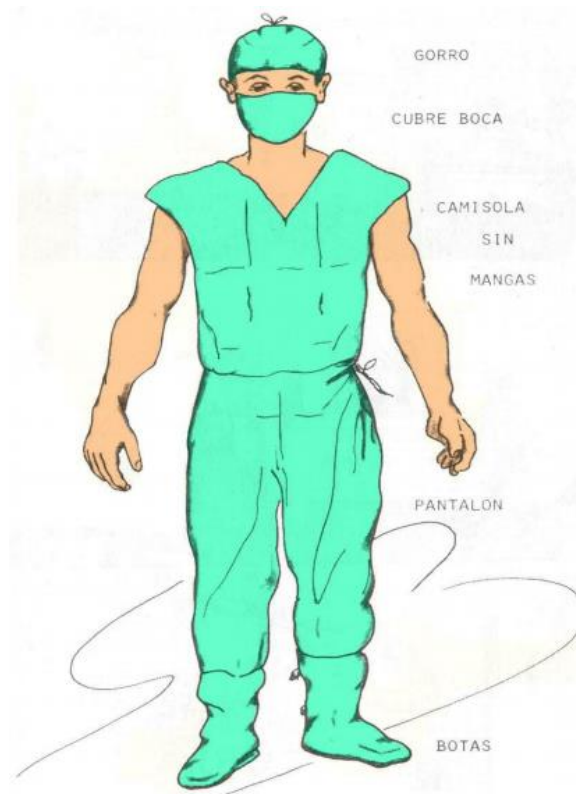
Aquí se encuentran la sala de recuperación¹¹, la unidad de cuidados intensivos (UCI) y la unidad de terapia intensiva (UTI), donde los enfermos permanecen hasta que sus constantes fisiológicas se estabilizan. Cabe mencionar que esto puede variar dependiendo del lugar.

Todo el personal que ingresa a esta zona, debe vestir con ropa especial la cual consiste en:

- Una pijama quirúrgica de algodón de dos piezas: una es la camisa con cuello y sin mangas la cual la parte inferior deberá meterse por debajo del pantalón y la otra es un pantalón con abertura lateral y un cordón para amarrarse.
- Un gorro de tela el cual servirá para cubrirse la cabeza y ocultar el pelo, además ayudará a absorber el sudor impidiendo el goteo y la caída del cabello.
- Un cubre bocas que servirá para tapar la nariz y la boca. (Peña.)

¹¹ La sala de recuperación: es el área donde llevan a los pacientes recién operados, aquí permanecen hasta que la anestesia se les pasa.

- Botas de tela las cuales se tendrán que colocar al momento de pasar de la zona negra a la gris.



i 5 Uniforme zona gris (UNAM ENFERMERÍA, s.f.)

- Zona blanca

La tercera zona es la de mayor restricción, esta se le conoce como área blanca o zona blanca.

Esta zona se divide en dos secciones: la primera es el área estéril, donde se tendrá que portar encima de la pijama una bata y guantes estériles, esta zona es la que tiene contacto con el paciente y está limitada a los cirujanos y las enfermeras circulantes; y la segunda es la no estéril, es en esta donde normalmente los/las ingenieros/as biomédicos se encuentran. (Peña.)

Además de existir estas zonas de protección bacteriológica, existen otras áreas en las que se debe de tener cuidados especiales, como es el área de imagenología. A pesar de que los rayos x no se pueden ver, ni sentir, se debe de tener especial cuidado al entrar en esta zona; como más adelante se explicará, el contacto prolongado con los rayos x puede provocar mutaciones a nivel celular.

Es por ello que se debe portar equipo especial como son los chalecos, lentes, protector de tiroides y guantes, los cuales están recubiertos con plomo, esto ayuda a cubrir las zonas vulnerables del cuerpo humano, como son las gónadas.

Además se debe portar un dosímetro el cual medirá el nivel de radiación mensual al cual se ha estado expuesto.

Hay que tener presente que el equipo de protección radiológica se debe inspeccionar periódicamente para evitar portarlo en malas condiciones, ya que este debe ser una barrera contra la radiación.

La inspección de los chalecos y protectores de gónadas se puede realizar con un equipo de rayos x. Este consiste en tomar una radiografía para detectar si hay fisuras, si en la imagen aparece un haz de luz, quiere decir que se encuentra en malas condiciones y será momento de cambiarlo.

Retomando, cuando se realicen los mantenimientos preventivos y/o correctivos en la zona blanca se tendrá que tener presente que si el servicio a realizar pudiese generar polvo o caída de grasa, se tendrá que mover el equipo a una zona de trabajo adecuada, para evitar contaminar, además se requiere tener especial cuidado¹² al momento de realizar su servicio.

Por último se sugiere que al finalizar las labores el personal se lave las manos y la cara; de igual forma se cambie la ropa para evitar la propagación de bacterias. Ya que esto puede propiciar enfermedades donde los grupos más vulnerables pueden ser: las/os niños y adultos mayores.

5. SISTEMAS DEL CUERPO HUMANO

En este tema se tratarán dos sistemas del cuerpo humano, que son: el sistema respiratorio y el cardiovascular; en ellos se explicará de forma simple el funcionamiento del cuerpo humano, lo cual nos servirá para entender el principio de funcionamiento de algunos de los equipos que se tratarán en el siguiente capítulo.

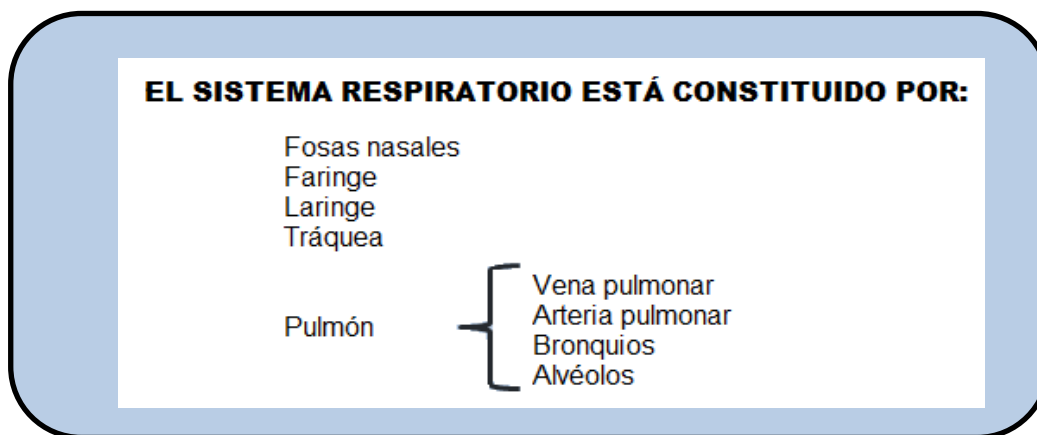
¹² Si el equipo está en contacto directo con los fluidos de los pacientes, se deberá utilizar guantes, para evitar contagio.

5.1. Sistema Respiratorio

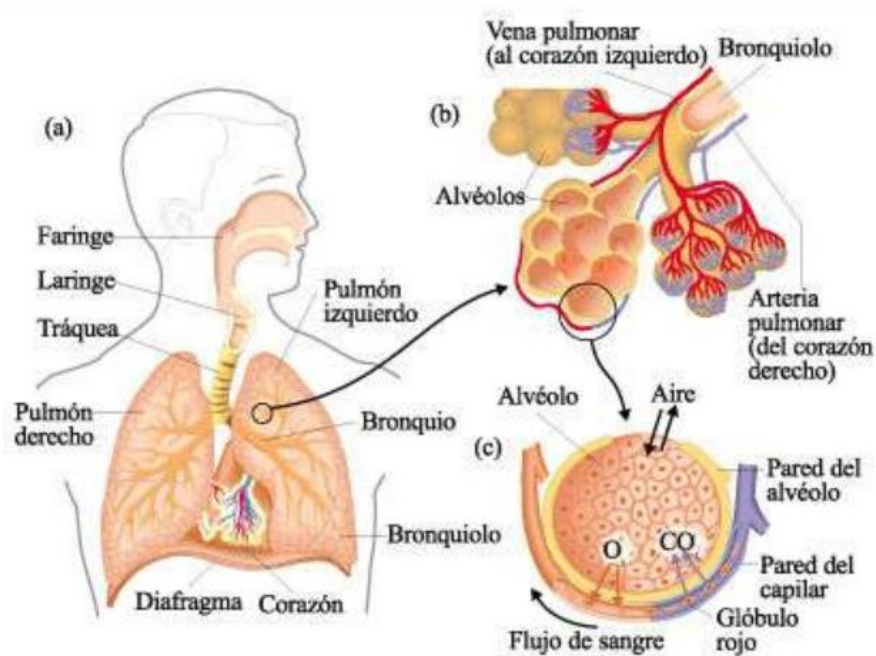
El ser vivo puede estar varias horas sin comer, dormir o tomar agua, pero no puede dejar de respirar más de tres minutos, he aquí la gran importancia de la respiración para nuestra vida.

Algunos unen al corazón y pulmones como una única unidad compleja, debido a que funcionan en conjunto. Pero ya que estos órganos contienen esencialmente dos compartimentos son usualmente separados para evaluar sus funciones. La respiración es el proceso por el cual el cuerpo inhala oxígeno hacia el organismo y saca de él dióxido de carbono. (Ariza, 2009)

El sistema respiratorio de los seres humanos está formado por:



i 6 Diagrama del sistema respiratorio



i 7 Sistema respiratorio (Google, s.f.)

- **Las fosas nasales** son dos cavidades situadas encima de la boca. Se abren al exterior por los orificios de la nariz y se comunican con la faringe por la parte posterior. En el interior de las fosas nasales se encuentra la membrana pituitaria¹³, que calienta y humedece el aire que inspiramos¹⁴. De este modo, se evita que el aire reseque la garganta y que llegue muy frío¹⁵ hasta los pulmones, lo que podría producir enfermedades. (línea, 2015)
- **La laringe** está situada en el comienzo de la tráquea; es un conducto de paredes musculosas y membranosas que comunica la boca con el esófago
- **La tráquea** está formada por anillos cartilagosos, que empieza en la laringe y desciende por delante del esófago hasta la mitad del pecho, donde se bifurca formando los bronquios. (Desconocido, Traducciones, origen de palabras y más definiciones)
- **Los pulmones** son órganos esponjosos de color rosado, que están protegidos por las costillas. Mientras que el pulmón derecho tiene tres lóbulos, el pulmón izquierdo sólo tiene dos, con un hueco para acomodar el corazón (línea, 2015). Dentro de estos se encuentran los bronquios, alvéolos, arteria pulmonar y vena pulmonar.
- **Los bronquios** se subdividen dentro de los lóbulos en otros más pequeños y éstos a su vez en conductos aún más pequeños. Terminan en minúsculos saquitos de aire, o alvéolos, rodeados de capilares.

Una membrana llamada pleura rodea los pulmones y los protege del roce con las costillas. (línea, 2015)

- **Los alvéolos** son los que realizan el intercambio gaseoso, cuando estos se llenan de aire, el oxígeno se difunde hacia la sangre de los capilares, que es bombeada por el corazón hasta los tejidos del cuerpo.

Los pulmones tienen su propia circulación, independiente a la del corazón, a esta se le llama “Circulación pulmonar”, cuando la sangre pasa a través de los alveolos, estos le aportan la oxigenación a la sangre; la hemoglobina es la encargada de transportar el oxígeno a todo el cuerpo. (John B., 1989, págs. 37-47)

¹³ membrana pituitaria es la que reviste la cavidad de las fosas nasales y segrega el moco, y en la que se produce la sensación del olfato. (ALEGSA, 2014)

¹⁴ Cabe mencionar que de aquí parte el funcionamiento de los ventiladores que más adelante se tratará.

¹⁵ La forma en cómo se calienta el aire es el siguiente: cuando el aire pasa por las fosas nasales va chocando por la pared interior y el vello, lo que provoca que por cada choque se vaya calentando el aire.

Los pulmones y a su vez los alveolos tienen cierta resistencia, cuando inspiramos, hacemos que la resistencia de los alveolos sea mínima, caso contrario cuando espiramos, esta aumenta.

Esto quiere decir que cuando estamos respirando necesitamos cierta presión para poder meter el oxígeno a los alveolos. Estos jamás se van a quedar sin oxígeno, ya que de hacerlo se provocaría que la resistencia de los alveolos se incrementara provocando la asfixia. (John B., 1989, págs. 37-47)

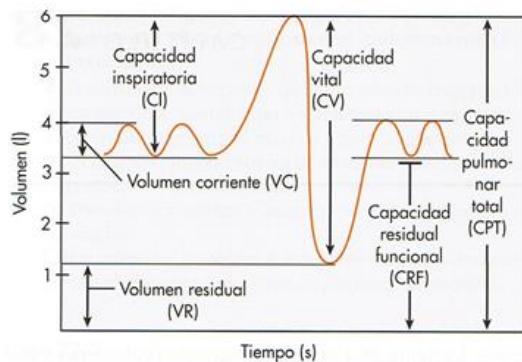
Cabe mencionar que solo el 21 % del aire que respiramos es oxígeno, el resto está compuesto por CO₂, N₂O, Carbono, Nitrógeno, entre otros compuestos.

El principio de Fick dice que el consumo de O₂ por minuto es igual a la cantidad de O₂ que la sangre capta en los pulmones por minuto. (John B., 1989, págs. 37-47)

Es por ello que al oxigenar al paciente es innecesario saturarlo con una concentración al 100% ya que solo el 21% de este es absorbido por nuestro cuerpo.¹⁶

La presión que manejan los pulmones es de 25 y 8 mm Hg, esta presión es la necesaria para elevar la sangre hasta el vértice pulmonar. Esto es importante saber al momento de conectar a un paciente al ventilador, ya que se podría causar daño a los pulmones si la presión es muy alta. (John B., 1989, págs. 37-47)

Para evitar este daño es necesario conocer la “Mecánica ventilatoria” en donde se tratan los volúmenes y capacidades de los pulmones. Es por ello que a continuación se muestra en la imagen i8, una tabla con los valores típicos de un sujeto masculino normal entre 20 y 30 años de edad.



Volumen corriente	0.5	litros
Volumen de reserva inspiratorio	3	litros
Volumen de reserva espiratorio	1 +/- 0.3	litros
Volumen residual	1.2 +/- 0.4	litros
Capacidad vital	4.7 +/- 0.5	litros
Capacidad pulmonar total	6.0 +/- 0.8	litros
Capacidad inspiratoria	3.6 +/- 0.4	litros
Capacidad residual funcional	2.2 +/- 0.4	litros

*Valores típicos de un sujeto masculino normal de 20-30 años de edad

i 8 Volúmenes y capacidades pulmonares (John B., Fisiología respiratoria, 1989, págs. 37-47)

¹⁶ Este tema se retomará más adelante cuando se trate los ventiladores

A continuación se definirán estos conceptos

- **Volumen corriente VC o tidal:** Es el aire que circula en forma casi constante en la inspiración y espiración. En un sujeto normal (sin ningún problema médico) el volumen es de 500 mL en estado de reposo. (Glave, Fuerza y control, desconocido)
- **Volumen de reserva inspiratorio VRI:** Es cuando se realiza una inspiración máxima, es decir cuando se hace una inspiración profunda que sobrepasa al **VC** y llega al máximo de la capacidad pulmonar. Su volumen es aproximadamente de 3 litros, (este volumen variará dependiendo del individuo). (Simal, 2011)
- **Volumen de reserva espiratoria VRE:** Es cuando se realiza una espiración máxima, es decir cuando espiramos el **VC** más un aporte extra. Esto se ve reflejado cuando inflamamos un globo, apagamos las velas, cuando hacemos una espiración profunda. (Glave, Fuerza y control, desconocido)
- **Volumen residual VR:** Es el volumen mínimo requerido que los alveolos necesitan para tener una presión interna alveolar adecuada. Esto para evitar que los alveolos queden aplastados. Glave, Fuerza y control desconocido)
- **Capacidad vital:** Es la suma de los volúmenes VC, VRI y VRE. Representa el máximo volumen de aire que se puede movilizar en una sola maniobra respiratoria. (Chile, 2010) Esta capacidad va a variar dependiendo del individuo. (Simal, 2011)
- **Capacidad pulmonar total:** Es la suma de CI y CRF, aproximadamente es de 6 litros. (Simal, 2011)
- **Capacidad inspiratoria CI:** Es el volumen de aire inhalado tras una inspiración máxima forzada, comenzada al final de una espiración normal. (Simal, 2011)
- **Capacidad residual funcional CRF:** Es el volumen de aire encerrado en el sistema respiratorio en el cual se diluye el aire inspirado. La renovación del aire alveolar será tanto mejor cuanto menor sea este volumen. (Simal, 2011)

Más adelante se retomará este tema para explicar el principio de funcionamiento de algunos de los equipos, entre los cuales se encuentran los ventiladores.

5.2. Sistema Cardiovascular

El sistema cardiovascular está compuesto por una gran cantidad de arterias y venas a lo largo de todo el cuerpo humano lo cual permite que haya un adecuado intercambio a nivel celular permitiendo un funcionamiento óptimo.

El corazón es el encargado de bombear la sangre a todo el cuerpo, tiene un tamaño de un puño cerrado aproximadamente, está compuesto de tres capas que son:

- la externa, compuesta por una capa fibrótica¹⁷ denominada pericardio¹⁸. Esta es una capa doble compuesta por: su parte externa, que la aísla en su funcionamiento y evita el roce con los pulmones; y su parte interna le permite deslizarse sobre la externa.
- La media, que es el miocardio¹⁹ o el corazón propiamente dicho.
- Y la interna, denominada endocardio²⁰, que recubre las cavidades y les confiere la característica de ser lisas. (Ariza, 2009, pág. 21)

El corazón está dividido por una delgada pared muscular, en una forma de media luna en su parte derecha y en una forma cilíndrica en su parte izquierda, siendo cada una de estas partes una propia estación de bombeo, las cuales están conectadas en serie.

La parte izquierda del corazón conduce la sangre rica en oxígeno a través de la válvula de salida, la aorta semilunar, hacia el sistema de circulación que lleva el fluido a cada célula en el cuerpo, luego retorna con bajo oxígeno y rica en dióxido de carbono a la parte derecha del corazón.

La parte derecha conduce entonces esta sangre pobre en oxígeno hacia los pulmones a través de la válvula de salida pulmonaria semilunar; ya en los pulmones su contenido de dióxido de carbono es purgado y su nivel de oxígeno es restablecido, para de nuevo ser enviada a la parte izquierda del corazón y empezar el ciclo de nuevo. (Ariza, 2009, pág. 22)

Este ciclo se realiza con la contracción del corazón, lo cual es dado por un grupo de células especializadas del miocardio llamadas nodo seno auricular (SA) estas se

¹⁷ Capa fibrótica: se refiere a la capa externa

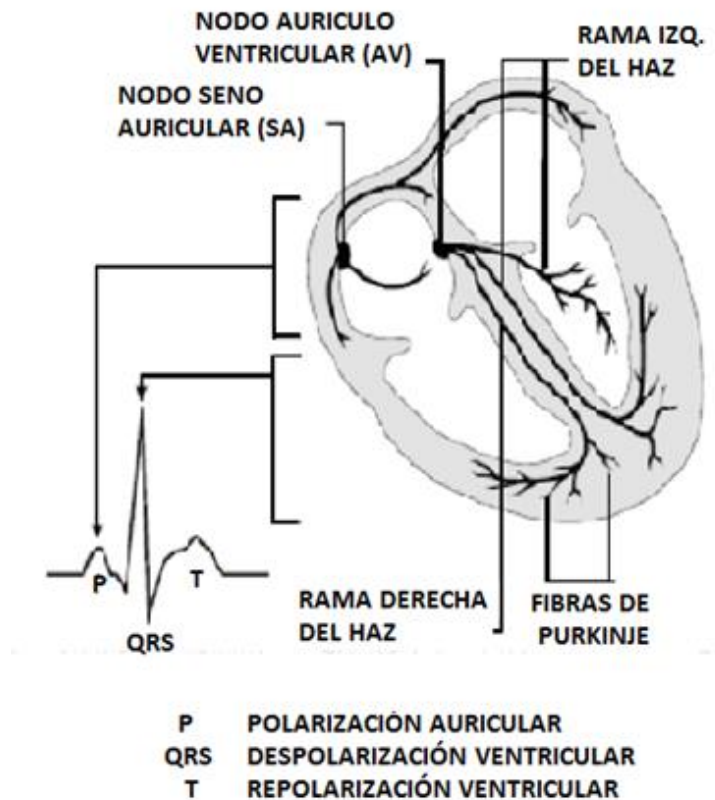
¹⁸ Pericardio: peri (alrededor o encima de); cardio (corazón)

¹⁹ Miocardio: Parte muscular del corazón

²⁰ Endocardio: endo (por dentro); cardio (corazón)

encuentran en la unión de la vena cava superior y la aurícula derecha. El SA genera un estímulo eléctrico que es enviado por la aurícula derecha lo cual genera la contracción del corazón. (ver imagen i9).

CONDICIÓN ELÉCTRICA NORMAL EN EL CORAZÓN



i 9 Corazón (CENETEC, Guía tecnológica No. 29: Desfibrilador, 2005)

Esta contracción del corazón provocada por el SA genera un impulso a un ritmo de 60 a 100 veces por minuto (en un sujeto sano de edad promedio) el cual se puede ver reflejado en la onda P del electrocardiograma; este impulso se envía a su vez al nodo auriculo ventricular o sinusal (AV) a un ritmo más bajo, alrededor de los 40 a 70 veces por minuto el cual se encuentra localizado en la pared del septum²¹ de la aurícula derecha, posteriormente el impulso llega a los ventrículos provocando su contracción.

²¹ Es una pared que divide de un modo completo o incompleto una cavidad o estructura en otras más pequeñas.

Este impulso se envía por último al haz de His²² y las fibras de Purkinje²³ causando la despolarización de los ventrículos, a un ritmo de 20 a 40 veces por minuto, a esta despolarización se le conoce como la onda QRS.

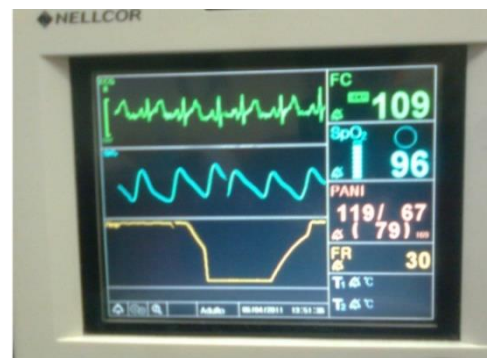
El retraso de la conducción del estímulo entre las aurículas y los ventrículos se le conoce como la onda PR la cual se puede observar en el electrocardiograma. (CENETEC, Guía Tecnológica No 29: Desfibriladores, 2005).

Esto se retomará más adelante para explicar el principio de funcionamiento de algunos de los equipos, entre los cuales están el electrocardiógrafo, desfibrilador, entre otros.

6. EQUIPO HOSPITALARIO

Una vez terminado de explicar el funcionamiento del aparato respiratorio y cardiovascular se comenzará a hablar de los diferentes equipos que se encuentran en un hospital. De igual forma se explicará el principio de funcionamiento de los mismos, el cual estará muy ligado al tema anterior.

6.1. Monitor de Signos Vitales



i 10 Monitor de signos vitales (Franco, Monitor de signos vitales)

²² El haz de His es un grupo de fibras que transportan impulsos eléctricos a través del centro del corazón. Si estas señales se bloquean, se tendrá problemas con los latidos cardiacos. (Tango, 2016)

²³ Fibra de Purkinje: Es la fibra que constituye la arborización final de ambas ramas del fascículo de His. Se extiende subendotelialmente por los dos ventrículos, siendo portadora de los impulsos que provocan el sístole ventricular. (Navarra, Clínica Universidad de Navarra, 2015)

El monitor de signos vitales es el dispositivo que se utiliza para medir, detectar y desplegar en forma continua los parámetros fisiológicos del paciente, además consta de sistemas de seguridad para los pacientes como son las alarmas visibles y audibles, las cuales ayudan a los médicos a detectar cualquier anomalía de los signos fisiológicos

Dependiendo de la configuración, puede medir y desplegar en la pantalla los siguientes parámetros²⁴:

- Saturación de oxígeno (SpO₂)
- Electrocardiograma (ECG)
- Presión no invasiva (NIP)
- Presión invasiva (PI)
- Frecuencia respiratoria
- Temperatura corporal
- Saturación venosa de oxígeno (SvO₂)
- Dióxido de carbono (CO₂)
- Gasto cardíaco
- Presión intracraneal (PIC)
- Presión de gases en vía aérea (anestesia)
- Entre otros

Para poder hacer mejores valoraciones y estas ayuden en la toma de decisiones más certeras tanto en tratamiento como en diagnóstico, los médicos y enfermeras utilizan una herramienta muy valiosa del monitor de signos vitales que es el monitoreo continuo. El monitoreo continuo permite evaluar de forma continua las condiciones fisiológicas del paciente.

Hay diferentes tipos de monitores de signos vitales, estos dependen de la unidad donde se les requiera, hay desde los más sencillos que solo manejan tres parámetros, los cuales son: SpO₂, ECG, NIP, a estos se les puede encontrar en sala de recuperación principalmente, y los más complejos que se utilizan en terapia intensiva, donde miden el resto de los parámetros antes mencionados.

Hay área donde los monitores se encuentran conectados a centrales de monitoreo mejor conocido como centrales de enfermeras, los cuales son capaces de desplegar parámetros como las curvas de ECG, temperatura, SpO₂, además constan de alarmas para alertar al personal en caso de urgencias. (CENETEC, Guía tecnológica No. 13. Monitor de signos vitales, 2005).

²⁴ Los monitores más completos son los que se encuentran en la unidad de cuidados intensivos (UCI) y en la unidad de terapia intensiva (UTI), principalmente. Aunque esto puede variar dependiendo del hospital que se trate.

Principalmente estas centrales de monitoreo se encuentran en la UTI, UCI y en hospitalización. La diferencia entre ellas radica en que en la UTI y UCI son áreas pequeñas confinadas a pacientes muy graves, los cuales requieren una atención personalizada las 24 horas del día; lo que genera una gran ayuda al personal médico el contar con estas centrales, que les permite detectar cualquier anomalía de forma rápida, mientras que en hospitalización les permite revisar los parámetros fisiológicos de forma más sencilla y sin tener que ir a cada una de las habitaciones, lo cual es más cómodo para los pacientes y el personal médico, cabe mencionar que esto puede variar de institución a institución.

Una vez finalizada la explicación del uso de los monitores de signos vitales, se comenzará a explicar la forma en que se miden los diversos signos fisiológicos de los pacientes, que tipo de sensores se ocupan y cuál es su principio de funcionamiento de estos.

- ***SPO₂ (SATURACIÓN DE OXÍGENO)***



i 11 Sensor de oxígeno (Franco, Sensor de Oxígeno)

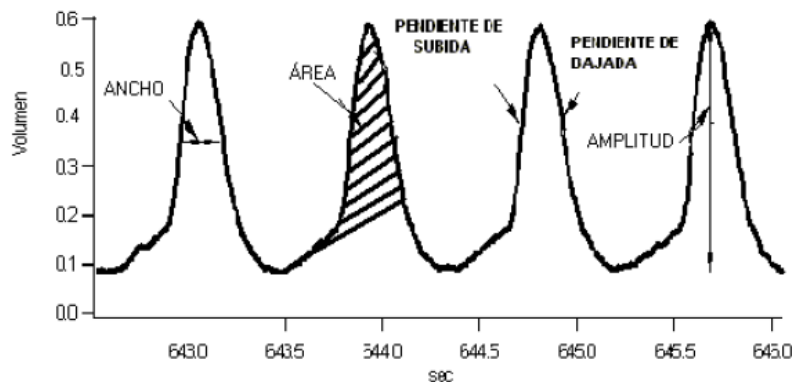
Para poder medir la saturación de oxígeno se consta de sensores que miden el oxígeno a través de la pulsioximetría el cual es un método no invasivo para medir de manera continua la SpO₂ en la sangre arterial. La lectura de la SpO₂ resultante indica el porcentaje de moléculas de hemoglobina²⁵ en sangre arterial que están saturadas con oxígeno. La monitorización de SpO₂ es uno de los medios de que se dispone para facilitar la valoración del aparato respiratorio y del sistema cardiovascular de un paciente. (System P. M., 6 de Mayo 2005, págs. 5-2,5-3)

Principio de funcionamiento.

Un sensor de pulsioximetría consta de un transmisor que envía un haz de luz a través del tejido del paciente; al otro lado se encuentra un receptor el cual recibe la señal del haz de luz transmitido por el transmisor, este mide los

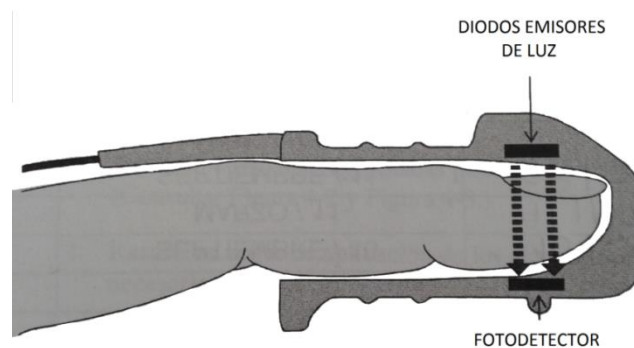
²⁵ Hemoglobina: es la proteína presente en el torrente sanguíneo que permite que el oxígeno sea llevado desde los órganos del sistema respiratorio hasta todas las regiones y tejidos. (Mexicana, Definiciones, 2011)

cambios de absorción de luz que resulta de las pulsaciones de la sangre arterial. (System P. M., 6 de Mayo 2005, págs. 5-2,5-3)



i 12 Gráfica de SpO2 (GENETEC, Guía tecnológica No. 38: Oxímetro, 2006)

El sistema de detección consta de diodos emisores de luz (LED) de una sola longitud de onda, fotodetectores y microprocesadores. Los diodos emisores de luz transmiten la luz roja y la luz infrarroja a través de áreas periféricas del cuerpo. (System G. M., Desconocido, págs. 6-3)



i 13 Sensor SpO2 (System P. M., Monitorización de la SPO2, 2005)

El sensor de pulsioximetría se coloca en una región del cuerpo, la cual dependerá del tipo de paciente que se trate; si es un neonato el sensor se coloca en el pie, ya que sus dedos de la mano son muy pequeños para poder detectar su SpO2; si el paciente es un adulto puede colocarse en un dedo de la mano, del pie o la oreja.

Posteriormente el sensor transmite dos longitudes de onda de luz a través de la piel (por ej. 660 nm [roja] y 930 nm [infrarroja]). Estas longitudes son

absorbidas diferencialmente por la oxihemoglobina²⁶, que es de color rojo y es capaz de absorber la luz infrarroja, y la desoxihemoglobina²⁷, que es de color azul y es capaz de absorber la luz roja.

El fotodetector situado enfrente de los diodos emisores de luz compara la absorción de luz antes y después de la pulsación. La cantidad de luz recibida refleja el flujo sanguíneo en las arteriolas²⁸. Esta determinación de la absorción de luz durante la pulsación se traduce en un porcentaje de saturación de oxígeno, mostrándose un valor de SpO₂.

Para conseguir determinaciones exactas de SpO₂, deben cumplirse las siguientes condiciones:

- El paciente debe tener perfusión²⁹ en esa extremidad.
- El emisor de luz y el fotodetector deben estar situados en oposición directa ya que de no ser así no se podrá detectar la absorción del haz de luz.
- Toda la luz procedente del emisor debe atravesar el tejido del paciente.
- El lugar en el que esté ubicado el sensor no debe estar sometido a vibraciones ni a un movimiento excesivo, es por ello que si es requerido la medición de la PNI (Presión no Invasiva) el brazalete se deberá colocar en el brazo opuesto al sensor de SpO₂.
- Los cables de alimentación deben estar separados del cable del sensor y del conector para no generar interferencias. (System P. M., 6 de Mayo 2005, págs. 5-2,5-3) (System G. M., Desconocido)

²⁶ Oxihemoglobina: es la hemoglobina bien oxigenada

²⁷ Desoxihemoglobina: es la hemoglobina reducida, es decir la hemoglobina que ha lanzado su oxígeno

²⁸ Arteriolas: Una arteriola es una arteria muy pequeña, casi microscópica, que lleva la sangre hasta los capilares. Las arteriolas desempeñan un papel esencial en la regulación del flujo sanguíneo desde las arterias a los capilares. Cuando el músculo liso de las arteriolas se contrae provoca su vasoconstricción, disminuye el flujo sanguíneo de los capilares. Cuando el músculo liso se relaja, la arteriola se dilata y aumenta el flujo sanguíneo de los capilares.

²⁹ Perfusión: Es hacer pasar de forma lenta y sostenida líquidos (suero, medicamentos, sangre, etc.) en el organismo.

- **ECG (ELECTROCARDIOGRAMA)**



i 14 Latiguillos (Franco, Latiguillos)

El ECG mejor conocido como electrocardiograma es un parámetro fisiológico que ayuda a medir las señales del corazón (para mayor información véase el capítulo: “Sistema cardiovascular”) el cual detecta a través de las gráficas las malformaciones del sistema cardiovascular, estas se registran a través de la pantalla y/o papel térmico. Para medir estas señales se pueden ocupar diferentes aparatos como son: el electrocardiógrafo, monitor de signos vitales, desfibrilador, entre otros.

La forma en como estos aparatos miden las señales del corazón es midiendo la diferencia de potencial eléctrico generado entre dos puntos del corazón, como pueden ser: los brazos, las piernas y el tórax³⁰; estos potenciales generan señales en el orden de los mV y frecuencias de 0 a 200 Hz, los cuales solo se miden de 0 a 100 Hz que es el rango de diagnóstico médico. Más adelante se explicará cada una de ellos.

La forma en cómo se genera la diferencia de potencial en el cuerpo es a partir del cerebro el cual emplea electricidad para enviar mensajes de una neurona a otra, a esto se le conoce como sinapsis. Cuando estas señales, llegan a un músculo generan una onda de excitación eléctrica que provoca reacciones químicas que contraerán o relajarán sus fibras.

El corazón al sentir la excitación eléctrica se contrae de forma rítmica aproximadamente una vez por segundo. El campo eléctrico del corazón irradia su energía por toda la cavidad torácica, lo que significa que los indicios del funcionamiento del corazón son enviados hacia la piel³¹.

(Ma. Teresa García González, pág. 167) (Mexicana, Cosas de salud, ¿Cómo funciona el electrocardiograma?)

³⁰ Tórax: Parte del pecho donde se encuentra el corazón.

³¹ Para mayor información del funcionamiento del corazón véase el tema Sistema cardiovascular, en el cual encontrará mayor información

Estas señales se captan con ayuda de electrodos los cuales contienen un gel que ayuda a la conductividad y al mismo tiempo evitan irritaciones en la piel del paciente; dependiendo del estudio y lo que se requiera obtener de él son la cantidad de electrodos que se colocan, estos van desde 3 hasta 12 latiguillos o mejor conocidos como derivaciones.

Los electrodos están construidos con placas metálicas las cuales son conductores, estos deben cumplir con la característica de ser mínimamente invasivos ya que entran en contacto directo con la piel del paciente. Tienen la función elemental de ser la interfaz entre el equipo médico y el paciente. Entre las características que deben tener estos sensores son: (Cedillo, 2014, pág. 30)

- Biocompatibilidad, ya que pueden provocar alergias o irritaciones en la piel
- Rigidez: para poder detectar las señales en tiempo real
- Buena conductividad, para transmitir las señales lo más fidedignas
- Inercia
- Mecánicamente fuertes y de baja impedancia.

Entre los materiales que se usan para su fabricación se encuentran:

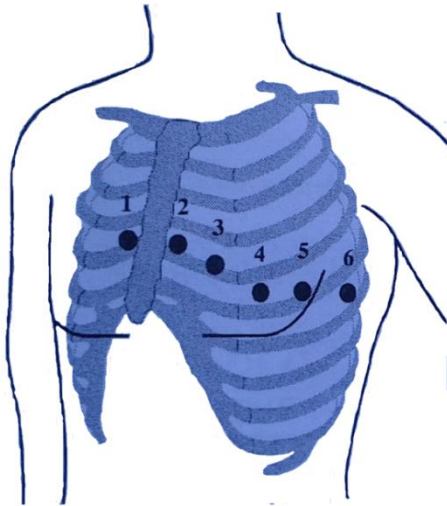
- El Oro (Au), el cual es un buen conductor, mecánicamente débil, inerte pero muy costoso
- Plata (Ag) o o cloruro de plata AgCl, son excelentes conductores y tienen baja impedancia
- Acero inoxidable, es más económico que los anteriores, también un buen conductor, no es tóxico y es mecánicamente fuerte, y
- Fibra de carbono, este último, es inerte, mecánicamente fuerte y tiene baja impedancia.

La señal recibida por los sensores llega a los traductores que transforman corrientes iónicas³² en corrientes eléctricas, estos pequeños potenciales bioeléctricos del cuerpo humano, deben tener la mínima pérdida cuando se transforman en potenciales eléctricos ya que las corrientes generadas por el cuerpo humano andan en el orden de los mV. (Ana Victoria & Sánchez Cedillo, 2014)

Los electrodos se colocan en el torso y en las extremidades como se muestra en la imagen i 15, en esta solo se refiere a 6 latiguillos, los cuales se les conoce como derivaciones precordiales y se ubican en el plano horizontal, los 6 están ubicados en el plano frontal y se les conoce como derivaciones de

³² Corriente iónica: es una corriente entrante lenta de sodio, que se activa por la hiperpolarización, entre -45mV y -65mV y alcanza su expresión máxima cuando el potencial transmembrana llega a -100 mV. (Ventulli, 2009)

las extremidades (Ana Victoria & Sánchez Cedillo, 2014, pág. 32). Cada uno de ellos provoca el desplazamiento del trazo del electrocardiograma, que es el cambio de voltaje.



Derivación		Localización
V1	C1	Cuarto espacio intercostal, en el borde esternal derecho
V2	C2	Cuarto espacio intercostal, en el borde esternal izquierdo
V3	C3	A mitad de distancia entre V2/C2 y V4/C4
V4	C4	Quinto espacio intercostal, en la línea clavicular media izquierda
V5	C5	Al mismo nivel que V4/C4, en la línea auxiliar anterior
V6	C6	Al mismo nivel que V4/C4, en la línea auxiliar media izquierda.

i 15 Conexión de 6 latiguillos (System P. M., Monitorización de la SPO2, 2005)

Este cambio de voltaje generado por los latiguillos es procesado por el microcontrolador, el cual es el encargado de manejar y transformar la información para generar las gráficas de ECG, además permite al usuario seleccionar los diferentes tipos de operación los cuales están previamente programados, entre los que se encuentran: el registro de las señales cardiacas dependiendo del número de latiguillos usados, o por segmentos de tiempo determinados, define la frecuencia cardiaca por el análisis entre el tiempo de las ondas R, permite el reconocimiento de arritmias y patrones característicos de cardiopatías. (Cedillo, 2014)

- **PNI (PRESIÓN NO INVASIVA)**



i 16 Brazalete (Franco, Brazalete)

Para medir la PNI se utiliza el método oscilométrico, este es muy similar al método de auscultación. Con la auscultación, el médico escucha el flujo de sangre para determinar las presiones sistólica y diastólica.

Como el monitor no puede detectar los sonidos del flujo sanguíneo, mide la amplitud de las oscilaciones en la presión del manguito. Las oscilaciones se producen por la pulsación de la presión de la sangre contra el manguito. La oscilación que tiene la amplitud mayor es la presión media. Éste es el parámetro más exacto que mide el método oscilométrico. Una vez determinada la presión media, se calculan las presiones sistólica y diastólica con referencia a la media.

Por lo que la diferencia entre los dos métodos radica que en el que la auscultación mide las presiones sistólicas y diastólicas y calcula la presión media a partir de estos valores; y el método oscilométrico mide la presión media y calcula las presiones sistólica y diastólica. Debido a la diferencia entre estos métodos, no se puede utilizar uno para comprobar el otro. (System G. M., Desconocido, págs. 5-3)

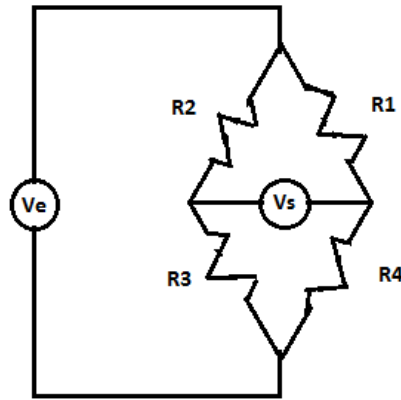
PI (PRESIÓN INVASIVA)

La medición de la presión sanguínea puede subdividirse en dos tipos: el método indirecto y el directo.

- El método indirecto permite medir la presión sin necesidad de abrir los vasos sanguíneos, lo que resulta menos doloroso al paciente.
- La medición directa debe realizarse en el interior de estos, lo que conlleva a ser un método invasivo, pero la medición es más precisa y tiene menos error en la toma de valores.

La forma en cómo se mide la PI es a través de un transductor, este puede ser de diferentes formas. A continuación se indicaran los más comunes

a) **Transductor de membrana:** este consiste en 4 resistencias elásticas acomodadas en forma de puente, como se ilustra en la imagen i17.



i 17 Transductor de membrana (Franco, Monitor de signos vitales)

Este tipo de transductor es de los más usados. Su principio de funcionamiento consiste en la desviación de la membrana (de resistencias elásticas) acopadas por medio de una columna líquida, normalmente se ocupa una solución de agua esterilizada con heparina, con una densidad cercana a $\delta = 1 \text{ g/cm}^3$. Esta columna líquida se ocupa para evitar la coagulación de la sangre en la abertura del catéter y aumentar la sensibilidad en la transducción de la señal eléctrica generada por el puente de resistencias elásticas.

La desviación en la membrana produce un aumento en las resistencias R1 y R3 de ΔR , mientras que en R2 y R4 disminuye en ΔR . La consecuencia es un voltaje doble en la diagonal del puente, aumentando al doble la sensibilidad. Una de las ventajas de utilizar este tipo de transductor es su linealidad.

b) Transductor de celda de deformación: Este transductor consisten en utilizar un alambre muy delgado alrededor de $25 \mu\text{m}$, lo cual permite tener una elasticidad de deformación en la dilatación superficial del objeto (la sangre); la resistencia del cable cambia debido a los cambios en diámetro, longitud y resistividad. Las celdas de deformación se utilizan para medir pequeños desplazamientos, del orden de nanómetros.

c) Transductor de celdas de medición de película delgada: Este tipo de transductores son muy similares a los de celdas de deformación, su variante radica en que los alambre son aislados en fibra de vidrio con resina epóxica y contiene una resistencia metálica sobre esta base. Estas celdas son pegadas a una lámina, diafragmas o resortes.

El principio de operación de esta es pegar la celda de deformación al objeto a medición. En el caso ideal, la celda mide la dilatación superficial del objeto.

Éste tipo de transductor presenta una desventaja, la cual radica en que es difícil fijar la celda al objeto de medición.

d) **Celdas de semiconductor:** Este tipo de celdas son muy similares a las de película delgada, su diferencia radica en que las resistencias y el sustrato se fabrican en un solo cristal cortado en la dirección apropiada. Esto genera que la celda de semiconductor sea mucho más sensible.

e) **Transductor desechable:** Este tipo de transductor está construido con base en silicio tipo piezorresistivo. Las resistencias de medición están inmersas en la superficie del diafragma. En su fabricación se utiliza la técnica de difusión o de implantación iónica, esto con el fin de garantizar un aislamiento eléctrico adecuado.

El principio de funcionamiento de este transductor es que al aplicar una presión al diafragma de silicio, se producen esfuerzos en su estructura cristalina que originan grandes cambios en los valores de las resistencias de medición, obteniéndose así una gran sensibilidad. Al localizarse las resistencias de medición dentro del mismo cristal del diafragma, se eliminan los problemas de deformación de esfuerzos termoelásticos, presentes en los transductores con celdas de medición. El diafragma se fija a la pared externa de un tubo de plástico, que presente el mismo coeficiente de expansión térmica del silicio.

Un pequeño orificio, que penetra en la pared del tubo, forma la trayectoria del fluido entre el medio y el lado pasivo del diafragma sensor. Esta construcción minimiza la creación de burbujas en el líquido de acoplamiento, minimizando el error en la lectura de la medición.

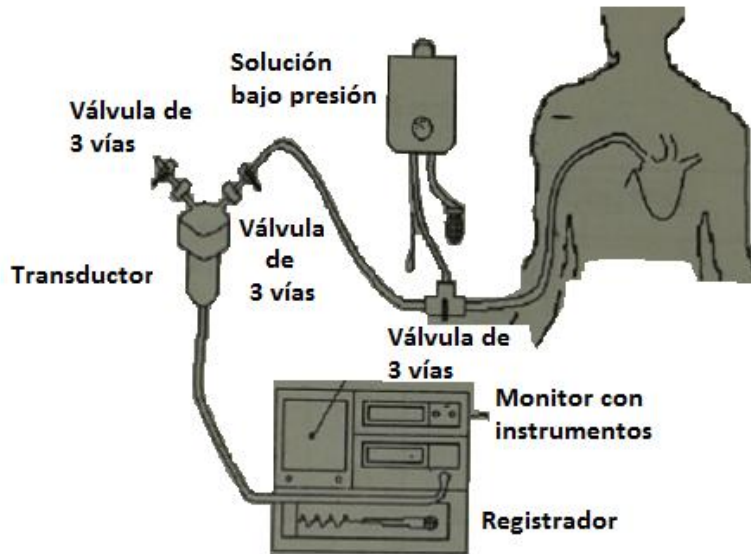
Las ventajas que genera este transductor es que solo se utiliza en un solo paciente y esto provoca que no haya desgaste en la punta del catéter y del sensor, ya que cada que se coloca el transductor al paciente el transductor es sometido a grandes esfuerzos mecánicos.

El equipo que se utiliza para tomar la presión invasiva consiste en:

- Un catéter interno y tubería externa: La tubería no debe ser mayor a 1 m, ya que las mediciones que se toman son alrededor de los nanómetros y esto generaría errores en los valores de medición.
- Un transductor de membrana
- Un amplificador de portadora. Este sirve para amplificar la señal, que es tomada por el transductor, y poder manipular y registrar la señal a un medio visible, como un monitor.
- Un monitor y registrador.

(Matos, 2000, págs. 15,16,26,32,36,38,39,40,41)

A continuación se presenta una imagen del circuito para la toma de presión invasiva PI con todos los elementos antes mencionados.



i 18 Circuito de PI (Matos, 2000)

NOTA:

Cuando se utilizan transductores para la medición de la presión invasiva, es necesario llevar a cabo calibraciones a cero con el fin de asegurar que las mediciones sean fidedignas. Estas calibraciones se utilizan para compensar las diferencias causadas por las presiones hidrostáticas.

La calibración se logra utilizando como línea de referencia el nivel del lado derecho del corazón, se debe abrir una línea de la llave de tres vías (uno de los elementos que componen el transductor de presión) a la atmósfera, alineándose el fluido resultante (aire), con la línea de referencia mencionada arriba.

Si esto no se realiza, el funcionamiento del transductor será erróneo; en algunos monitores piden que se calibre el transductor antes de ser usado, para poder tomar la PI, de no hacerse el monitor no tomará la PI.

RESPIRACIÓN

Las pruebas de funcionamiento pulmonar se aplican para comprobar el correcto funcionamiento de los diferentes componentes.

Tanto las pruebas como la instrumentación para medir la respiración se divide en 2 categorías: La primera incluye pruebas diseñadas para medir la mecánica de la respiración y las características físicas de los pulmones; la segunda determina la difusión de los gases en los pulmones, la distribución de éstos y el intercambio de oxígeno y bióxido de carbono.

Huntchinson a mediados del siglo XX desarrolló las primeras pruebas clínicas del funcionamiento del sistema respiratorio. En dichas pruebas se estudió la habilidad de una persona para introducir aire a sus pulmones desde la atmósfera y el proceso para exhalarlo. Se observó que la habilidad se afectaba por diferentes componentes de los conductos de aire. Esto es la musculatura asociada a la respiración y las características del tejido pulmonar propiamente dicho.

Entre las pruebas pulmonares que se desarrollaron se encuentran las diseñadas para la determinación de los volúmenes y capacidades pulmonares. Estas pruebas miden las características físicas del individuo y la mecánica del aparato respiratorio, para ello se hace uso de un espirómetro el cual ayuda a medir estos dos parámetros.

El espirómetro es el instrumento de laboratorio más ocupado, dentro de este existen dos tipos: los mecánicos y los electrónicos. Para fines de este trabajo solo se mencionarán los electrónicos.

El espirómetro tiene un transductor que proporciona una señal de salida con su línea de base estable, independientemente de la composición o temperatura de los gases que fluyen a través de sus cámaras.

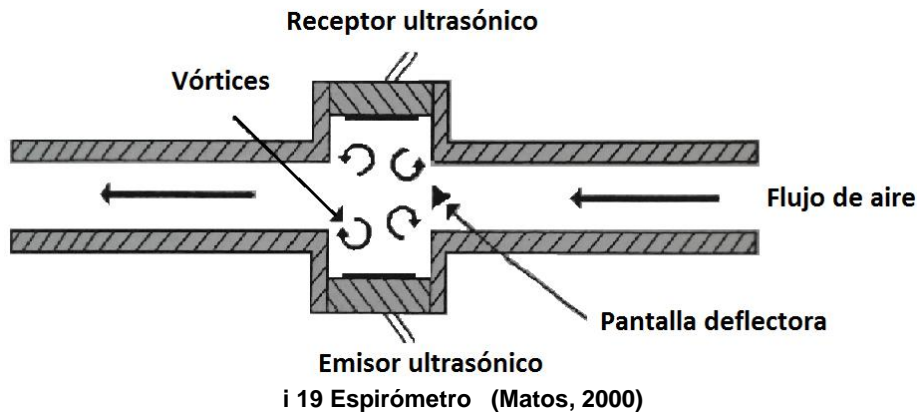
La conexión de esto no altera significativamente la medición de la respiración normal o forzada. Es capaz de soportar presiones y flujos picos sin dañar o distorsionar su respuesta.

Para poder tener una buena lectura el transductor no debe contener partes sensibles al polvo, partículas orgánicas y sobre todo vapor de agua ya que estos elementos modificarían la respuesta lo que se traduce en errores en la señal además de ello pueden contaminar, lo cual sería desastroso para su aplicación clínica.

Nota: hay monitores que cuentan con un espirómetro lo cuales normalmente se encuentran en los quirófanos y/o en áreas críticas como la UCI (Unidad de Cuidados Intensivos) en los cuales el error más recurrente es el mal sentido el cual se ve reflejado en la gráfica de respiración del monitor. Esto se debe a la

condensación de la humedad del espirómetro lo cual se genera por la respiración del paciente.

Principio de funcionamiento



La combinación tubo-pantalla deflectora está diseñada para generar vórtices de 1 cm^3 cuando el flujo cruza el dispositivo.

En las paredes del tubo se encuentran montados, en forma diametral y opuesta, un transmisor y un receptor ultrasónicos. La señal ultrasónica que es perpendicular al flujo y su propagación es interferida por cada vórtice de aire. Las variaciones de la intensidad del haz ultrasónico se utilizan para crear un pulso de corriente conocido, el cual es proporcional al flujo.

Cabe destacar que no afectan de forma significativa al principio de vórtex la composición del gas, la temperatura y la humedad, pero lo que sí afecta al sensor son los líquidos, por lo que los transductores suelen calentarse para evitar la condensación. (Matos, 2000, págs. 189, 196, 199)

CO₂ (DIÓXIDO DE CARBONO)

Hay monitores que miden el CO₂ los cuales lo hacen a través del ciclo de la respiración, esto se hace conectando una línea (manguera) al circuito de paciente. La medición de este parámetro nos ayuda a determinar la concentración de CO₂ al final de la exhalación durante la respiración.

La medición de la concentración del CO₂ se hace con ayuda de un capnógrafo el cual mide el incremento y decremento de CO₂ durante cada

inspiración y exhalación y despliega tanto el valor numérico como la curva generada.

Esto se hace a través de un emisor que envía luz infrarroja la cual al chocar con el CO₂ es absorbida y la luz que alcanza a llegar al fotodetector se mide y se hace el cálculo para determinar la concentración de CO₂. (CENETEC, 2005, págs. Guía tecnológica No. 13. Monitor de signos vitales, 32)

GASTO CARDIACO

La medición del gasto cardiaco se hace para detectar daños o anomalías cardiacas ya que esta mide el flujo de sangre que el corazón manda al cuerpo.

Para realizar dicha medición se necesita colocar al paciente un catéter el cual se le conoce como catéter de termoflucción en este se inyecta una solución a diferente temperatura del flujo sanguíneo la cual se mide a una cierta distancia; esta medición junto con la temperatura del flujo sanguíneo se ocupan para calcular el área bajo la curva.

En otras palabras, el monitor detectará la caída de temperatura una vez inyectada la solución la cual le servirá para detectar el gasto cardiaco del paciente.

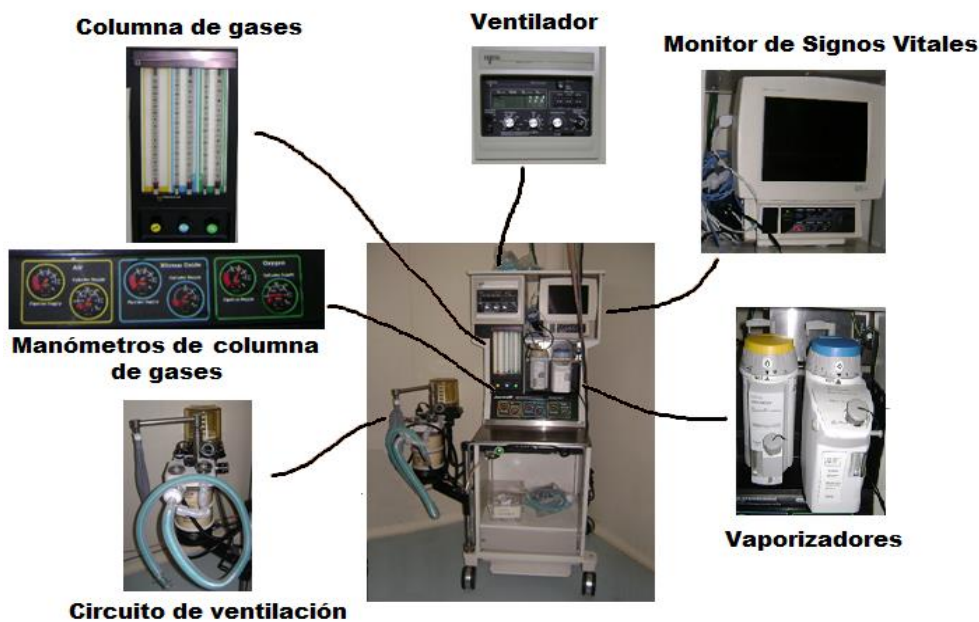
El pico de la curva indica la diferencia máxima entre la temperatura basal de la sangre del paciente y la temperatura de la solución inyectada. A medida que la mezcla pasa por el catéter y después por la arteria pulmonar, disminuye la diferencia de temperatura, esto indica el retorno de la curva al nivel basal. Se presenta una punta al principio de la curva, al 70% de la diferencia máxima de la temperatura y de nuevo al 35% de la diferencia máxima de la temperatura.



Cabe mencionar que esta técnica de medición es la más usada ya que tiene menor error en el cálculo de gasto cardiaco, pero tiene la limitante a que está sujeta a las buenas prácticas del personal médico.

Si la bolsa de solución se coloca cerca de una fuente de calor la medición se verá afectada y con ello el cálculo del gasto cardiaco presentará errores, es por ello que se debe tener cuidado de no colocarla cerca de una fuente calorífica y no mezclarse con otras soluciones esto con el propósito de que la temperatura de la solución no difiera de la temperatura del medio ambiente detectada por la sonda de baño o en la línea. Una diferencia de temperatura origina una lectura inexacta. (System G. M., Desconocido, págs. 7.3, 7.7)

6.2. Máquina de Anestesia



i 21 Máquina de anestesia (Franco, Máquina de anestesia)

Dentro del conjunto de equipamiento indispensable que se encuentra en un hospital, concretamente en las salas de intervención, tenemos la máquina de anestesia. Este es uno de los equipos más importantes dentro de un quirófano, ya que sin ella no se podrían realizar las intervenciones.

Este es un equipo de precisión donde están involucradas la mecánica, ingeniería y electrónica para poder asegurar una cantidad exacta de un gas anestésico para garantizar la seguridad del paciente. Los gases empleados en

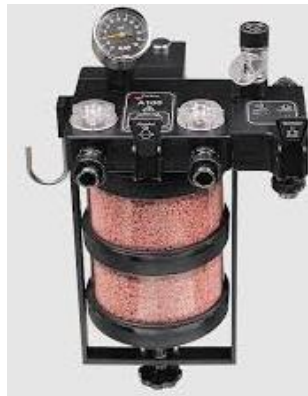
anestesia actualmente son el oxígeno, aire y óxido nitroso. (Marta Bobis Uría, pág. 11)

La máquina de anestesia sirve para poder suministrar agentes anestésicos a los pacientes y además consta de equipo necesario para monitorizar los parámetros fisiológicos del paciente, mantener la ventilación normal del aparato respiratorio, dosificar los agentes anestésicos, el aire y oxígeno y también vigilar las concentraciones de los gases y vapores respirados. (CENETEC, Guía tecnológica No.10: Sistema de Anestecia, 2004)

Dentro de los aparatos de los que consta la máquina de anestesia se encuentran:

- Canister: el cual es un tanque de plástico que contiene cal sodada la cual sirve para quitar la concentración de CO₂ que se presenta al momento de conectar al paciente a la máquina.

Cabe mencionar que el color de la cal sodada es blanca y conforme se va usando, el color va cambiando hasta tornarse de color púrpura, lo cual indica que está saturada y es momento de cambiarla.



i 22 Canister (EXPO, s.f.)

- Vaporizador el cual puede ser solo uno o varios dentro de la máquina de anestesia. Los vaporizadores son en apariencia equipos sencillos y que no requieren de una atención especial más allá de su manejo y llenado con la droga correspondiente, pero nada más lejos de la realidad. Tanto por su cometido como su estructura interna, los vaporizadores son un punto vital dentro del sistema de anestesia. Son los que permiten que un agente anestésico líquido se transforme en unos volúmenes precisos, controlables y

predecibles de vapor anestésico. Este se encuentra conectado con el circuito de paciente.



i 23 Circuito de paciente (Franco, Circuito de paciente)

- Ventilador el cual se encarga de suministrar la mezcla de oxígeno, aire y los vapores anestésicos de una forma precisa al paciente, además de realizar la tarea de conservar la ventilación del paciente de una forma precisa y eliminar de manera eficiente y segura el dióxido de carbono, los vapores anestésicos y los gases de desecho. (CENETEC, Guía tecnológica No.10: Sistema de Anestecia, 2004)
- Columna de gases y su control: aquí se va a controlar de forma manual la cantidad de agentes anestésicos y oxígeno que se va a suministrar al paciente, en este se tiene una columna de gases con sus reguladores donde se pueden visualizar y controlar los parámetros, así mismo se cuenta con manómetros para la monitorización de los mismos.
- Monitor de signos vitales en el cual se registran los parámetros fisiológicos del paciente (para mayor información véase el capítulo 6.1 Monitor de signos vitales).

6.3. Aspirador Quirúrgico

Los aspiradores de secreciones se utilizan antes y después de las operaciones para eliminar fluidos quirúrgicos, tejidos (incluidos huesos), gases o fluidos corporales del paciente, entre otros. (Medela, Desconocido)

La aspiración se logra gracias al vacío que se produce con motores, con bombas venturi o con vacío, esto dependerá del tipo de aspirador del que se trate.

Los aspiradores de succión se utilizan en cirugía general, liposucciones, neurocirugía y endoscopias.

Hay diferentes tipos de aspiradores:

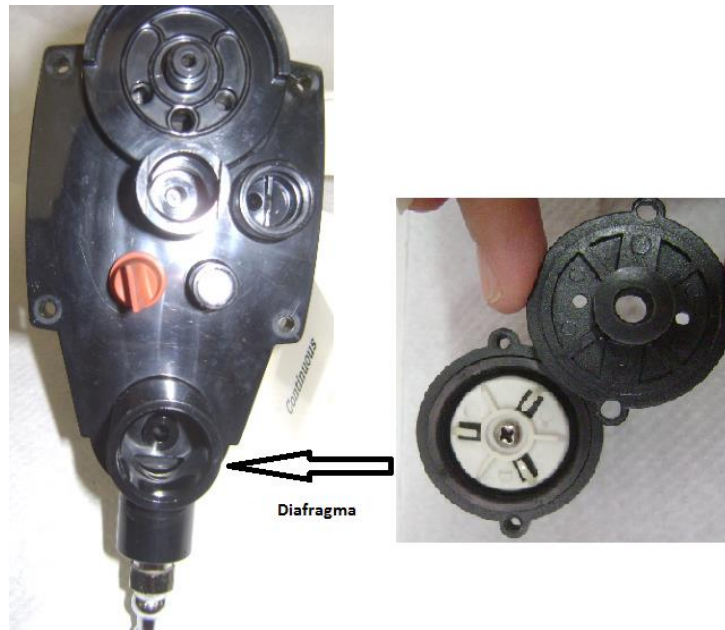
- Van desde los caseros que consiste en un gabinete de plástico con una bomba la cual genera el vacío, un recipiente cerrado con conectores para manguera donde se van a contener los fluidos aspirados y mangueras las cuales permiten conectar la bomba con el recipiente.



i 24 Aspirador portátil (HERGOM)

- Los que se ocupan en salas de quirófano, donde hay conexiones especiales donde el vacío se genera desde un sistema general.

Este aspirador consiste en un sistema cerrado de plástico con un diafragma central, el cual se puede ajustar de tal forma que con ello se logre la presión que se desea generar. A estos se les conoce como regulador de vacío.



i 25 Regulador de vacío (Franco, Regulador de vacío)

- Los que se utilizan en consultorios, cuartos de hospitalización y en salas de terapia intensiva, a estos se les conocen como gomcos, el principio de funcionamiento es el mismo que el aspirador quirúrgico mencionado arriba.

Cabe mencionar que dependiendo del lugar del que se trate esto puede variar.



i 26 Gomco (S.L, s.f.)

6.4. Desfibrilador

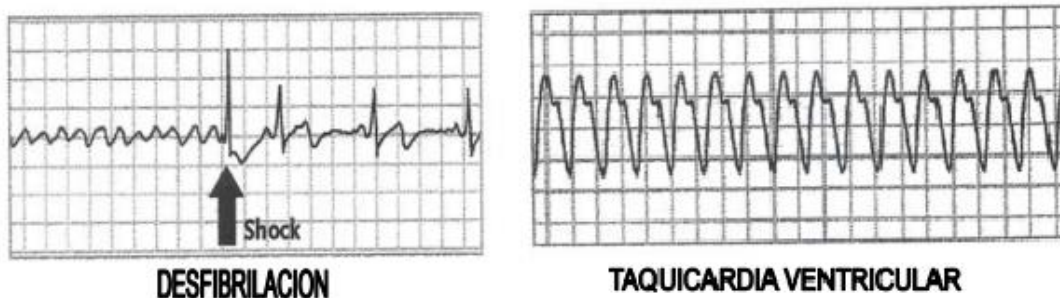


i 27 Desfibrilador (share, 2012)

El desfibrilador se ocupa para revertir los efectos de un paro cardiaco y ayudar a restablecer el ritmo cardiaco; existen dos tipos de desfibriladores que pueden ser los externos y los internos.

Los internos se colocan a través de un implante el cual va directo al corazón, este ayuda al paciente a controlar las arritmias que se producen y con ello evitar un paro cardiaco y así mismo prolongar la vida del paciente; el aparato monitoriza de forma continua, lo que ayuda a detectar y tratar las arritmias mediante una descarga eléctrica de tal forma que se restablece el ritmo del corazón. a estos se les conoce comúnmente como marcapasos.

Los externos son equipos que se encuentran en los hospitales y clínicas y se ocupan para sacar de un paro cardiaco al paciente. Tanto los desfibriladores externos como los internos entregan corriente eléctrica al músculo del corazón para terminar con una fibrilación ventricular (FV) y taquicardias ventriculares sin pulso (TV).



i 28 Señal registrada de una desfibrilación y taquicardia ventricular (CENETEC, Guía tecnológica No. 29: desfibriladores, 2005)

Las descargas se realizan a través de palas las cuales son de dos tipos: las que son como paletas que se usan directo al corazón en el cual el pecho se encuentra abierto, están son de alrededor de 50 mm de diámetro y su forma es cóncava; la máxima energía entregada en este modo es de 50 joules y para evitar daños el equipo limita la energía entregada al corazón, el material con el que están hechas es normalmente de acero inoxidable grado médico el cual permite la esterilización con los diferentes métodos (para mayor información de esto véase el capítulo “Autoclave”); y las palas que se ocupan en el exterior, éstas son más grandes y el nivel de voltaje es alrededor de los 2000 a 4000 volts con una duración de menos de 20 milisegundos por descarga. Existen dos tamaños que son las de adulto y las pediátricas, las cuales se encuentran protegidas con un material aislante para evitar la descarga al personal médico. Para colocarlas se requiere poner un parche especial el cual ayuda a conducir la energía al pecho del paciente y además ayudan a proteger de quemaduras en la zonas donde se aplica la descarga.



i 29 Desfibrilación externa (CENETEC, Guía tecnológica No. 29: desfibriladores, 2005)

Algunos desfibriladores incluyen un monitor el cual ayuda al personal médico a visualizar el comportamiento del corazón a través de la gráfica del ECG. Hay desfibriladores que incluyen marcapasos externos o no invasivos, los cuales ayudan a mandar descargas sincronizadas con el ECG del paciente al corazón, en el momento en que detectan una arritmia como es la taquicardia ventricular (VT).

Para lograr esto se requiere que el pulso del marcador de sincronía aparezca marcado en la curva R del electrocardiograma, indicando al operador que se puede dar la descarga en ese momento (para mayor información con respecto a la curva R véase el tema Sistema cardiovascular).

Ésta no se aplicará al paciente al momento de presionar el botón, se esperará hasta que el circuito de verificación y control del desfibrilador identifica la siguiente onda R, previniendo la descarga durante el periodo vulnerable representado en el ECG por la onda T y que podría provocar una desfibrilación³³.

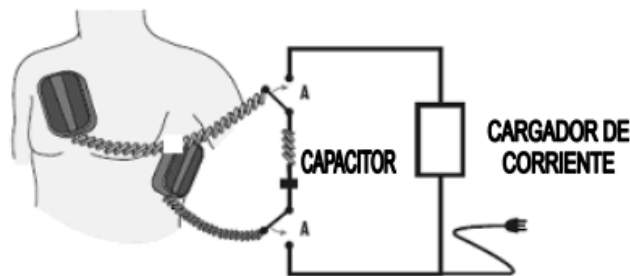
³³ Desfibrilación:

El corazón responde en forma automática al impulso intrínseco del nodo sinusal (SA), de la misma manera lo hace al estímulo eléctrico extrínseco. Si se aplica una cantidad de energía al pecho del paciente durante la fibrilación ventricular, la mayoría de las células ventriculares serán despolarizadas. Dependiendo de las características y condiciones fisiológicas de cada individuo, el marcapasos intrínseco del corazón (nodo SA), tomará control de nuevo del estímulo eléctrico del corazón.

Las energías utilizadas para la cardioversión³⁴ varían de acuerdo al tipo de arritmias a tratar. Para algunos casos como la taquicardia ventricular estable requiere entre 10 y 50 joules, mientras otras como la fibrilación auricular llega a requerir hasta 100 joules. La cantidad de energía va a depender de la duración de las arritmias, la morfología, entre otras cosas.

(CENETEC, Guía Tecnológica No 29: Desfibriladores, 2005, págs. 7, 9, 10, 11)

Los desfibriladores poseen de un capacitor de gran tamaño el cual se carga a través de la línea eléctrica o de baterías recargables, estos cuentan con alarmas visuales y audibles las cuales ayudan a los operadores a indicarles cuando el capacitor está cargado en su totalidad y está lista para su funcionamiento.



i 30 Capacitor de desfibrilador (CENETEC, Guía tecnológica No. 29: desfibriladores, 2005)

³⁴ Cardioversión: es un procedimiento que se utiliza para revertir la fibrilación auricular y transformarla a un ritmo cardíaco normal.

<http://www.fundaciondelcorazon.com/corazon-facil/videos/tratamientos/1598-ique-es-la-cardioversion.html>

22 de marzo 18

6.5. Carro de Resucitación

El carro de resucitación o también llamado carro rojo es un equipo de emergencia que se encuentra principalmente en las áreas críticas como son los quirófanos, urgencias, Hemodinámia, UTI entre otras; este cuenta con el material y equipo adecuado los cuales ayudan a prestar en tiempo y forma la resucitación.

Entre el equipo que se encuentra en el carro de emergencias está el desfibrilador, resucitador pulmonar, tanque de oxígeno, kit para intubación, consumibles para cirugía, entre otros.

Este equipo es necesario que se revise periódicamente para evitar mal funcionamiento en el momento en que se requiera su uso. (CENETEC, Guía Tecnológica NO. 30: Carro de Reanimación Cardiopulmonar, 2006)

6.6. Unidad de Electrocirugía

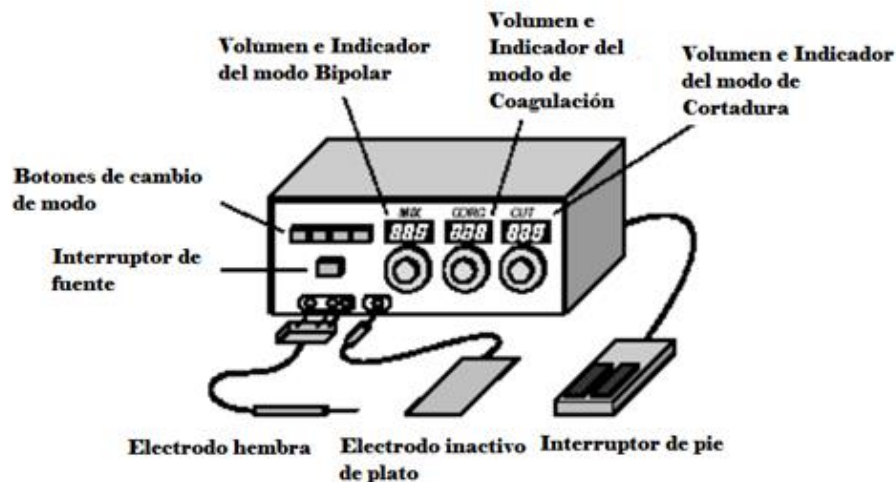
Las unidades de electrocirugía también conocidas como bisturí eléctrico o electrocauterio son equipos muy útiles en intervenciones quirúrgicas ya que sus principales funciones son el cortar y coagular lo cual se hace a través de los bisturís; estos pueden ser desechables o reusables, cabe mencionar que existe una variedad de puntas de estos los cuales van a depender de las necesidades que tenga el personal médico.

Para poder realizar estas dos funciones se hace a través de la corriente eléctrica a alta frecuencia.

El equipo de electrocirugía cuenta con:

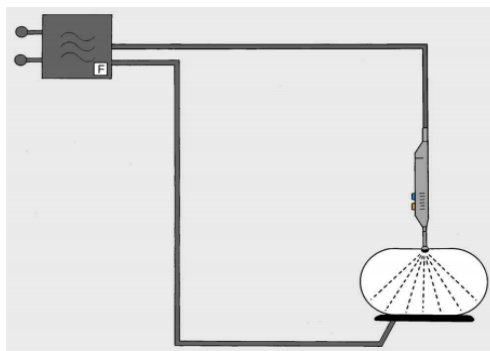
- Una consola que genera la salida de alta frecuencia hasta de 500 W, en frecuencia 0.3 – 5 MHz.
- Un electrodo hembra mejor conocido como bisturí eléctrico con el cual se va a cortar o coagular.
- Un electrodo inactivo de plato el cual ayuda a cerrar el circuito para que circule la corriente de alta frecuencia. (López, 2003)

Cabe mencionar que se debe tener mucho cuidado con el electrodo inactivo ya que si por alguna razón se quita en el momento en que el bisturí se está usando puede generar una descarga tanto al paciente como al personal médico que lo esté usando.



i 31 Electrocauterio (López, 2003)

Principio de funcionamiento



i 32Bisturí electrónico (GROUP, 2006)

El esquema muestra el principio de funcionamiento de una unidad de electrocirugía; este cuenta con un generador el cual se encarga de transformar la energía de la toma de corriente en energía de alta frecuencia para después conducirla a través del electrodo, para poder cerrar el circuito y para utilizar esta energía generada se requiere de un electrodo inactivo.

Al momento de poner en contacto el electrodo con el tejido se genera una alta concentración de líneas de flujo. Gracias a esta elevada concentración energética en una superficie tan pequeña se provoca en la zona del electrodo activo el corte y/o cauterización del tejido.

Cabe mencionar que no se genera ningún efecto térmico a lo largo del camino del electrodo activo al electrodo inactivo, esto se debe a la gran superficie por la que la corriente debe pasar para llegar de un electrodo a otro provocando que haya una disipación de la misma. (GROUP K. M., 2006)


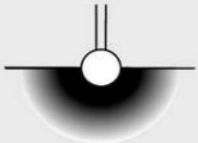
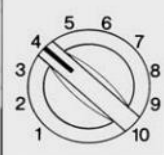


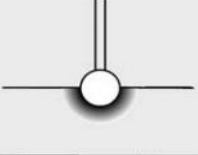
La activación del generador de alta frecuencia se efectúa facultativamente a través de un interruptor de pedal o un interruptor digital en el mango quirúrgico, a esto se le conoce como mando monopolar y bipolar.

El tiempo de concentración de la energía se controla a través del pedal o del interruptor digital del mango.

NOTA: Hay que tener en cuenta que el riesgo de una llamada quemadura no intencionada se produce por el motivo de que no se haya adaptado el electrodo neutro completamente al paciente y se provoque de tal manera una elevada densidad de corriente en la superficie residual aplicada.

Los aparatos electroquirúrgicos siguen el principio de la transformación de energía, de energía eléctrica a energía térmica. La ley básica es la ley térmica de Joule. Ahí se representa la dependencia de la cantidad de calor del amperaje, de la resistencia óhmica y de la duración del efecto. (GROUP, 2006, pág. 5)

$$Q = I^2 \times R \times t$$

	40W	x	6s	=	240Ws	
	80W	x	2s	=	160Ws	
	120W	x	1s	=	120Ws	

i 33 Efecto de ley de Joule (GROUP, 2006)

En la imagen i 33 se muestra los efectos de la ley básica del calor de Joule sobre la aplicación de un aparato de alta frecuencia. Aquí hay que tener en cuenta que la cantidad térmica producida depende de:

- El cuadro del amperaje
- El ajuste de potencia
- La resistencia óhmica del tejido físico como resistencia total de la zona de contacto con el electrodo activo (por ejemplo la sangre, los tejidos musculares o adiposos)
- La resistencia nominal en toda la zona entre el electrodo activo y el neutro.

Cabe mencionar que la profundidad del corte y/o coagulación se puede controlar a través de la modulación de la energía de alta frecuencia y además dependerá del tipo de electrodo activo que se ocupe.

Para electrodos finos de forma de punto se obtiene una concentración de energía alta provocando una alta temperatura la cual genera el efecto de corte, mientras que para electrodos con una gran superficie generan una concentración de energía menor provocando también una temperatura baja generando el efecto de coagulación. (GROUP, 2006, pág. 7)

Temperaturas por encima de los 45° C provocan en tejido vivo destrucciones de la construcción y de la función de moléculas de proteína. Se habla de una desnaturalización. Ésta es provocada por efectos térmicos. Según el tipo de la zona térmica y de las formas de los impulsos aplicados hablamos de 2 diferentes efectos de la corriente de alta frecuencia. (GROUP, 2006, pág. 9)

- **Coagulación**

Temperaturas de 60° C hasta 70° C en la zona alrededor del electrodo provocan un cocer lento del líquido intracelular a través de la membrana celular. Como consecuencia de este efecto, se encoge la célula y varias células se concadenan mutuamente. Se produce un efecto de “soldamiento” con el que se pueden parar las hemorragias.

- **Electrotomía**

Temperaturas de más de 100° C en la zona del electrodo activo provocan un desarrollo rápido de evaporación del líquido de la célula en el interior de la membrana celular. Por consiguiente, se provoca una ruptura de la membrana celular

y se crea un ambiente de vapor alrededor del electrodo activo. Por eso otras células que están situadas en dirección del movimiento del electrodo siguen a ese efecto. Por eso la electrotomía³⁵ no se puede comparar a un procedimiento mecánico de corte. (GROUP, 2006, pág. 9)

6.8. Cuna de Calor Radiante

Cabe mencionar que la capacidad de los recién nacidos en mantener la temperatura corporal es limitada y esto aumenta dependiendo de la edad gestacional y los mecanismos de pérdidas del nacimiento y el periodo de adaptación, por tal razón se requiere de un equipo que ayude al neonato a mantener la temperatura corporal, este equipo se llama cuna de calor radiante. (Quiroga, Chattas, Gil, & Julcarima, 2010)

Su funcionamiento es el termo regular la temperatura del neonato alrededor de los 36° a 37° C, lo cual ayuda al cuerpo de los bebés a bajar el consumo calórico al no tener que mantener su temperatura corporal y con esto se logra reducir su metabolismo y consumo de oxígeno al mínimo, lo cual genera que todos los nutrientes y calorías que consuman se destinen al desarrollo, maduración y crecimiento de su organismo.

Estos equipos a diferencia de las incubadoras no son sistemas cerrados lo cual ayuda a tener una humedad necesaria para evitar daños al sistema respiratorio (para más información véase el capítulo “ventiladores”), y además genera una pérdida de calor constante al ser un sistema abierto.

Existen cuatro mecanismos por los cuales se genera una pérdida de calor del neonato, que son:

- **Conducción:** la cual se genera al colocar el recién nacido en superficies frías o no precalentadas como son: los colchones, balanzas, placas radiológicas y estetoscopios.
- **Convección:** se genera al exponer al bebé a una corriente de aire frío o una inmersión de agua inadecuada.
- **Evaporación:** la cual está asociada a la pérdida de humedad en el medio ambiente o en otras palabras a la concentración de humedad menor a la necesaria.

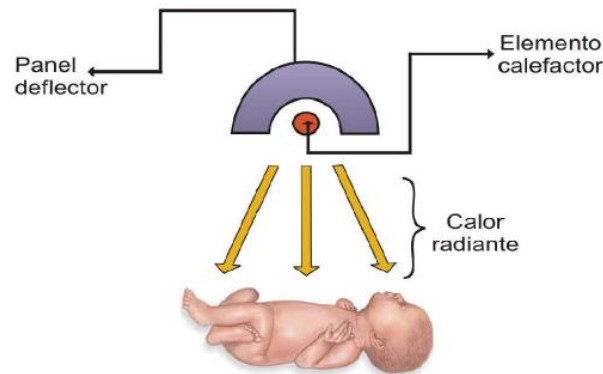
³⁵ Electrotomía: División de tejidos mediante una corriente de alta frecuencia aplicada localmente con un instrumento o una aguja de metal.

- **Radiación:** El cual se genera al someter al bebé a un objeto más frío que no está en contacto directo con él.

Por estas razones es necesario que antes de usar este equipo se precaliente la cuna de calor radiante minutos antes de colocar al recién nacido para evitar una pérdida innecesaria de calor, así mismo se recomienda el subir las paredes de la cuna y evitar colocarla cerca de corrientes de aire frío. Hay que recordar que cuanto mayor es la superficie de contacto, mayor es la transferencia de calor.

Principio de operación

Existen 3 métodos para realizar la transferencia de calor que son: convección, conducción y radiación. En este capítulo para fines prácticos solo se mencionará el método por radiación el cual consiste en mandar ondas electromagnéticas las cuales son generadas por una fuente de energía calorífica la cual se encuentra separada del receptor de calor; dichas ondas viajan por el calentamiento del medio ambiente (referente al medio ambiente de la cuna de calor radiante).



i 34 Principio de radiación de la cuna de calor radiante (CENETEC, Guía tecnológica No. 2: Cuna de calor radiante, 2004)

Las cunas de calor radiante frecuentemente están constituidas por 3 partes fundamentales que son:



i 35 Cuna de calor radiante (CENETEC, Guía tecnológica No. 2: Cuna de calor radiante, 2004)

- Primer bloque está constituido por la fuente de calor la cual se encuentra en la parte superior, está puede ser de varios tipos:
 - Tubos de cuarzo, cerámica o de luz infrarroja
 - Difusores
 - Lámparas incandescentes, etc.

- El segundo bloque está constituido por la unidad de control, que incluye:
 - Alarmas audibles y visibles, predeterminadas por fábrica o ajustables por el operador las cuales ayudan al personal médico a supervisar los parámetros tanto de la cuna como del neonato.
 - Control de calefactor manual en el cual se controla la temperatura máxima que debe proporcionar la fuente de calor la cual es fijada por el operador.

Este tipo de control tiene la desventaja de que se requiere de una supervisión constante por parte del personal médico para evitar la baja de temperatura del neonato o un aumento de la misma provocándole quemaduras.

Para este tipo de control se debe apoyar de las alarmas antes descritas para recordar al personal cada determinado tiempo la supervisión del paciente.

➤ Control servo controlado este es un sistema cerrado donde por medio de la temperatura del neonato se retroalimenta al sistema para controlar la temperatura de la calefacción. Para lograr este se requiere la colocación de un sensor al bebé para que, por medio de la temperatura registrada, la calefacción se encienda o apague en respuesta a los cambios de la temperatura del bebé

Nota: La fuente de calor que genera energía radiante en la región alta de los infrarrojos mayor de los 3 micrones puede causar daño en la retina y a la córnea por lo que es necesario el uso de protección de los ojos del paciente para evitar daño por la luz. Deben de estar muy bien colocados y sujetos para evitar el desplazamiento hacia la nariz y causar obstrucción respiratoria

- El tercer bloque está construido por la parte mecánica, la cual consta de:
 - Plataforma o base sobre la cual se encuentra el colchón, paredes transparentes que pueden o no ser abatibles, con canaletas para sujeción de venoclisis, tubos de ventilación, sensores, transductores, etc.
 - Porta chasis para placas de rayos x la cual se encuentra en la parte inferior de la base del colchón o la plataforma, esto es para evitar el contacto directo del neonato con una superficie fría como se explicó antes.
 - Pueden incluir también una lámpara para exploración clínica y una lámpara de fototerapia. (CENETEC, Guía tecnológica No. 2: Cuna de calor radiante, 2004, págs. 7-10)

6.8. Lámparas Quirúrgicas



i 36 Lámpara de quirúrgica (Franco, Lámpara quirúrgica)

Las lámparas quirúrgicas son dispositivos que se ocupan en las salas de operaciones, estas son utilizadas por tiempos prolongados de una forma directa en el campo quirúrgico por lo que se requiere que tengan ciertas características para suministrar la luz necesaria para poder visualizar de una forma óptima objetos pequeños y de bajo contraste a diferentes profundidades y además debe emitir baja radiación calorífica para evitar molestias y daños al tejido del paciente y al personal médico.

El tipo de luz que suministran las lámparas quirúrgicas reducen las sombras y producen una mínima distorsión del color.

La mejor luz para poder tener una buena visión es la luz diurna la cual tiene una luminancia³⁶ de 100 000 Lux; está es suministrada por lámparas quirúrgicas para tener una buena visualización. Debido a que en la zona de operaciones una gran parte de la luz no se ve reflejada, sino se absorbe, las lámparas de quirófanos deben suministrar una cantidad de luz especialmente elevada.

Las lámparas de quirófano deben de generar una luminancia sobre el campo quirúrgico entre 20 000 y 100 000 Lux. (CENETEC, Guía técnica No. 14: Lámparas quirúrgicas, 2005, pág. 8)

³⁶ Luminancia: resultado que se obtiene al dividir la intensidad luminosa de una superficie entre su área aparente para un observador de ella.

En la actualidad se están utilizando lámparas quirúrgicas con luz led de color azul, las ventajas de estas son:

- a) Disminuir considerablemente el calor provocado con los focos.
- b) Ayudar a los cirujanos a visualizar y distinguir con facilidad la sangre de los tejidos.

Esto es cuando el haz de luz azul es reflejado en el interior del cuerpo humano, la sangre toma un color diferente, lo que facilita a los cirujanos encontrar sangrados.

Por último, cabe mencionar que las lámparas quirúrgicas tienen un mango desmontable, el cual se esteriliza con el fin de que el cirujano pueda mover la iluminación de acuerdo a las necesidades sin contaminar el campo quirúrgico.

6.9. Colposcopio



i 37 Colposcopio (CENETEC, Guía tecnológica No. 36: Colposcopio, 2006)

Los colposcopios son microscopios que se utilizan en el área de ginecología para ayudar a los médicos a visualizar la región del cuello uterino a través de la vagina, lo cual permite observar con una mayor amplificación la región donde existe una carcinogénesis del cuello uterino.

Además, este equipo ayuda a poder hacer los procedimientos como son la colposcopia, las biopsias, cirugías y cauterizaciones de la región afectada. Para lo cual se requiere el trabajo en conjunto de otros equipos para realizar los procedimientos, estos pueden ser los bisturís electrónicos o instrumental médico.

Las características de los colposcopios son que tienen una visión estereoscópica (visión en 3D), binocular, de baja resolución, con una fuente de iluminación potente variable la cual ayuda a ajustar la luz requerida al momento de la exploración. Además de ello cuenta con un filtro verde el cual sirve para eliminar la luz roja y así facilitar la visualización de los vasos sanguíneos, que se ven oscuros.

El cuerpo del colposcopio está integrado por:

- El cabezal donde se encuentra la lente objetivo, dos lentes oculares los cuales se pueden ajustar a la medida inter pupilar del explorador a fin de lograr tener una visión óptima y además cada lente cuenta con la escala de dioptrías grabadas que permite a cada colposcopista hacer la corrección visual necesaria para lograr ver el cuello uterino; también cuenta con un filtro verde el cual se coloca entre la fuente luminosa y los lentes, además tiene 2 o 3 perillas de las cuales una de ellas es para introducir el filtro, otra es para cambiar el aumento del objetivo y la última para el enfoque fino, cabe mencionar que esto puede variar dependiendo de las características del equipo.

El cabezal tiene la ventaja de contar con un mando el cual permite inclinarlo hacia arriba o hacia abajo logrando ajustar la posición que permita al colposcopista situarlo en el lugar adecuado para poder hacer la exploración.

- La base la cual cuenta con ruedas que permite su traslado, esta debe de soportar el peso del cabezal por lo cual llega a ser muy pesada para compensar el peso del cabezal y la manipulación de este. (CENETEC, Guía técnica No. 36: Colposcopio, 2006)

6.10. Bomba de Infusión

Estos equipos se ocupan para suministrar las soluciones o fármacos de una forma precisa, en ellos se puede controlar la velocidad de suministro y las tasas de infusión como son las horas, días o volúmenes que se requieren, estos serán definidos por el personal médico.

La forma en como controlan la tasa de infusión de las soluciones o fármacos es a través de controles electrónicos o mecánicos.

Para poder suministrar estos fluidos se requiere de una manguera desechable la cual se va a cambiar cada que se cambie de paciente, la forma de suministrar estos líquidos es a través de la vía intravenosa, subcutánea, epidural, parenteral o enteral.

Estos dispositivos son muy importantes porque disminuyen el porcentaje de errores humanos en el suministro de medicamentos, regulando de forma rigurosa el flujo de líquidos al interior del paciente bajo una presión positiva generada por la bomba. (Pardell, Desconocido)

Principio de funcionamiento.

Cuando se infunde un líquido a un paciente a través de un acceso vascular, se establece un sistema formado por las líneas o sets de infusión y la vasculatura del paciente. Para este sistema, se cumple la relación $P = RF$, donde P representa la presión necesaria para producir un flujo F al vencer una resistencia R.

La resistencia al flujo está en función de:

- El diámetro del catéter o cánula de infusión
- La existencia de filtros para aire o partículas
- La longitud de la tubería y la geometría del set de infusión.
- La resistencia intravascular o intracompartamental del paciente
- El sitio de la infusión
- La viscosidad del fluido a infundir

La resistencia al flujo va a depender del tipo de paciente, en los adultos esta va a ser mayor a la presentada por un neonato, por lo que la presión típica necesaria

para mantener una infusión adecuada para un adulto va a ser mayor con respecto a un neonato.

En general las bombas de infusión permiten la programación del volumen que se quiere infundir y además cuentan con una alarma que se prende al momento de llegar al volumen programado. Aun después de llegar a este volumen, mantienen un nivel muy bajo de infusión de la sustancia para evitar que la aguja se tape. A este flujo se le conoce como KVO “Keep Ven Open” el cual ayuda a mantener la vena abierta. (CENETEC, 2004, pág. Guía técnica No. 1: Sistemas de infusión)



i 38 Bomba de infusión (Group, s.f.)

En la actualidad la mayoría de los aparatos son controlados a través de microcontroladores, los cuales son los que controlan el funcionamiento. Este equipo no es la excepción, el microcontrolador es el que controla los datos proporcionados por la enfermera, como son: la edad, la cantidad de flujo de medicamento y el tiempo.

Una vez ingresado los datos, el microprocesador los toma y los traduce con un algoritmo, para calcular el flujo que va a pasar a través de la sonda. Esto se realiza con ayuda de un sensor, el cual va a sensar la cantidad de flujo que pasa a través de la sonda y la bomba, que es la que va a controlar la compresión de la sonda para controlar la cantidad de flujo que se va a suministrar.

Además el microcontrolador va a controlar un motor el cual genera impulsos proporcionales al flujo de perfusión. El motor mueve normalmente un pistón o mecanismo peristáltico que realiza la presión sobre el juego de administración. (Pardell, Desconocido)

Uno de los principales errores que se presenta en este equipo, es que el sensor no sensa correctamente el flujo del fluido, esto se debe a que la manguera se encuentra deformada.

Esto pasa ya que al momento de colocar la manguera a la bomba de infusión se requiere cerrar la puerta lo que provoca que con el tiempo la manguera se vaya deformando poco a poco hasta el punto en que el sensor no detecte el flujo que pasa por la misma.

La forma de corregir esto es: sacar la manguera de la bomba y con los dedos tratar de llevarla a su forma original que es circular y volverla a colocar; si esto no funciona, se debe recorrer la manguera un poco para que la parte del sensado quede en un lugar diferente de esta. Si a pesar de esto la bomba sigue sin sensar, entonces será requerido el cambio de la manguera (tubería).

Cabe mencionar que esto va a depender del tipo de bomba de infusión, para este caso en particular es para las bombas peristálticas.

6.11. Torniquete Neumático

Los torniquetes neumáticos se utilizan habitualmente en cirugías de ortopedia como son las artroscopias³⁷ para disminuir la sangre en el miembro a tratar. Esto con el fin de mejorar la visualización de las estructuras críticas y disminuir la pérdida de sangre.

Su uso tiene riesgos en los pacientes, ya que al comprimir el miembro inferior, este queda isquémico³⁸ y genera un aumento de presión en el sistema central, además puede tener consecuencias fisiológicas y bioquímicas significativas.

Durante la isquemia, el oxígeno desciende progresivamente con el aumento del dióxido de carbono y de ácido láctico a medida que los tejidos isquémicos pasan a metabolismo anaeróbico.

El pH de la extremidad isquémica disminuye a medida que la duración de la isquemia en la extremidad se incrementa. Después de la desinflación del torniquete, aumenta el consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono, el pH disminuye transitoriamente como resultado de la combinación de acidosis respiratoria y metabólica.

Como mecanismo compensador se da un aumento de la ventilación, lo que debe considerarse en pacientes con ventilación mecánica³⁹. El aumento en la tensión de dióxido de carbono puede producir un marcado

³⁷ Artroscopia: Cirugía de rodilla

³⁸ Isquemia: Detención o disminución de la circulación de sangre a través de las arterias de una determinada zona. (abc, Desconocido)

³⁹ Ventilación mecánica: se explicara más detalladamente en el tema de ventiladores

incremento en el flujo de sangre cerebral, con consecuencias potencialmente perjudiciales en pacientes con aumento de la presión intracraneal. (Barroso, 2010)

El torniquete neumático consta de:

- Un manguito neumático o brazalete
- Mangueras
- Consola: Consta de una pantalla LCD y botones de selección

Principio de funcionamiento

La consola contiene un motor el cual es el que genera el aire comprimido; a través de un microprocesador el usuario puede seleccionar la presión que va a ejercer en el miembro, así mismo el tiempo de compresión y descompresión.

La consola se conectará con el manguito neumático a través de las mangueras; el propósito es el insuflar la bolsa (manguito neumático) para proporcionar la presión necesaria al miembro.

6.12. Ventilador

Los ventiladores mecánicos (VM) son equipos de apoyo, los cuales se utilizan para controlar o sustituir la función del sistema respiratorio de una forma continua o intermitente, estos ayudan a suministrar el volumen de gas necesario a los pulmones en los cuales se lleva el intercambio gaseoso a través de los alvéolos.

Sin estos equipos sería imposible lograr el sostenimiento de muchos pacientes graves, ya que una patología se concreta en una disfunción de órganos vitales, por lo que el apoyo o sustitución de la respiración mediante la ventilación mecánica se hace indispensable para incrementar su función normal.

Los ventiladores se dividen en dos tipos que son los ventiladores invasivos y los no invasivos.

• VENTILADORES NO INVASIVOS (VMNI)

Los VMNI son equipos que proporcionan soporte ventilatorio mediante dispositivos electro-mecánico-neumáticos, estos suministran el flujo de aire requerido por el paciente de una forma no invasiva lo que quiere decir que no se

requiere intubación endotraqueal lo cual hace su uso menos doloroso para el paciente al no ser invasivo

La forma de trabajo de estos equipos es el controlar la presión inspiratoria mecánica la cual permite el incrementar el volumen corriente de los pacientes haciendo que bajen la frecuencia respiratoria de forma progresiva lo que ayuda a disminuir la producción excesiva de ácido láctico lo cual genera la mejora en el intercambio gaseoso. Aunque la mayoría de los equipos controlan la presión inspiratoria mecánica el sistema está basado en el control de flujo y volumen.

Los ventiladores controlan diferentes parámetros como son: la duración de las diferentes fases de la inspiración y la respiración, la dirección y magnitud del flujo, para ello se requiere la monitorización constante de diversos parámetros.

Al lograr controlar estos parámetros se logra mantener la presión arterial de oxígeno (PaO₂), la presión de bióxido de carbono (paCO₂), se reduce el trabajo respiratorio del paciente al evitar el cierre de los alveolos lo cual se logra ejerciendo una presión positiva, se reduce el daño a las vías respiratorias y de los pulmones y de igual manera se logra disminuir la lesión cardiovascular y hemodinámica.

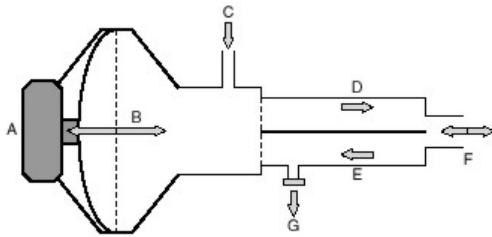
Al aumentar el volumen corriente y el volumen por minuto se logra mejorar la calidad respiratoria y se mantienen los estándares respiratorios y esto se logra con un trabajo respiratorio bajo, y lo más importante es que se evita en lo posible la entubación del paciente lo cual le causaría además de malestares algunas lesiones.

PRINCIPIO DE OPERACIÓN

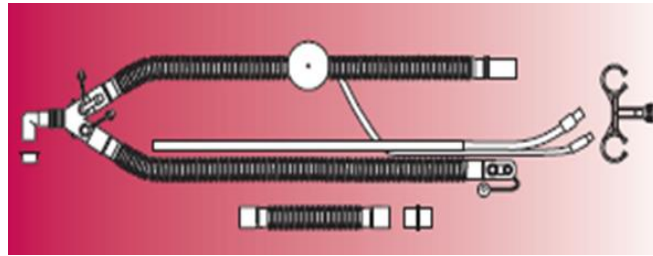
Los VM están compuestos por microprocesadores los cuales controlan todas las funciones del equipo y generan una gran variedad de modos de ventilación; para lograr esto se ayudan de turbinas de alta velocidad y desempeño, las cuales generan el flujo de aire requerido por el paciente.

El aire de entrada es tomado del medio ambiente e introducido a través de un filtro fino el cual va a quitar principalmente las partículas de polen y las partículas ultra finas para evitar generar enfermedades respiratorias al paciente; posteriormente este se presuriza con ayuda de una turbina. Para evitar dañar a los pulmones se requiere controlar la presión y el flujo suministrado lo cual es la función del microprocesador, además este regula y mantiene el nivel de presión requerido. Cabe mencionar que estos parámetros pueden ser ajustados por el personal médico.

Para poder suministrar el aire generado por el ventilador al paciente se requiere la ayuda de mangueras, las cuales son flexible y desechables, a estas se les conoce como circuito de paciente.



i 39 Boquilla (Google, s.f.)



i 40 Circuito de paciente (INTECMED, INTECMED, s.f.)

Pero no solamente se suministra aire al paciente sino también oxígeno, para lograrlo se requiere que se mezclen. Esto se hace con ayuda de una fuente electroneumática la cual cuenta con un sistema electromecánico de control de la insuflación que se encarga de comprimir la mezcla de aire con oxígeno creando una presión positiva en las vías aéreas del paciente.

Los ventiladores cuentan con un sistema de control el cual maneja el comportamiento de las distintas variables de la ventilación, en este se encuentran tres variables principales que son: la variable de disparo o trigger la cual manda la señal para iniciar la respiración, la de límite que controla el flujo del gas y la de ciclado que produce el ciclo entre la fase de inspiración–espiración o de otra forma dicho la que termina con la respiración; estas son las variables que controlan el comportamiento del ventilador y es por ello que son las principales.

Pero los ventiladores requieren no solo controlar los parámetros, sino también monitorizarlos ya que a través de esto la máquina puede ir ajustando el comportamiento del equipo y además el personal médico le sirve para poder tomar decisiones de si se requiere ajustar algún parámetro, si hay algún efecto adverso o si se requiere la intervención de la enfermera o el médico, además de brindarle comodidad al paciente.

Para poder garantizar la seguridad necesaria al paciente el equipo cuenta con un sistema de alarmas el cual por medio de señales visuales como son las lámparas y/o audibles, manda un aviso al operador para indicarle que hay un problema y que pueda actuar a tiempo. Los valores de diversas variables pueden ser ajustadas para establecer los límites de seguridad en el funcionamiento del equipo. Tales eventos pueden estar relacionados con el estado clínico del paciente o con el propio funcionamiento del equipo. (CENETEC, Guía tecnológica No. 27. Ventilador no invasivo, 2005)

- **VENTILADORES INVASIVOS VMI**

Los ventiladores mecánicos invasivos funcionan muy parecidos a los VMNI mencionados anteriormente; la forma de trabajo de estos equipos es el controlar la presión o el volumen. Esto para generar una presión positiva en los alveolos de una forma intermitente y suministrar la mezcla de aire con oxígeno necesaria al paciente.

La forma de operar de los VMI es distinta a los VMNI ya que aquí lo que se realiza es el suplir y/o ayudar a la respiración del paciente dándole un soporte de vida, a esto se le llama también respiración artificial y se produce generando una mezcla de gases a una presión positiva la cual se suministra a los pulmones, esta suple la contracción activa de los músculos respiratorios. La espiración ocurre de forma pasiva, ya que el pulmón es un órgano elástico y tiende a recuperar su volumen normal al cesar la presión y liberar la válvula de exhalación.

Los VMI controlan la presión o el flujo, la magnitud y dirección del flujo y la dirección de las diferentes fases de la respiración especialmente la inspiración y la frecuencia respiración mecánica.

Para lograr obtener la mezcla de gas se requiere de un blender el cual va a mezclar el aire con el oxígeno necesario para el paciente, pero este oxígeno se requiere que tenga un tanto por ciento de humedad para evitar dañar las vías aéreas además de que se necesita controlar la temperatura del mismo, por lo que antes de llegar al paciente el gas es mandado a un humidificador para proporcionarle la humedad y temperatura requerida, este puede ser activo (sistemas convencionales a base de agua) o pasivo (nariz artificial). (CENETEC, Guía técnica No. 26: Ventilador invasivo, 2006)

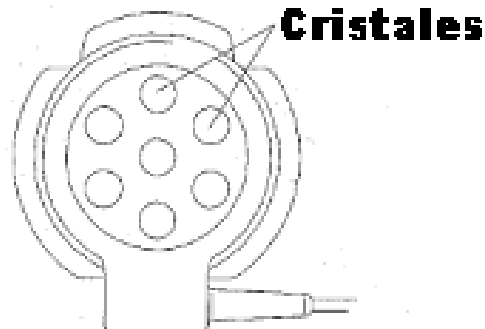
El principio de funcionamiento de estos equipos es similar al descrito en los ventiladores no invasivos es por ello que no se explicará aquí.

6.13. Cardiotocógrafo

Los cardiotocógrafos se utilizan para revisar el estado del feto durante el embarazo, estos contienen detectores audibles y visuales que ayudan a escuchar los latidos del bebé, los cuales se pueden registrar en papel milimetrado.

Los cardiotocógrafos o mejor conocidos como Doppler fetales transmiten ondas sonoras de alta frecuencia, esta transmisión puede ser tanto continua como pulsada. Esto se realiza por medio de una sonda que contiene transductores con cristales piezoeléctricos, la sonda se coloca contra el abdomen de la madre en la región del corazón del feto y se aplica un gel sobre la piel para mejorar el

acoplamiento acústico y facilitar la transmisión eficaz de las ondas de ultrasonido dentro y fuera del cuerpo.



i 41 Transductor de cardiocógrafa (Franco, Transductor de cardiocógrafa)

Principio de funcionamiento

Estos equipos funcionan con el principio de funcionamiento del Doppler el cual consiste en generar energía ultrasónica la cual es transmitida por un medio que en este caso es a través de los tejidos del abdomen de la madre, esta energía se direcciona hacia el feto y en el momento en el que choca contra él esta es reflejada y detectada por el equipo a través del transductor, este a su vez convierte esta energía en la FCF (Frecuencia Cardíaca Fetal).

De acuerdo con el principio de funcionamiento del efecto Doppler, la frecuencia de las ondas ultrasónicas reflejadas cambia dependiendo de la velocidad y la dirección de las estructuras en movimiento; Para entender esto un ejemplo claro es la sirena de una ambulancia, si esta va en dirección a nosotros la frecuencia aumenta provocando que la escuchemos más fuerte, pero si esta va en sentido opuesto a nosotros la frecuencia disminuye provocando que la escuchemos más lejos. En el cardiocógrafa pasa lo mismo, si la frecuencia de las ondas ultrasónicas van en dirección al transductor la frecuencia aumenta, mientras que en dirección opuesta disminuye.

Una vez detectadas estas ondas el equipo las amplía para poder ser escuchadas a través de altavoces o auriculares. Sin embargo, esta FCF acústica no es el latido del feto real, es el sonido que es creado por el cambio de frecuencia de la señal ultrasónica

El cardiocógrafa detectará tres frecuencias cardíacas, las cuales son: la frecuencia de la madre, la frecuencia del feto y la frecuencia de la placenta.

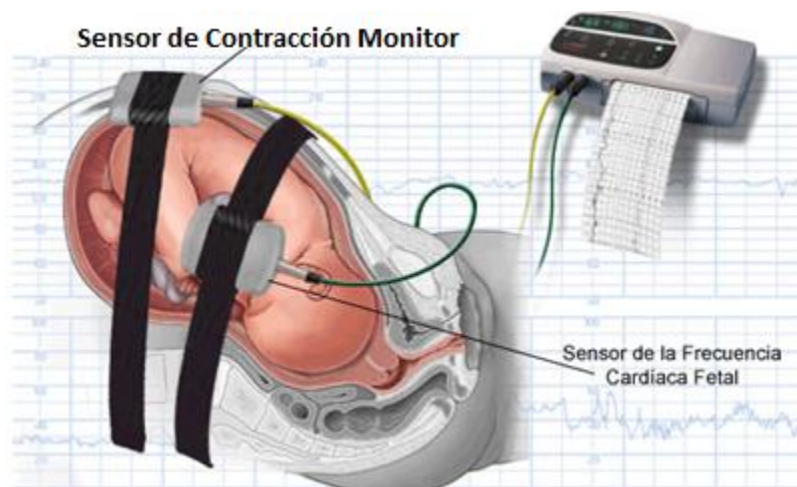
Para diferenciar entre una y otra, solo es necesario revisar el rango de la frecuencia cardíaca que se muestra en la pantalla donde la frecuencia del bebe es alrededor de 120 a 160, la de la mamá está por debajo de los 110 y la de la placenta

se diferencia porque además de tener el sonido del latido trae un sonido como de soplido.

Una vez que se detectó la señal a través de los transductores, se miden los tiempos de los picos de las ondas ultrasónicas o la señal del Doppler para calcular la FCF; para adquirir dicha frecuencia el equipo hace una autocorrelación generando un patrón a partir de la señal detectada, con esto se descarta señales diferentes a las del feto lo cual ayuda a calcular la FCF correcta y asegurar que solo se seleccionen las ondas reflejadas que representan la frecuencia cardiaca fetal.

Cabe mencionar que dependiendo del rango de la frecuencia suministrada en los tejidos va a ser el resultado que se obtenga, las características de las frecuencias altas son el proporcionar mayor sensibilidad y una baja penetración por la atenuación en los tejidos, mientras que en las frecuencias bajas se logra una gran penetración; es por ello por lo que los dopplers utilizan frecuencias en el rango de los 2 a 3 Mhz para poder detectar la frecuencia cardiaca del corazón del feto.

Los cardiotocógrafos cuentan con un sistema de control el cual genera las ondas ultrasónicas y además las amplifica para ser escuchadas, contienen un control de ajuste de volumen, una pantalla LCD donde se muestra la FCF, una bocina en la cual se puede escuchar las tres diferentes frecuencias mencionadas arriba, así como una impresora en la cual se grafica en tiempo real la frecuencia cardiaca fetal y en algunos casos puede contar con un botón para congelar la lectura de la frecuencia. Cabe mencionar que las características pueden variar dependiendo de la complejidad del equipo del que se trate. (CENETEC, Guía tecnológica No. 21: Cardiotocógrafo y fonodetectores, 2010, pág. 7)



i 42 Feto (CENETEC, Guía tecnológica: Cardiotocógrafo y fonodetector, 2010)

6.14. Autoclave

Las autoclaves son equipos que se utilizan para esterilizar equipo médico, ropa, alimento, instrumental médico, entre otros. Este equipo se encuentra en los hospitales dentro del área de CEYE (Central de Equipos y Esterilización).

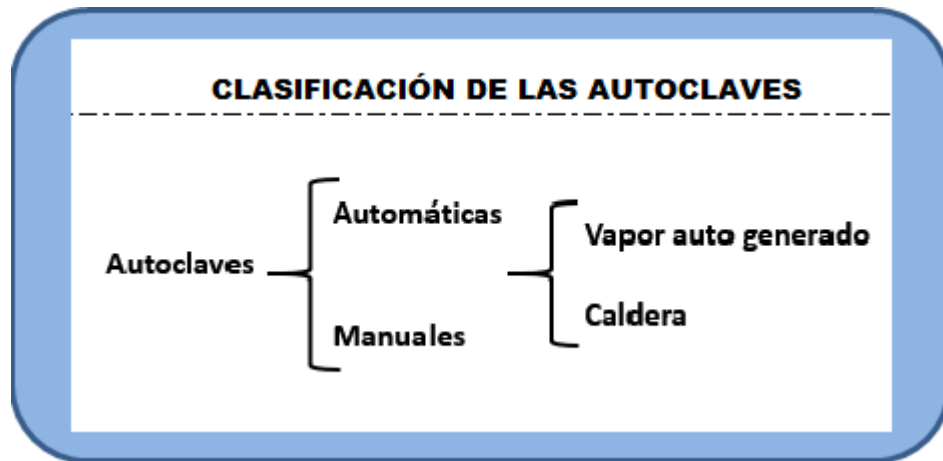
Este equipo es imprescindible dentro de los hospitales y clínicas, ya que al tratarse de la salud se está en contacto directo con las bacterias, las cuales como anteriormente se explicó se deben contener para evitar su propagación; dentro de los métodos de contención de las bacterias se encuentran estos equipos.

Hay autores que refieren que la diferencia entre autoclave y esterilizador radica en que la autoclave es la que utiliza vapor para poder esterilizar y el esterilizador usa gas; hay otros que indican que la diferencia entre ellos es que el esterilizador es el que tiene caldera y la autoclave es la que usa un generador; pero hay otros que indican que no existe ninguna diferencia entre uno y otro. Para fines explicativos me quedaré con esta última.

Hay diferentes métodos de esterilización que se ocupan en la salud: los que esterilizan con vapor, ETO (óxido de etileno) y plasma; el principio de funcionamiento de todos ellos es el mismo, la diferencia radica en el tiempo y la temperatura que manejan.

- Los equipos que manejan óxido de etileno, se ocupan para material sensible a altas temperaturas y donde el material es polvo y líquido en empaques cerrados, principalmente; la temperatura máxima es de 65° C.
- Los que utilizan plasma, se ocupan para equipo termosensibles, en este método no se puede esterilizar ropa ni celulosa; la temperatura máxima es de 50° C.
- Los de vapor se ocupan para equipos poco sensibles a la temperatura, ya que maneja temperaturas mayores a 100° C. Se ocupan para esterilizar ropa quirúrgica, instrumental médico, gasas, entre otras.

Las autoclaves dependiendo de la forma de funcionamiento se pueden clasificar en dos:



i 43 Clasificación de las autoclaves (Franco, Clasificación de Autoclaves)

- **AUTOMÁTICAS**

Son aquellos equipos que cuentan con un sistema de control por medio de PLC o microcontroladores, los cuales ayudan a que el equipo trabaje bajo ciertos parámetros pre ajustados, de forma independiente.

- **MANUALES**

Son equipos que requieren de un atento cuidado durante todo el ciclo de esterilización, para evitar que el material se dañe o el equipo tenga una sobre presión dentro de la cámara.

Estos equipos solo son recomendados para la esterilización con vapor, ya que es muy riesgoso en esterilizaciones con ETO y plasma.

- **VAPOR AUTOGENERADO**

Son aquellos equipos que utilizan generadores de vapor para generar el vapor y la temperatura de esterilización; dependiendo si el control es automático o manual es la forma en cómo se controla la presión y funcionamiento del generador.

Pueden ir desde los más sencillos, donde solo cuenta con un regulador de presión y dos sensores de nivel: alto y bajo; los cuales ayudan a tener la presión en un rango mínimo y máximo y además a controlar los niveles bajo y alto del agua dentro del tanque (generador). Hasta los más automatizados, donde además de

contener un regulador de presión y los sensores de nivel, tienen válvulas solenoides las cuales se van a controlar desde el programa a través del PLC o microcontrolador.

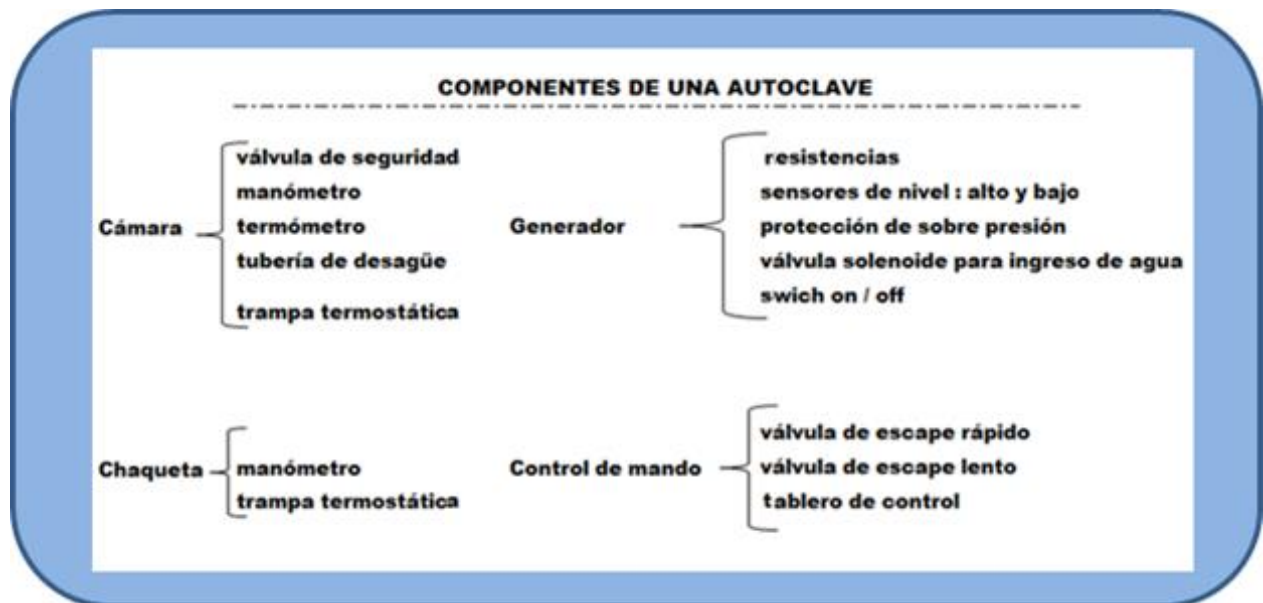
Estos se ocupan en equipos donde el volumen de la cámara no es tan grande y en lugares donde la temperatura ambiente es mayor a los 34° C, esto para garantizar una adecuada esterilización.

- **CALDERA**

Como su nombre lo dice, son calderas o calderetas⁴⁰ que se ocupan en equipos que por su tamaño imposibilitan el uso de generadores, donde su volumen es mayor a los 1000 ml⁴¹.

La forma de control es independiente del equipo de esterilización, estas se conectan a través de válvulas solenoides las cuales van a permitir la entrada de vapor a la cámara.

Las partes principales de una autoclave son las siguientes:



i 44 Componentes de una Autoclave (Franco, Componentes de una Autoclave)

⁴⁰ Calderetas, son calderas de menor tamaño

⁴¹ Esto puede variar dependiendo de las características del material y del lugar que se trate.

Principio de funcionamiento

- a) Para que la autoclave pueda funcionar lo primero que se requiere es que el generador cargue agua suficiente, aproximadamente $\frac{3}{4}$ partes del volumen total del generador.

Este nivel va a ser sensado a través de los niveles alto y bajo.

- b) Una vez alcanzado el nivel de agua, el generador va a comenzar a calentar para generar vapor, en el momento en que la presión del generador alcanza la presión de 21 lb/cm² ⁴², dejará de calentar.

Esta presión será la misma que se tenga en la chaqueta, a este paso se le conoce como precalentamiento.

- c) En el momento que alcanza la presión, se coloca el material en el interior de la cámara y se cierra la puerta para iniciar la esterilización.

- d) El usuario seleccionará los parámetros a ajustar y se inicializará el ciclo; en ese momento el vapor que se encuentra en la chaqueta entrará a la cámara, hasta llegar a los 121° C y 21 lb/ cm² y al mismo tiempo la trampa termostática sacará el aire que se encuentra dentro de la cámara, para garantizar vapor saturado.

- e) Cuando se haya alcanzado la presión en la cámara en ese momento comenzará el tiempo de esterilización; este tiempo dependerá del producto que se esté esterilizando.

Por ejemplo si hablamos de cristalería el tiempo de esterilización es de 15 min a 121°c y 21lb /cm² ⁴³.

- f) Cuando el tiempo de esterilización haya terminado, se deja salir de forma lenta el vapor que se encuentra en la cámara.

- g) Una vez que el vapor ha salido y la presión bajó a cero, el ciclo de esterilización finaliza, en ese momento se puede sacar el producto.

⁴² Esta presión puede variar dependiendo del proceso y el material del que se trate

⁴³ Esta presión variará dependiendo de la zona de la que se trate

Los principales problemas que pueden surgir en estos equipos es que al momento de esterilizar el material salga mojado, lo cual se debe a que la trampa termostática no está funcionando adecuadamente o en su defecto que no se haya contemplado en el diseño original del equipo.

Así mismo cuando la autoclave con generador no alcanza la presión mínima para iniciar el ciclo de esterilización se puede deber a tres cosas principalmente, una es que el volumen del tanque del generador sea insuficiente para cubrir el volumen de vapor requerido por la autoclave, la otra es que el volumen del agua del generador sea mayor al 80% de volumen total, lo que genera que no haya espacio suficiente para almacenar el vapor necesario para alcanzar la presión requerida e iniciar el ciclo de esterilización; y por último que no se tenga un buen control de los condensados los cuales al no salir de la cámara provoca que se tape la trampa termostática lo cual no permite salir el aire provocando que no se alcance humedad necesaria y que a su vez se genere una mayor condensación.

6.15. Tomógrafo



i 45 Tomógrafo (Franco, Tomógrafo)

Se le conoce como tomografía computarizada TC o tomografía computarizada multicortes TAC al estudio que se realiza con el tomógrafo; en este se pueden ver diferentes estructuras con densidades variables como son los huesos, tejidos, órganos, músculos y tumores.

Una de las características de este equipo es que tiene la opción de ajustar el contraste de grises de las imágenes lo cual ayuda al especialista a poder diferenciar los tejidos de densidades similares.

El tomógrafo es un equipo que se utiliza para diagnosticar a los pacientes de una forma no invasiva , se basa en el direccionamiento de rayos X a la zona de

interés lo cual permite la reconstrucción de imágenes a través de los cortes transversales de forma perpendicular al eje más largo del paciente.

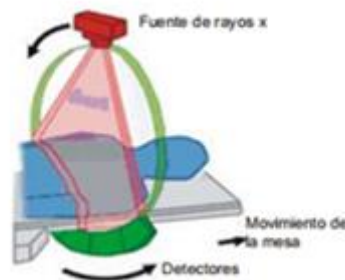
Gracias a esto, la información de múltiples cortes transversales puede conformar imágenes tridimensionales y presentarlas en movimiento (como en el caso del corazón).

Principio de funcionamiento.

El tomógrafo está basado en la unión de sensores o detectores de rayos X a una computadora; las señales son detectadas por los sensores y a través de una técnica matemática llamada reconstrucción algebraica, estas señales se transforman en imágenes. Cabe mencionar que este desarrollo se lo debemos a Hounsfield.

El equipo cuenta con una fuente de rayos X, la cual hace incidir la radiación en forma de abanico sobre una delgada sección del cuerpo; esta radiación se absorbe en mayor o menor cantidad dependiendo de la estructura u órgano del que se trate; a través de los sensores o detectores de rayos X se captan los niveles de absorción y posterior a esto las señales son mandadas a la computadora la cual reconstruye la imagen basada en la intensidad de radiación la cual varía de acuerdo al patrón de atenuación.

El equipo a partir de la unión de las diferentes imágenes captadas reconstruye una imagen en 3D, a estas imágenes se les conoce como cortes, cabe mencionar que entre mayor número de cortes se tenga, mayor será la calidad de la imagen, hay equipos que manejan 16, 32 y 64 cortes siendo este último el de mayor resolución, otra ventaja de este es que por la gran cantidad de cortes se puede apreciar la imagen con movimiento en tiempo real.



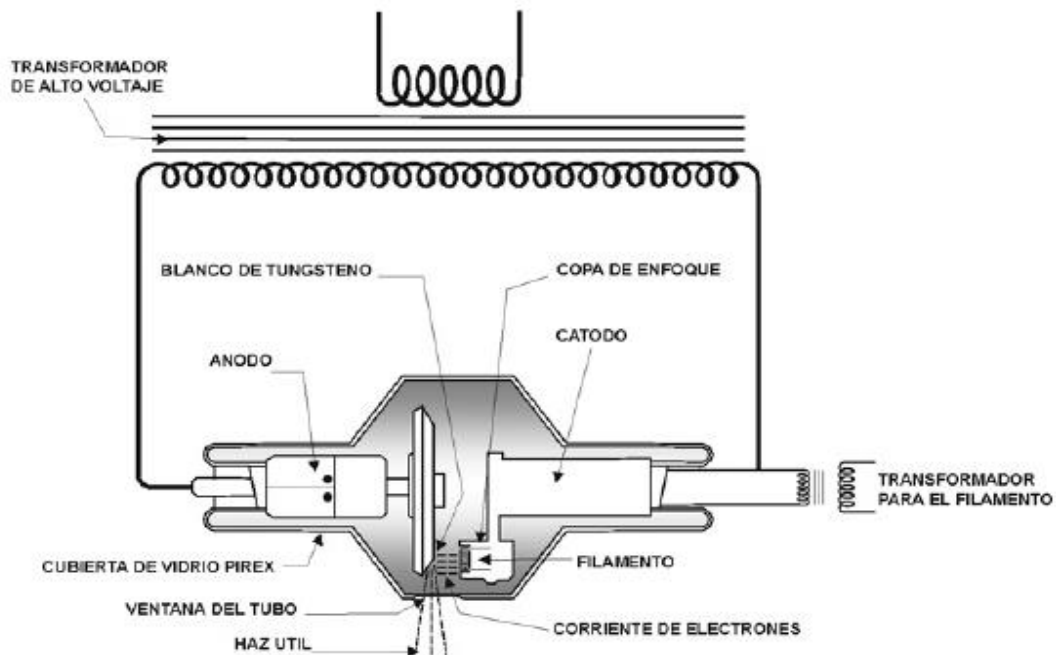
i 46 Funcionamiento de un tomógrafo (CENETEC, Guía tecnológica No.6: tomografía Computarizada, 2004)

El tomógrafo cuenta con tres principales partes que son:

- **Tubo de rayos X.** Es un componente del aparato de rayos X que se encuentra al alto vacío (ya que si hubiese gas, los electrones producidos para ser acelerados contra el ánodo interaccionarían con las moléculas del gas, perdiendo energía y causando electrones secundarios, los cuales no son controlados satisfactoriamente, provocando una variación en la corriente del tubo y en la energía de los rayos X producidos) dentro de una envoltura de vidrio Pyrex para soportar el calor generado.

El tubo contiene dos partes fundamentales: el ánodo y el cátodo. Su tamaño es de aprox. 20-35 cm de longitud y 15 cm de diámetro.

- **Consola de control.** Esta es la encargada de dirigir los electrones (rayos X) a la zona de estudio, además en la consola de control se determina la cantidad de potencia, cantidad de mA y el tiempo de exposición.
- **Generador de alto voltaje.** El generador es el encargado de convertir el voltaje de la línea de alimentación convencional a un voltaje elevado y con la forma de onda adecuada. El generador contiene tres partes principales: transformador elevador de alta tensión (para aplicar un alto voltaje al tubo), transformador reductor de voltaje (para alimentar al filamento con una alta corriente) y rectificador (para alimentar al tubo con una señal de onda rectificada en alto voltaje), todos estos componentes están sumergidos en aceite, con fines de aislamiento eléctrico. (Asesores en Radiaciones, 2009 Octubre)



i 47 Partes del generador de rayos X (Generalidades de los rayos X, 2009)

6.16. Ultrasonido

El ultrasonido es un estudio que utiliza ondas sonoras en el rango de frecuencia de los 20 000 a 10 billones de ciclos/seg. Se basa en el rebote de las ondas sonoras sobre los tejidos las cuales tienen diferentes velocidades dependiendo de la densidad y elasticidad de los mismos.

Los ecos producidos por estas ondas permiten delinear los órganos y los tejidos, lo cual se convierten en una imagen llamada sonograma. El ultrasonido se puede utilizar con fines de diagnóstico y terapéutico⁴⁴. (Thomas, 1997)

Estos equipos son utilizados en consultorios y hospitales como apoyo de diagnóstico, dentro de los hospitales estos equipos se encuentran ubicados en el área de imagenología por cuestiones de seguridad, ya que aunque no se vea la radiación esta está presente, por tal motivo se debe de contar con un espacio confinado para evitar la salida de la misma.

⁴⁴ Para nuestro fin solo se tratarán los ultrasonidos de diagnóstico.

Los sistemas de ultrasonido de uso general proveen imágenes en dos dimensiones de la mayoría de los tejidos blandos, sin someter a los pacientes a radiación iónica.

Cabe mencionar que dependiendo de las características del equipo va a ser la imagen que se obtenga. En la actualidad la mayoría de los equipos cuentan con una visualización de la imagen en 2D, 3D y algunos en 4D.

Para poder visualizar los diferentes tejidos y órganos se requiere de transductores que faciliten el diagnóstico de la zona de interés (estos más adelante se explicarán). Dependiendo del transductor que se use se logra hacer el escaneo de las diferentes zonas del cuerpo, dentro de ellas se encuentran la zona abdominal, de gineco-obstetricia, cardíaca, vascular, endovaginal, endotraqueal o de partes pequeñas.

PRINCIPIO DE OPERACIÓN

Como se mencionó hace un momento los ultrasonidos manejan diferentes frecuencias dependiendo de la zona a diagnosticar, si el escaneo es vascular la frecuencia está en el rango de los 5 a 15 MHz, si es intravascular está se encuentra en el rango de los 15 a los 30 MHz,

Las ondas tienen las propiedades de reflexión, refracción y difracción lo que quiere decir es que estas se pueden enfocar, dirigir y además reflejar, para poder hacer esto se requiere un medio por donde puedan viajar.

Para facilitar la transmisión eficaz de las ondas de ultrasonido se coloca gel sobre la piel y además en ocasiones se requiere que el paciente ingiera una gran cantidad de agua para facilitar la observación del órgano a diagnosticar.

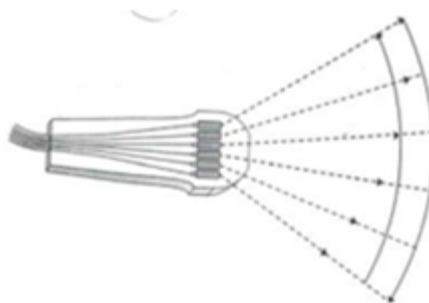
Los ultrasonidos constan de una unidad de control la cual está encargada de generar las diferentes frecuencias necesarias para el estudio, pero no sólo se encarga de esto sí no que también es el encargado de traducir las señales captadas por los transductores, las cuales son mostradas a través de uno o varios monitores, el equipo también consta de un teclado, mouse y panel de control los cuales ayudan al personal médico a analizar y personalizar el estudio el cual es posible guardar a través de un medio electrónico como es el caso de una usb, cd o disco duro.

La forma en cómo funciona el ultrasonido es muy similar a lo explicado en el tema del cardiocógrafa, el transductor se coloca sobre la piel o dentro de una cavidad, antes de hacerlo se requiere colocar gel sobre la parte del material piezoeléctrico del transductor el cual se encuentra en la punta del mismo, este material piezoeléctrico consiste en pequeños cristales acomodados alrededor del transductor.

Una vez colocado el transductor este emitirá ondas las cuales serán reflejadas por el tejido, a esto se le conoce como ecos; estos ecos serán captados por el transductor y convertidos en señales eléctricas que a su vez se convierten en imágenes o mejor conocido como sonogramas.

Estas imágenes o sonogramas tienen diferentes formas de despliegue, estas dependen del tipo de transductor que se esté ocupando, por ejemplo si se usa un transductor plano la imagen que despliega es lineal, mientras que para estudios intravasculares la imagen tiene la forma de anillo, de dona o radial, o en el caso de exámenes cardio-vasculares y del tipo general las formas generadas pueden ser rectangulares cuando se ocupan transductores lineales y de forma de cuña cuando son sectoriales.

Estos últimos pueden ser transductores mecánicos o electrónicos siendo estos últimos los más frecuentes, los cuales utilizan arreglos de fase (elementos piezoeléctricos arreglados en línea).



i 48 Transductor electrónico de arreglo lineal (CENETEC, Guía tecnológica No. 18: Ultrasonido, 2005)

Cada uno de estos transductores pueden tener ruido en la toma de la imagen, ya que la distancia entre el transductor y el órgano a examinar se encuentra alejada, es por ello que para exámenes donde se tiene la oportunidad de introducir el transductor se va a poder obtener una mejor imagen y se va a lograr disminuir el ruido como es el caso de los equipos de ultrasonido cardio-vasculares donde se

utiliza transductores transesofágicos, los cuales están montados en un gastroscopio; estos son introducidos por el esófago del paciente, la ventaja de esto además de reducir el ruido es que se puede obtener señales bidimensionales, de Doppler y de flujo de color. Los más comunes son los multiplanares que proveen el escaneo de diversos planos dejando prácticamente en desuso a los biplanares (sólo en dos planos) y monoplanares (en un único plano). (CENETEC, Guía Tecnológica No. 18: Ultrasonido, Sistema de Imagenología, 2005)

A continuación se presenta una imagen de los diferentes tipos de transductores que se encuentran en el mercado, además de una tabla que refleja los tres tipos de transductores junto con las frecuencias que maneja cada uno de ellos.

Transductores especializados



i 49 Tipos de transductores (HERGOM, Ultrasonido)

Tipo de transductor	Frecuencia de funcionamiento (MHz)		
	Transductor convexo	2.0	3.5
Transductor de selección lineal	5.0	7.5	10
Transductor intracavitario	5.0	6.5	8.0

Tabla 1 (HERGOM, Ultrasonido)

6.17. Mastógrafo



i 50 Mastógrafo

El mastógrafo se ocupa para realizar el estudio de mastografía el cual consiste en administrar una dosis de baja radiación a las mamas para localizar alguna lesión que indique principios de un carcinoma; este estudio se realiza tomando dos proyecciones una es céfalo caudal y otra medio lateral oblicua u en otras palabras una proyección de forma vertical y otra horizontal.

Este estudio representa un gran reto ya que como se ha mencionado en capítulos anteriores cada uno de los tejidos y órganos del ser humano tienen un factor de atenuación de la radiación, el problema radica en que en la composición de la mama desde los tejidos glandulares, vasos sanguíneos, tejido conectivo, la grasa, microcalcificaciones y ductos, sus factores de atenuación son muy similares lo cual genera que se vuelva una tarea muy difícil el poder obtener una imagen detallada de la mama y mucho más cuando se trata de dimensiones del tamaño de 100 μm .

Por lo que para lograr esto se requiere mandar una cantidad necesaria de radiación la cual permita poder observar detalladamente la mama. Esta energía se

encuentra en el rango de los 12 a 30 keV (kilo-electrón-volt), para esto se emplea un arreglo especial de sistema y tubo de los rayos X.

- **Principio de funcionamiento**

El principio de funcionamiento del mastógrafo es similar al mencionado en el tomógrafo, en este lo que se requiere es un generador de alta frecuencia el cual es el que se encarga de generar la radiación requerida.

También cuenta con un tubo de rayos X el cual está constituido con un ánodo normalmente de molibdeno (Mo), aunque puede ser también de tungsteno (W) y rodio (Rh). La característica principal de este tubo es el tamaño del punto focal el cual debe tener una buena resolución espacial por lo antes mencionado.

Para poder obtener imágenes de micro calcificaciones se requieren puntos focales en el rango de los 0.3 a 0.1 mm, cabe mencionar que entre más pequeño y redondo sea el punto focal va a ser mejor la imagen que se obtenga.

Para poder centralizar la radiación y evitar la atenuación del haz de luz el equipo cuenta con una ventana de rayos X la cual es de berilio, a esta se le coloca una filtración en tipo y grosor para el haz de radiación el cual se encuentra después de la ventana.

Para poder obtener una buena imagen se requiere disminuir la densidad óptica por lo cual el equipo cuenta con un sistema de compresión, el cual acerca al receptor el tejido de la mama al comprimir el tejido blando, lo cual reduce la radiación dispersa y decrementa la dosis de radiación al paciente. Dicha compresión se requiere que sea vigorosa para que se obtenga una imagen de buena calidad y se logre detectar pequeñas lesiones de bajo contraste y calcificaciones de alto contraste.

Cabe mencionar que a pesar de que la compresión favorece a la detección de lesiones en la mama esta genera dolor al paciente.

Para poder obtener la imagen de la mama se ocupa un chasis especial, el cual tiene una sola pantalla fluorescente con una película de una sola emulsión de un grado cúbico muy fino (0.5 a 0.9 mm) y una pantalla con una emisión de luz característica. La cual al momento de tener contacto con los rayos X genera la imagen de la mama. (CENETEC, Guía tecnológica No. 11: Mastógrafo, 2004)

Para poder visualizar, manipular e imprimir esta imagen se requiere de un CR, este es un equipo especial que se ocupa en el área de imagenología en el cual se colocan los chasis que se desean leer. El CR extrae la información de la imagen que se tomó y la digitaliza lo cual permite al personal médico el poder observar la imagen y determinar si la muestra es funcional o se tendría que tomar de nuevo.

La ventaja de poder tener la imagen digitalizada es que en el equipo tiene la opción de poder jugar con los contrastes y la iluminación para poder mejorar la imagen y con ello observar si hubiese alguna lesión , cabe mencionar que esto no era posible con los equipos viejos donde el procedimiento se hacía de forma manual.

Una vez que el equipo digitalizó la imagen y el personal médico determinó que es apta para imprimirse, éste manda la información a una impresora de radiografías la cual es la encargada de entregar la radiografía ya impresa.

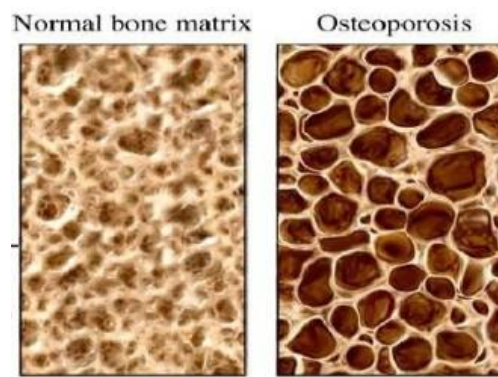
6.18. Densitómetro



i 51 Densitómetro (Imagen, 2013)

El densitómetro se utiliza en estudios donde se requiere medir la densidad ósea o la densidad de calcio en los huesos y realizar el análisis de riesgo de fractura, generalmente se utiliza para diagnosticar osteoporosis.

La osteoporosis es una enfermedad que adelgaza y debilita los huesos lo que genera que estos se vuelvan frágiles y que el riesgo de fractura sea alta. (MedlinePlus, 2018)



i 52 Hueso (CENETEC, Guía tecnológica No. 28: Densitometría Osea, 2005)

El hueso está constituido por tejido conectivo fibroso mineralizado, su composición química es de un 25% de agua, 45% de minerales como fosfato y carbonato de calcio y 30% de materia orgánica, principalmente de colágeno y otras proteínas. (Z)

La densitometría ósea se utiliza principalmente para darle seguimiento al contenido mineral del hueso, lo que ayuda a observar los cambios óseos que presentan los pacientes, los cuales pueden ser por el envejecimiento o alguna enfermedad; además permite al personal médico poder valorar el tratamiento dado y hacer cambios si se requiriese.

Para realizar el estudio de densitometría ósea se ocupan dos técnicas diferentes que se basan en el uso de rayos X y el ultrasonido, la diferencia que existe entre ellas es que los rayos x se ocupan en estudios principalmente de cadera y columna donde la zona es mayor, una de sus características es que se pueden realizar mediciones en varios sitios y además su precisión es mayor con respecto a la del ultrasonido; la técnica de ultrasonido se ocupa para hacer mediciones en zonas más pequeñas como son: el talón, las falanges de los pies y las manos y la tibia.

- **Principio de funcionamiento**

Los equipos que manejan rayos x utilizan la técnica de absorciometría de rayos x de doble energía y consisten en un generador de rayos x doble (DXA), una mesa, un detector o dispositivo de imágenes, una consola y un monitor.

A través del generador de rayos x se suministra un haz de radiación de baja energía el cual al interactuar con el cuerpo del paciente este se va a atenuar; la radiación al chocar con el tejido blando absorberá una cantidad de energía diferente a la del hueso, la cual va a ser detectada por el equipo y este reconstruirá una imagen en escala de grises donde el hueso se mostrará de un color más blanco y el músculo de un gris tenue.

Los equipos DXA ocupan dos técnicas para la reconstrucción de la imagen. Una de ellas consiste en mandar pulsos de bajo y alto voltaje los cuales generan diferentes valores de atenuación. Estas diferencias son medidas por separado; la segunda técnica manda un haz de luz con una intensidad constante donde, para obtener los valores de atenuación, se ocupa un filtro de separación de espectro.

El uso de dos energías permite valorar el mineral de hueso y el tejido suave independientemente de su homogeneidad. (CENETEC, Guía Tecnológica No. 28: Densitometría Osea., 2005) (Radiological Society of North America, 2018)

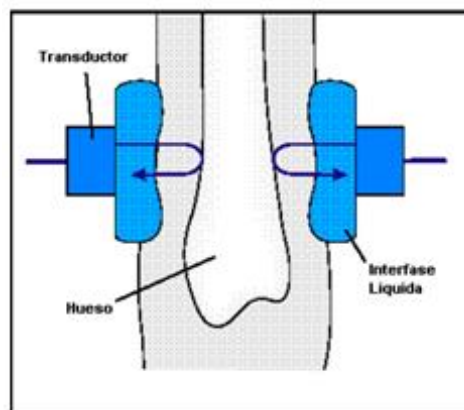
La forma en cómo trabajan los equipos de ultrasonido es a través de la medición de la velocidad del sonido, como anteriormente se explicó las ondas al chocar con una superficie generan ecos, en este caso estos ecos son generados por dos transductores colocados opuestamente lo cual sirve para medir el espesor del hueso.

¿Y cómo se hace esta medición? Esta medición se hace a través del rebote de las ondas al chocar con la superficie del hueso y del músculo, cabe mencionar que las ondas van a presentar una atenuación que varía dependiendo del tejido del que se trate, lo cual le sirve al equipo para poder descartar las señales que provengan del músculo y quedarse solo con las generadas por el hueso; además el transductor opuesto capta las ondas que atraviesan el hueso.

El ancho de banda generado por los equipos de ultrasonido está en el rango de los 0.2 a 0.6 MHz que es la frecuencia donde la onda puede pasar el hueso; entre mayor sea la frecuencia la atenuación será mayor, ya que el hueso actúa como filtro; la unidad de medida de la fuerza del hueso se expresa en decibeles por MHz o dB/MHz.

Un hueso poroso tendrá una atenuación del ancho de banda ultrasónico más baja que la presentada por un hueso sano.

Cabe recordar que para tener una buena transmisión y penetración de las ondas se requiere colocar una sustancia acuosa a la piel del paciente, es por ello que al usar densitómetros por ultrasonido se debe de colocar gel al transductor antes de realizar la prueba.



i 53 Medición del talón con ultrasonido (CENETEC, Guía tecnológica No. 28: Densitometría Osea, 2005)

6.19. Angiógrafo



i 54 Angiógrafo (Alberto, s.f.)

El Angiógrafo es un equipo de radiología que se encuentra en el área de hemodinamia. Este se ocupa para el estudio y diagnóstico vascular, permite observar el comportamiento en órganos vasculares y obtener imágenes en tiempo de flujo sanguíneo lo que ayuda a poder determinar si existe algún daño en el sistema vascular.

Este equipo se ocupa en procedimientos donde se requiera colocar un balón a las arterias cuando se encuentran obstruidas o estrechas lo cual ayuda al flujo sanguíneo; poner un implante al corazón como por ejemplo un marcapasos donde se requiere colocar los electrodos en el miocardio, también donde se encuentran tumores sarcomatosos⁴⁵, estos son algunos de los ejemplo donde se puede ocupar este equipo.

La característica del angiógrafo es que puede proporcionar información fisiológica a lo largo de todo el procedimiento como es el caso del flujo sanguíneo y la presión en las cavidades cardiacas, para lograrlo se requiere inyectar un medio de contraste radioopaco al paciente el cual se trata de yodo, este se suministra vía venosa a través de un catéter; en el momento en que el contraste va pasando a través de las venas el equipo es capaz de ir observando de una forma clara la zona de interés, esto pasa ya que el medio de contraste o isotopo es de un material radioactivo.

Cabe mencionar que en el momento en que el equipo irradia la zona a estudiar el efecto que produce los rayos x al chocar con el medio de contraste es la iluminación del yodo, lo cual ayuda al personal médico a observar a través de las pantallas los daños o anomalías del sistema vascular de una forma más clara.

⁴⁵ Sarcoma: es un tumor del tipo maligno que se produce en un músculo, hueso, vaso sanguíneo u otra clase de tejido conjuntivo. (Julián Pérez Porto, 2014)

Al procedimiento de introducir un catéter a través de un conducto o vaso sanguíneo se le conoce como cateterización cardiaca y se utiliza especialmente para evaluar la anatomía y patología del corazón y las arterias coronarias. Para esto se cuenta con dos técnicas: la arteriografía coronaria la cual ayuda a evaluar las arterias coronarias y la angiografía cardiaca la cual proporciona imágenes radiográficas de las cámaras del corazón, aorta y venas pulmonares con el propósito de diagnosticar defectos congénitos en el corazón o problemas de las válvulas cardiacas.

Ya que el procedimiento se realiza directo al sistema vascular es necesario evaluar el EGC⁴⁶ del paciente de forma continua para evitar un contratiempo, es por ello que se requiere colocar latiguillos al paciente los cuales van a obtener las ondas del electrocardiograma mostrándolos a través de un monitor, estas serán de ayuda al personal médico para evaluar el comportamiento del corazón del paciente durante la intervención, además durante todo el procedimiento el paciente se encuentra despierto ayudando a proporcionar información de vital importancia a los médicos.

Cabe mencionar que en todos los procedimientos donde se ocupan equipos de rayos x se requiere protección especial para el personal médico y el paciente, para evitar la radiación innecesaria. Dentro de todos los equipos de imagenología en el que se requiere mayor protección es el angiógrafo, ya que durante todo el tiempo que dura el procedimiento el personal médico y de apoyo, están en constante radiación ya que como se comentó anteriormente para poder visualizar el comportamiento del sistema vascular se requiere estar radiando la zona a diagnosticar de forma continua, lo que genera que el tiempo de exposición del personal sea alto.

Es por esta razón que toda persona que ingresa al área de hemodinamia durante un procedimiento requiere portar el equipo de protección radiológica el cual consiste en un chaleco de plomo que protege desde el pecho hasta los genitales, un protector de tiroides, lentes plomados para evitar que la radiación pase a los ojos, y guantes plomados; todo esto con el fin de proteger las gónadas y evitar una mutación a nivel celular.

⁴⁶ EGC: Electro Cardiograma

- **PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO**

Este equipo, como ya se mencionó anteriormente cuenta con un sistema de monitoreo para la revisión del flujo sanguíneo, la presión en las cavidades cardiacas y el EGC del paciente; estos datos son mostrados a través de las pantallas que generalmente son 2, en una se muestran las señales fisiológicas y en la otra se visualiza el sistema vascular el cual será tomado a través del arco en C, este es el encargado de proporcionar la radiación necesaria para obtener las imágenes, está conformado por un generador, un tubo y un detector de rayos x así como un detector de panel plano.

Para facilitar y poder realizar el estudio el equipo cuenta con una mesa que tiene la posibilidad de movimiento, esta se controla a través de un panel de control el cual consiste de un pedal que se coloca cerca del cirujano para que tenga la libertad de posicionamiento de la mesa y un teclado que se encuentra alejado del especialista y lo maneja el personal de enfermería como apoyo al médico. Pero no solamente la mesa tiene la libertad de movimiento sino que también el arco en C, este se puede desplazar de forma radial.



i 55 Arco en C con mesa (CENETEC, Guía tecnológica No. 34: Sistema de Rayos X, 2006)

La forma en cómo opera el equipo es muy similar a los equipos antes descritos, el generador es el encargado de entregar el voltaje y corriente necesaria al tubo de rayos X el cual está constituido por una ampolla que se encuentra al alto vacío para evitar la interacción de los electrones con las moléculas del aire ya que de hacerlo se perdería energía en forma de calor y se produciría electrones secundarios

generando una exposición radiológica alta; además cuenta con dos electrodos: un cátodo (carga negativa) y un ánodo (carga positiva).

Cuando los electrodos son polarizados, se establece entre ellos un campo eléctrico capaz de acelerar los electrones, en el momento en que la corriente fluye hacia el lado negativo el filamento emite electrones los cuales son acelerados hacia el ánodo y chocan en un blanco sobre el lado positivo hacia el punto focal, produciendo los rayos X y al mismo tiempo generando calor.

El equipo cuenta con un sistema de enfriamiento para disipar el calor producido durante el estudio, además de ello el área de hemodinamia tiene control de temperatura el cual ayuda a evitar el incremento de la misma en el equipo.

Para filtrar la radiación dispersa el equipo cuenta con rejillas las cuales van a dejar pasar los rayos x que tienen el ángulo apropiado para generar la imagen y absorberán los demás ayudando a focalizar los rayos x a la zona de interés.

Los rayos X pasan a través del intensificador de imagen atravesando un cristal compuesto de Csl (yoduro de cesio), convirtiéndose en fotones visibles, estos chocan sobre el fotocátodo el cual los absorbe y produce corriente. Esta es intensificada por un alto voltaje, enfocado por una serie de electrodos sobre un ánodo de fósforo.

La luz generada en este proceso es transmitida al detector de panel plano que está compuesto por selenio amorfo y un arreglo de fotodiodos los cuales leen la imagen y la digitalizan para poder ser observada por medio de las pantallas, además son enviadas a una computadora para poder guardar el estudio. (CENETEC, Guía tecnológica No.34: Sistema de Rayos X, 2006)

7. SERVICIO PREVENTIVO Y FALLAS COMUNES EN LAS MÁQUINAS DE ANESTESIA.

En la presente guía se hablará de una máquina de anestesia marca GE Healthcare, modelo Ohmeda Datex Aestiva. Como anteriormente se explicó, es un equipo importante en el sector salud, ya que representa el bienestar o el deterioro del paciente; se considera un equipo de soporte de vida (Ana Victoria & Sánchez Cedillo, 2014) por ello la importancia que representa el hacer una guía para enseñar la forma de realizar el mantenimiento preventivo a dicho equipo.

Cabe mencionar que la información descrita en este apartado, puede ser aplicado para las diferentes marcas de máquinas de anestesia, las cuales pueden llegar a tener algunas variantes.

Las principales fallas que se dan en estos equipos generalmente son por la humedad generada por la respiración del paciente cuando es conectado al circuito de paciente; dentro de estas fallas se encuentran: fugas de oxígeno, mal sentido de nivel de oxígeno, la caída de presión en el fuelle, principalmente (más adelante se explicará el procedimiento a seguir para corregir estos problemas). Además de estas fallas se encuentra otra muy característica que está asociada a la mala calibración del equipo, la cual consta en calibrar a 0 y 100% de saturación de oxígeno, si esto no se hace correctamente se generan fallas en el funcionamiento.

La forma en cómo se calibra es la siguiente:

- Se prende el equipo y se entra al menú de la máquina
- Se elige la opción de calibrar
- Se desconecta el sensor que se encuentra en la parte frontal del equipo y se inicia la calibración
- Después se conecta de nuevo el sensor y se realiza la calibración a 100% de saturación.

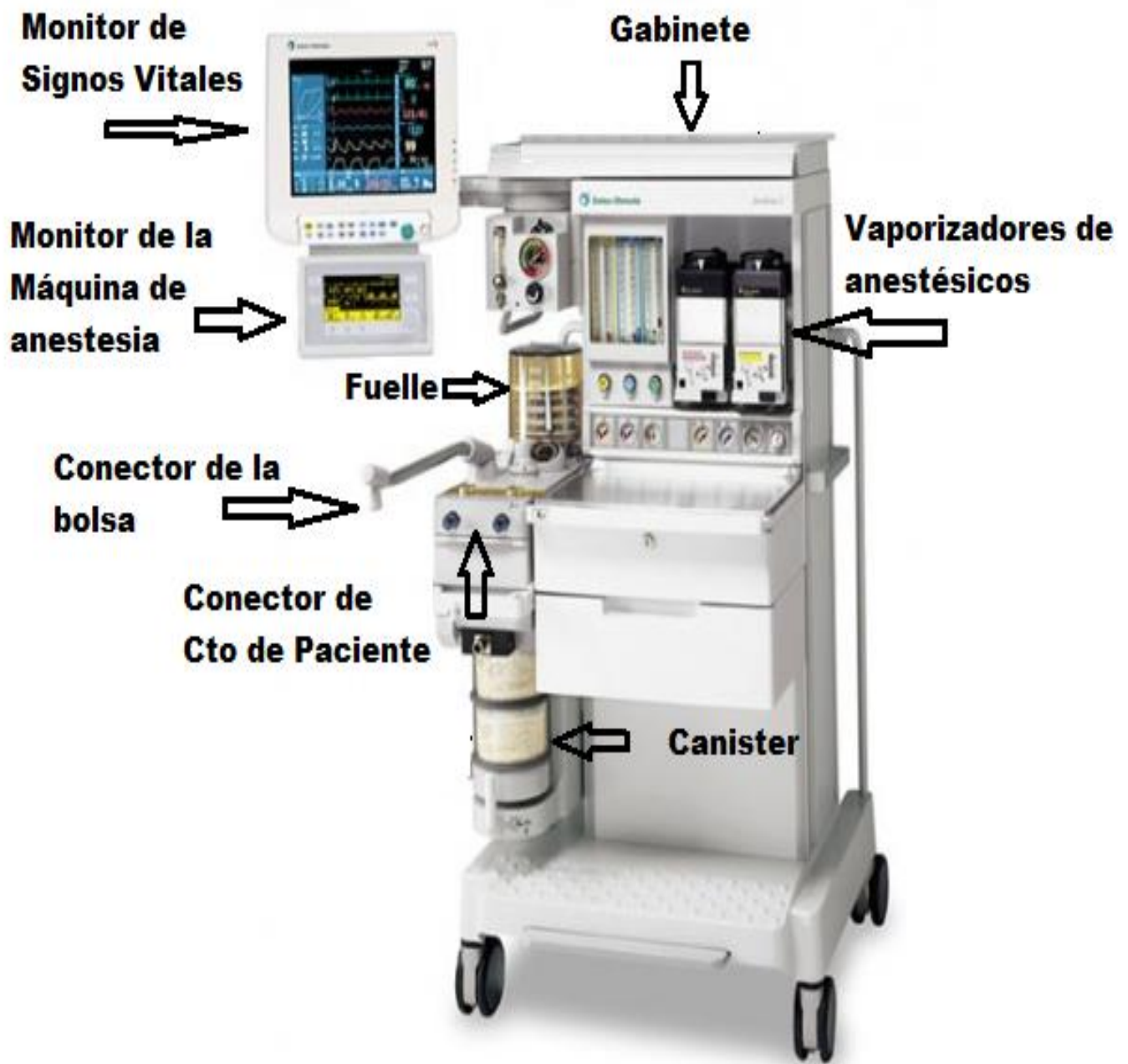


i 56 Sensor para la calibración (Franco, Sensor para calibración)

Durante este procedimiento la pantalla de la máquina nos va a ir guiando; al finalizar la calibración el equipo está listo para su funcionamiento.

Cuando las fallas son generadas por la humedad, la solución es muy simple, se requiere limpiar toda la parte mecánica del equipo de ventilación para corregir los problemas. Esto se realiza desarmando el equipo y lavando todas las piezas que la conforman con agua. Hay que recordar que el oxígeno es altamente inflamable, por lo que hay que evitar ponerlo en contacto con algún químico.

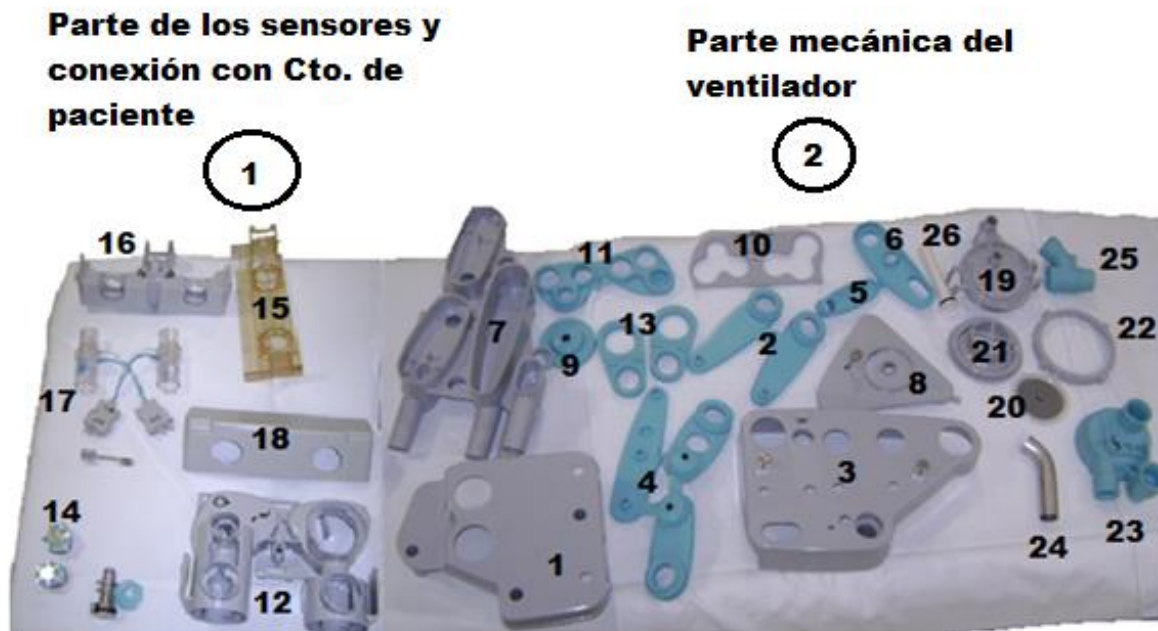
A continuación se muestra los componentes con los que está constituida la máquina de anestesia Marca GE modelo Ohmeda. Así como el correcto armado del mismo.



i 57 Máquina de anestesia GE

7.1 Componentes Mecánicos del Ventilador

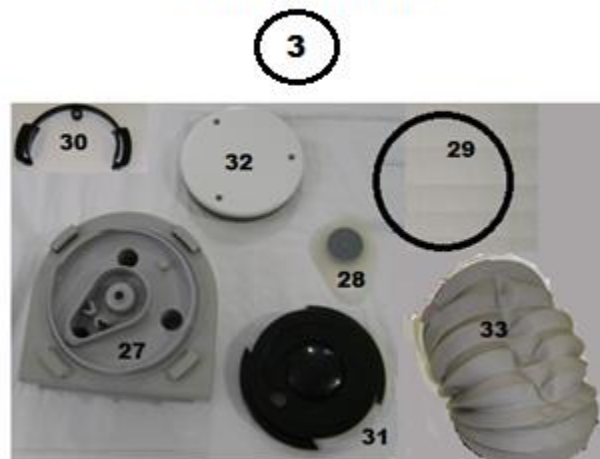
Para fines de estudio, se puede dividir en tres partes los componentes mecánicos en los que está constituida la máquina de anestesia. Estas son:



i 58 Componentes de sensado ⁴⁷

i 59 Componentes del ventilador

Parte del fuelle



i 60 Componentes del fuelle

⁴⁷ Todas las imágenes presentadas en este capítulo son fotos propias tomadas durante el tiempo que trabajé en el hospital.

Todas las partes mecánicas del ventilador son fabricadas con hule especial, el cual no contamina ni reacciona químicamente con el agente anestésico y el oxígeno.

Cabe mencionar que cuando se realiza el servicio a un equipo médico es necesario trabajar con protocolos de seguridad, para dicho mantenimiento se requiere utilizar guantes; si este servicio se realiza en el quirófano (zona blanca) es requerido portar el uniforme correspondiente⁴⁸.

A continuación se mostrará la forma correcta de armar el equipo.

Parte mecánica



i 61 Maq. Ans. parte mecánica 1



i 62 Maq. Ans. parte mecánica 2

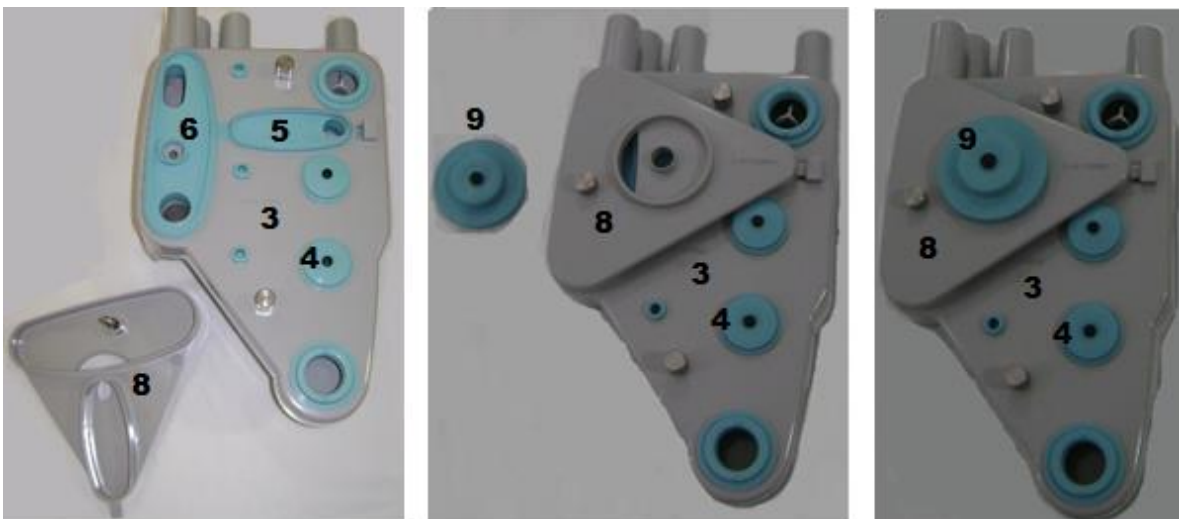
⁴⁸ Para mayor información, vaya al tema de “Protocolos de seguridad e higiene en el hospital”



i 63 Maq. Ans. parte mecánica 3



i 64 Maq. Ans. parte mecánica 4



i 65 Maq. Ans. parte mecánica 5

Parte de los sensores y conexión a Cto. de paciente



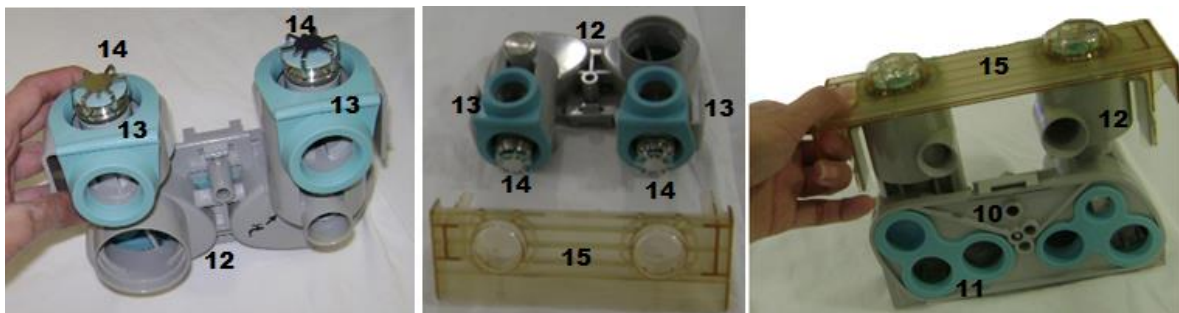
i 66 Maq. Ans. parte de los sensores 1

Es el primer lugar donde se genera la humedad



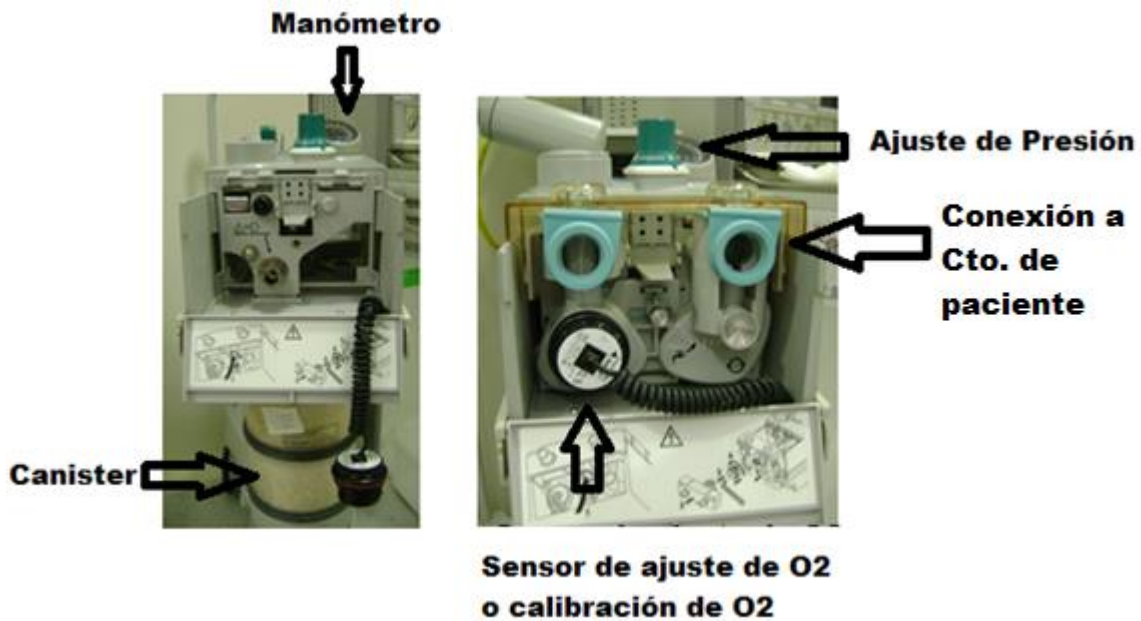
i 67 Maq. Ans. parte de los sensores 2

Para evitar desarmar la máquina por el mal funcionamiento debido a la humedad, es necesario que cuando se presente rasgos de humedad en la tapa referida con el No. 15 se limpie con una gasa para evitar que se propague a todo el mecanismo. Esto ayudará a dar una mayor vida a la máquina.

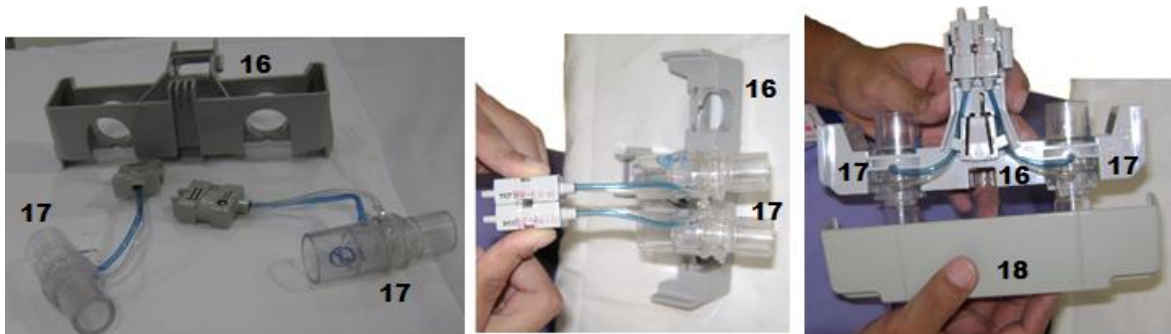


i 68 Maq. Ans. parte de los sensores 3

Cuando la cal sodada se encuentra en color purpura es necesario sustituirla con nueva, ya que como anteriormente se dijo, esta sirve para absorber el gas de C_2O .

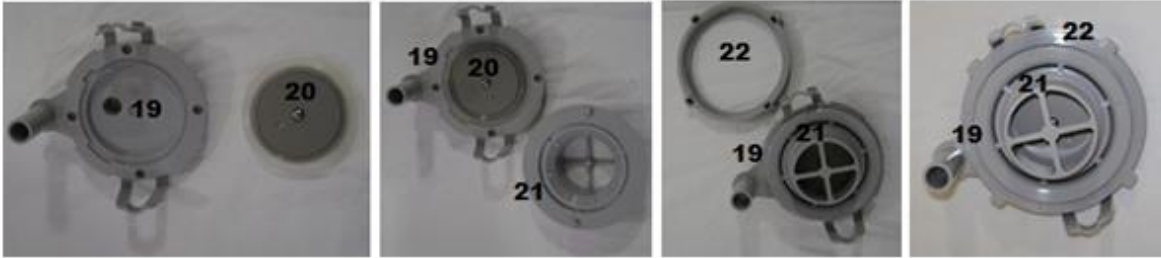


i 69 Maq. Ans. parte de los sensores 4



i 70 Maq. Ans. parte de los sensores 5

Parte mecánica

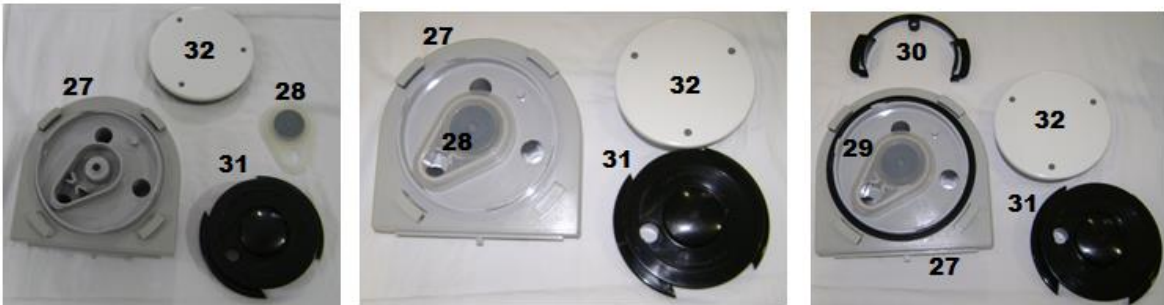


i 71 Maq. Ans. parte mecánica 6



i 72 Maq. Ans. parte mecánica 7

Parte del fuelle



i 73 Maq. Ans. fuelle 1

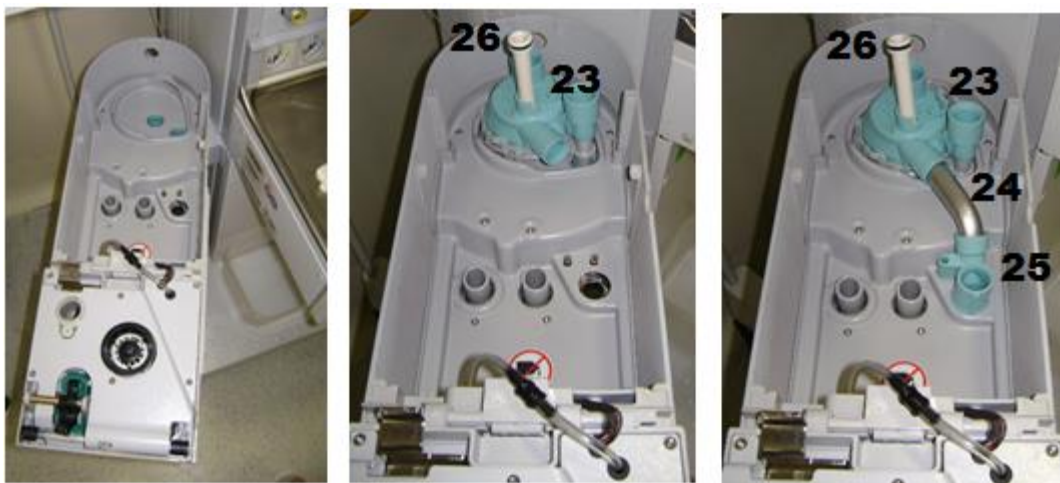


i 74 Maq. Ans. fuelle 2

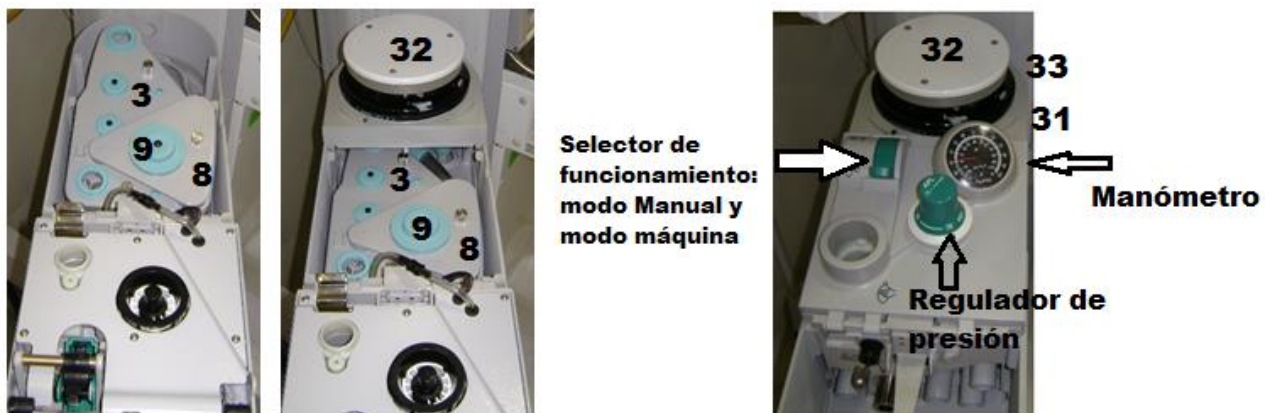
Cuando se pone a trabajar el equipo y el fuelle no sube adecuadamente, lo que hay que revisar es si se montó correctamente a la máquina. La forma correcta de hacerlo es colocar la tapa referida con el No. 34 sobre la máquina de anestesia, esta se debe girar hasta llegar al tope; ambas tienen dos cuñas las cuales se unen a presión para evitar la fuga de oxígeno.

Si una vez realizado esto el fuelle sigue presentando mala insuflación hay que revisar que estén bien colocadas las partes 31, 32 y 33, ya que de no ser así el fuelle (No. 33) no se va a expandir correctamente.

Una vez armados las tres partes, lo que sigue es montarlas en la máquina de anestesia.



i 75 Maq. Ans. montado 1

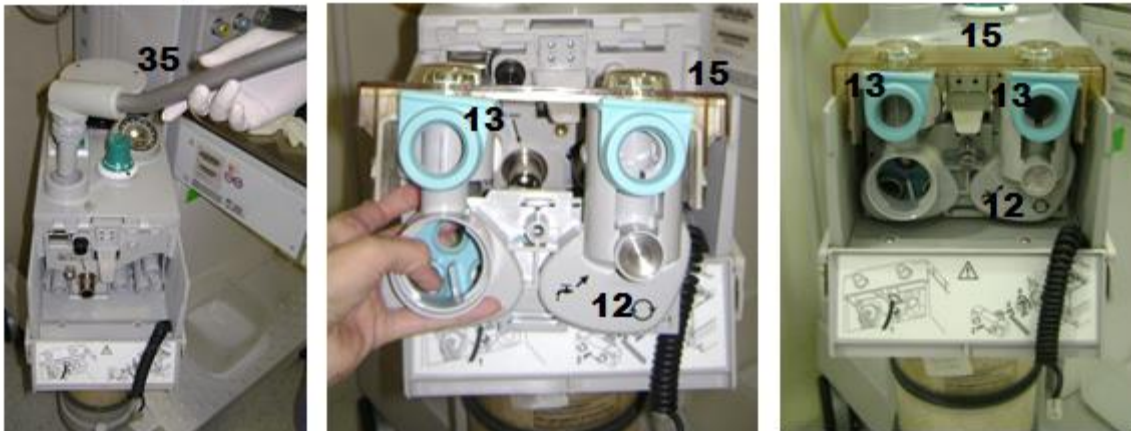


i 76 Maq. Ans. montado 2

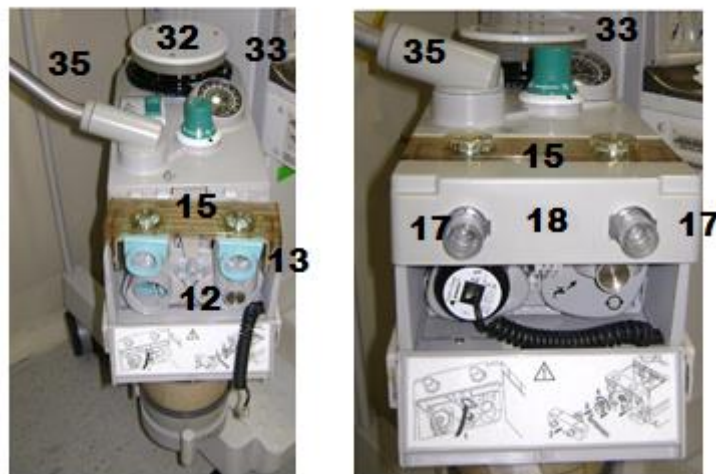
La palanca de selector de funcionamiento opera en dos modos: manual y máquina; esta selección va a ser elegido por el anestesiólogo durante el procedimiento.

En el modo máquina el funcionamiento va a ser automático, en este se seleccionará la presión de oxígeno que se desee y la máquina la proporcionará de forma constante imitando la respiración⁴⁹, mientras que en modo manual el anestesiólogo tendrá que proporcionar el flujo de oxígeno de forma manual, esto se realiza apretando la bolsa de aire del circuito de paciente (No. 36), de tal forma que se imite la respiración (momento de inspiración y expiración).

35
Conector a la bolsa
del Cto. de paciente

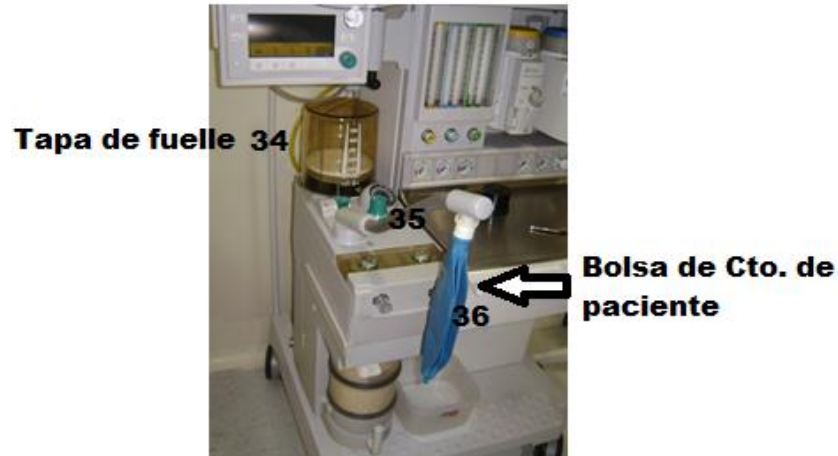


i 77 Maq. Ans. montado 3



i 78 Maq. Ans. montado 4

⁴⁹ Para mayor información véase el tema “Sistema respiratorio”



i 79 Maq. Ans. montado 5

Con esto se concluye la explicación de cómo se realiza el servicio preventivo de una máquina de anestesia.

8. CONCLUSIONES

A través de la investigación realizada, en este trabajo se logró cumplir con los objetivos planteados, que fueron hacer un material de consulta que ayudará a los nuevos talentos dentro de la Ingeniería Biomédica para incorporarse de forma más amigable en la industria; así mismo se logró dar un panorama del campo de acción que tiene esta área, lo cual les permitirá seleccionar adecuadamente su campo laboral. Aunado a esto, se logró dar a conocer los protocolos de seguridad que se deben tomar en cuenta dentro del sector salud, esto con el fin de reducir los riesgos.

La aportación principal de este trabajo fue hacer una guía de mantenimiento, esto se logró con base en la experiencia en el sector salud, permitió transmitir el conocimiento adquirido a lo largo del tiempo, desde lo que es realizar un mantenimiento preventivo a una máquina de anestesia y hasta sus principales fallas, dicha información no es de fácil acceso, es ahí donde radica su importancia ya que aquí el lector encontrará dicha información.

Se dio a conocer el tipo de equipos que se encuentran en un hospital y su principio de funcionamiento, lo cual ayuda a las personas interesadas a darse una idea del tipo de equipos que podría encontrar en un ambiente hospitalario, en otros casos se aporta información adicional de los problemas recurrentes de algunos de estos equipos y la solución para reestablecer el buen funcionamiento de estos y evitar dar de baja al mayor número de equipos posibles.

Si bien se logró cumplir todos los objetivos planteados, en dicha investigación se encontró datos importantes al hacer la comparación de los planes de estudio entre la carrera de IEE en el área Biomédica y otras carreras homólogas de otras instituciones, como es el caso de la UAM y el IPN, se pudo identificar una brecha de conocimiento. Lo que se puede llegar a traducir en una gran ventaja para los egresados de IEE en el área de Biomédica, pues al ingresar al ámbito laboral no contarán con el mismo conocimiento para desempeñarse de la mejor manera; en comparación con sus pares egresados de otras instituciones tendrán que subsanar su falta de conocimiento en Ingeniería Clínica.

Es necesario apoyar la difusión del conocimiento para que sea accesible para cualquier persona interesada en el tema, la importancia de este trabajo radica en logra ofrecer un documento accesible para egresados de biomédica, el cual vincula el área médico-biológica aplicada a la ingeniería de una forma sencilla, principalmente para aquellas personas que es su primer acercamiento en este sector.

Otra aportación que se puede identificar en el presente trabajo es que puede ser material de apoyo para aquellos que están por elegir módulo de especialización, pues al encontrar un panorama general del área médico-biológica con relación a la ingeniería, le ayudará a reducir los tiempos de búsqueda ofreciéndoles información recuperada directamente en el ámbito laboral, que al ser presentada en este documento aporta a la poca existencia de los mismos.

Como se mencionó anteriormente a pesar de que los egresados de carreras homólogas de otras instituciones como son la UAM y el IPN, si cuentan con el conocimiento especializado; sin embargo al igual que los egresados de IEE del área de Biomédica de la UNAM no cuentan con la información de procesos de seguridad en el ámbito hospitalario, ya que este sector es un área muy crítica, pues al tener contacto con los fluidos de los pacientes y con heridas abiertas, donde los órganos están expuestos en todo momento, y al no contar con conocimiento adecuado puede resultar en la pérdida de vidas humanas.

Finalmente, a lo largo del documento se puede encontrar una gran aportación respecto a las autoclaves, ya que esta información es de difícil acceso y aquí puede ser consultada de primera mano encontrando la clasificación de estas, los diferentes tipos de métodos de esterilización y el principio de funcionamiento; esto es de suma importancia ya que muchos de los problemas presentes en la industria se deben a la falta de entendimiento de la operación de estos equipos.

Sin duda los alcances del presente trabajo son limitados, ya que implicaría un mayor desarrollo o hasta la presentación de su propio manual para cada uno de los equipos que aquí se mencionan. Sin embargo, queda abierta la posibilidad para que cualquier persona interesada pueda hacer su propia aportación y enriquecer las publicaciones sobre el tema, que puedan seguir orientando a egresados o cualquier persona interesada en comprender la relación entre lo médico-biológico y la ingeniería.

9. ANEXO 1: PLANES DE ESTUDIO DE IB DEL IPN Y UAM

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA BIOMÉDICA UAM IZTAPALAPA	
FORMACIÓN PROPEDEÚTICA	INTEGRACIÓN DEL CONOCIMIENTO
FORMACIÓN BÁSICA	Seminario de Proyectos Proyectos de Ingeniería Biomédica I Proyectos de Ingeniería Biomédica II
Mecánica Elemental I Introducción a la Ingeniería Biomédica Cálculo Diferencial Transformaciones Químicas Método Experimental I Fluidos y Calor Álgebra Lineal Aplicada I Cálculo Integral Electricidad y Magnetismo Elemental I Cálculo de Varias Variables I Estructura de la Materia	FORMACIÓN INTERDISCIPLINARIA
FORMACIÓN ESPECÍFICA	Electrofisiología Celular Fisiología Cuantitativa I Fisiología Cuantitativa II Métodos computacionales en Ingeniería Biomédica Sistemas de Cómputo Interfaces Programables Imagenología Médica Instrumentación de Laboratorio Clínico Instrumentación de Uso Quirúrgico y Terapéutico Procesamiento Digital de Imágenes Procesamiento de Señales Estocásticas Imagenología por Resonancia Magnética Circuitos Electrónicos de Interface Fisiopatología Estructura de Datos Visualización por Computadoras de Imágenes Médicas Control de Sistemas Lineales Programas de Ingeniería Clínica Programas Hospitalarios Prácticas Hospitalarias I Prácticas Hospitalarias II Temas Selectos de Ingeniería Biomédica Análisis de la Calidad en Ingeniería Biomédica Gestión Tecnológica Innovación y Emprendimiento en Ingeniería Biomédica Introducción a la Economía de la Salud Prácticas Profesionales
FORMACIÓN PROFESIONAL	LENGUA EXTRANJERA
Probabilidad y Estadística Programación Orientada a Objetos Circuitos Eléctricos Circuitos Eléctricos I Señales y Sistemas I Introducción a la fisiología Médica Circuitos Electrónicos II Señales y Sistemas II Fisiología de los Sistemas Homeostáticos Filtrado Analógico y Digital Lógica y Diseño Digital Fisiología de los Sistemas Nervioso y Endócrino Ingeniería Biomédica y Sector Salud Secuenciadores y Microprocesadores Análisis de Sistemas Biomédicos de Medición Medición de Fenómenos Bioeléctricos Mediciones Biomédicas de Presión, Volumen y Flujo	Ingles Intermedio I Ingles Intermedio II Ingles Intermedio III

Información tomada de la página oficial de la UAM (Metropolitana, 2006)

10. REFERENCIAS

Bibliografía

- (s.f.). Recuperado el 27 de MARZO de 2013, de www.mathworks.com
- (COVE), C. d. (2003). *Bioseguridad*. Recuperado el 17 de marzo de 2017, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd49/gc-bioseguridad.pdf>
- abc, D. (Desconocido). *Definiciones abc*. Recuperado el 19 de enero de 2017, de <http://www.definicionabc.com/ciencia/biomecanica.php>
- Aguascalientes, D. d. (s.f.). *Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de http://www.uaa.mx/direcciones/dgdp/catalogo/ciencias_de_la_ingenieria/ing_biomeca.pdf
- Aguascalientes, I. T. (2015). *Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Aguascalientes*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de <http://www.itesm.mx/wps/wcm/connect/Campus/AGS/Aguascalientes/Programas+educativos/Carreras+profesionales/Ingenieria+y+Ciencias/>
- Alberto, Z. (s.f.). *Federación Argentina de Cardiología*. Recuperado el 24 de Abril de 2013, de <http://www.fac.org.ar>
- ALEGSA, D. d. (10 de junio de 2014). *Diccionario de ALEGSA, Santa Fe, Argentina*. Recuperado el 24 de abril de 2017, de http://www.definiciones-de.com/Definicion/de/membrana_pituitaria.php
- Alibaba. (Desconocido). *Mi Alibaba*. Recuperado el 1 de mayo de 2017, de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/china-manufacturer-cheap-infusion-pump-for-icu-ccu-with-ce-iso-60468637884.html>
- Ana Victoria, G. F., & Sánchez Cedillo, A. V. (2014). *Ptolomeo UNAM*. Recuperado el 23 de noviembre de 2016, de Guía de estudios para máquinas de anestesia y monitor de signos vitales: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/4705/Gu%C3%ADa%20de%20estudio%20para%20m%C3%A1quinas%20de%20anestesia%20y%20monitor%20de%20signos%20vitales.pdf?sequence=1>
- Ángeles, L. E. (2012). *slideshare*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2012, de <http://www.slideshare.net/pathyp75/niveles-de-salud-presentation>
- Ariza, A. (2009). Tesis de Licenciatura, Universidad Pontificia Bolivariana. *Introducción a la Ingeniería Biomédica*. Bolivariana: http://www.academia.edu/6148931/LIBRO_TEXTO_INTRODUCCION_A_LA_INGENIERIA_BIOMEDICA.
- Asesores en Radiaciones, S. (. (2009 Octubre). *Manual Curso teórico – práctico de protección y seguridad radiológica en el diagnóstico médico con rayos X*. México D.F: Asesores en Radiaciones (ARSA).
- Banchs, L. (s.f.). *Cardiología*. Recuperado el 9 de Abril de 2013, de <http://lluibanchs.es/cardiologia.htm>
- Barroso, L. (18 de Diciembre de 2010). *Anestesiología Hospital Dr. Rafael Estévez*. Recuperado el 3 de Mayo de 2017, de <http://hrre-anestesiologia.blogspot.mx/2010/12/uso-de-torniquete-neumatico-en.html>

- Bicentenario, U. P. (s.f.). *Universidad Politécnica Bicentenario*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.upbicentenario.edu.mx/modulos/programas/bio/index.html>
- Biomédica, S. M. (s.f.). *Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de <http://www.somib.org.mx/universidades.html>
- C.V, M. D. (s.f.). *G MEDIGAMA*. Recuperado el 22 de Abril de 2013
- Campos Salva, C. (2007). *Diccionario de términos médicos*. Buenos Aires: Visor.
- Cannon, W. B. (s.f.). Recuperado el 27 de enero de 2017, de <http://definicion.de/homeostasis/>Autor: Glave, Giovanni Gismondi
- Celaya, U. d. (s.f.). *Universidad de Celaya*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.udec.edu.mx/i2012/ofertaducativa/licenciaturas/biomedica/biomedica.html>
- CENETEC. (Mayo de 2004). *Guía técnica No. 15: Sistema de hemodiálisis*. Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de CENETEC: http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (Diciembre de 2004). *Guía tecnológica No. 11: Mastógrafo*. Recuperado el 22 de Abril de 2013, de CENETEC: http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (Agosto de 2004). *Guía tecnológica No. 2: Cuna de calor radiante*. Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de CENETEC: http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (Diciembre de 2004). *Guía tecnológica No.10: Sistema de Anestecia*. Recuperado el 24 de abril de 2013, de CENETEC: http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html.
- CENETEC. (Agosto de 2004). *Guía tecnológica No6: Tomografía Computarizada*. Obtenido de http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/equipo_guias/guias_tec/6gt_tomografo.pdf
- CENETEC. (Agosto de 2005). *Guía técnica No. 14: Lámparas quirúrgicas*. Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de CENETEC: http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html.
- CENETEC. (diciembre de 2005). *Guía Tecnológica No 29: Desfibriladores*. Recuperado el 26 de abril de 2013, de CENETEC: http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (Enero de 2005). *Guía tecnológica No. 13. Monitor de signos vitales*. Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (Julio de 2005). *Guía Tecnológica No. 18: Ultrasonido, Sistema de Imagenología*. Recuperado el 22 de Abril de 2013, de CENETEC: http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html.
- CENETEC. (Diciembre de 2005). *Guía tecnológica No. 27. Ventilador no invassivo*. Obtenido de http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (Diciembre de 2005). *Guía Tecnológica No. 28: Densitometría Osea*. Recuperado el 24 de Abril de 2013, de CENETEC: http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html.

- CENETEC. (Febrero de 2006). *Guía técnica No. 26: Ventilador invasivo*. Recuperado el 29 de Abril de 2013, de CENETEC:
http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (Diciembre de 2006). *Guía técnica No. 36: Colposcopio*. Recuperado el 30 de Agosto de 2015, de CENETEC:
http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (Febrero de 2006). *Guía Tecnológica NO. 30: Carro de Reanimación Cardiopulmonar*. Recuperado el 30 de Agosto de 2015, de CENETEC:
http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (Diciembre de 2006). *Guía Tecnológica No. 38: Oxímetro*. Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de CENETEC:
http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (Septiembre de 2006). *Guía tecnológica No.34: Sistema de Rayos X*. Recuperado el 24 de Abril de 2013, de CENETEC:
http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (Abril de 2010). *Cardiotocógrafo y fonodetectores*. Recuperado el 29 de Abril de 2013, de CENETEC: http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (Abril de 2010). *Guía tecnológica No. 21: Cardiotocógrafo y fonodetectores*. Obtenido de http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- Chiapas, U. P. (s.f.). *Universidad Politécnica de Chiapas*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de <http://www.upchiapas.edu.mx/>
- Chihuahua, U. L. (s.f.). *Universidad La Salle Chihuahua*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de <http://ulsachihuahua.edu.mx/>
- Chihuahua, U. P. (s.f.). *Universidad Politécnica de Chihuahua*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de <http://www.uach.mx/>
- Chile, P. U. (2010). *Pontificia Universidad Católica de Chile*. Recuperado el 20 de febrero de 2017, de Aparato Respiratorio:
<http://escuela.med.puc.cl/publ/aparatorespiratorio/02mecanica.html>
- Conacyt, A. I. (12 de agosto de 2015). *CONACYT agencia informativa*. (M. Muñoz, Editor) Recuperado el 17 de noviembre de 2016, de
<http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/biotecnologia/2463-avanza-la-ingenieria-biomedica-en-mexico>
- Desconocido. (s.f.). *Traducciones, origen y más definiciones*. Recuperado el 8 de Mayo de 2017, de
<https://www.google.com.mx/search?q=definici%C3%B3n%3A+ateromas&oq=definici%C3%B3n%3A+ateroma&aqs=chrome.69i59j69i57.7280j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8#q=definici%C3%B3n:+ateroma>
- Desconocido. (Octubre de 2009). *Generalidades de los rayos X*. Recuperado el 18 de Mayo de 2012, de Scribd: <http://es.scribd.com/doc/13096059/GENERALIDADES-DE-LOS-RAYOS-X#scribd>
- Desconocido. (2016). *Plan de estudios, de Ingeniería en Sistemas Biomédicos*. Recuperado el 2017 de enero de 18, de
http://www.ingenieria.unam.mx/programas_academicos/licenciatura/sistemas_biomédicos/Sistemas_Biomedicos_2016.pdf
- Desconocido. (s.f.). *Buscador Google*. Recuperado el 25 de Marzo de 2013, de www.laflecha.net

- Desconocido. (s.f.). *Ptolomeo UNAM*. Recuperado el 19 de enero de 2017, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/633/A4.pdf?sequence=4>
- Desconocido. (s.f.). *Traducciones, origen de palabras y más definiciones*. Recuperado el 24 de abril de 2017, de <https://www.google.com.mx/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=definici%C3%B3n:+tr%C3%A1quea>
- Dra. Martha Refugio Ortiz Posada, M. e. (2009). *La Ingeniería Biomédica y el Sector Salud*. México: Universidad Nacional metropolitana.
- EE.UU, B. n. (23 de Mayo de 2011). *MedlinePlus*. Recuperado el 15 de Abril de 2013, de <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003869.htm>
- EXPO, M. (s.f.). *El salón online del sector médico-sanitario*. Recuperado el 1 de mayo de 2017, de <http://www.medicalexpo.es/prod/penlon/product-69668-436001.html>
- Gardey, J. P. (2015). *Definición de* . Recuperado el 27 de enero de 2017, de <http://definicion.de/tisular/>
- Gispert, c. (1994). *Diccionario de medicina*. Barcelona España: Océano.
- Glave, G. G. (Junio de 2010). *Revista Ciencia y Cultura*. Recuperado el 27 de septiembre de 2016, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-33232010000100007
- Glave, G. G. (desconocido). *Fuerza y control*. Recuperado el 20 de febrero de 2016, de <http://www.fuerzaycontrol.com/el-volumen-respiratorio-corriente-residual-de-reserva-espiratorio/>
- Gómez Dantés O, s. S. (2011). Salud Pública México. *Sistema de Salud de México*.
- GROUP, K. m. (2006). *Electrocirugía*. Recuperado el 6 de Septiembre de 2015, de http://www.klsmartin.com/fileadmin/Inhalte/Downloads_Prospekte/HF-Geraete/90-604-03-04_09_06_Handbuch_HF.pdf
- Guadalajara, U. d. (2014). *Universidad de Guadalajara*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://guiadecarreras.udg.mx/licenciatura-en-ingenieria-biomedica/>
- Guanajuato, U. d. (s.f.). *Universidad de Guanajuato*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.ugto.mx/noticias/noticias/1282-destacan-solidez-de-la-dci-en-su-25-aniversario>
- Guanajuato, U. d. (s.f.). *Universidad de Guanajuato*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.iberomx.com/licenciaturas/licenciatura-en-ingenier-biomedica#tabsplan-2>
- Hernández Gálvez A., G. M. (2003). Recuperado el 17 de abril de 2017, de Guía de recomendaciones para el control de la Infección Nosocomial: <http://www.ela.eus/eu/gizalan/osasungintza/administrazio-gaiak/fitxategia/tema-7-operarios>
- imagen, E. d. (22 de Abril de 2013). *Electromedical diagnóstico por imagen*. Recuperado el 22 de Abril de 2013, de www.electromedical.net
- Imágenes de Google*. (s.f.). Recuperado el 29 de Abril de 2013
- ingenierías, C. a. (27 de mayo de 2015). *Ingeniería UNAM*. Recuperado el 24 de enero de 2017, de http://www.ingenieria.unam.mx/programas_academicos/licenciatura/Electrica_Electronica/electrica_electronica_2016.pdf
- INTECMED. (s.f.). *INTECMED*. Recuperado el 29 de Abril de 2013, de <http://intecmed.com/productos/hudson-rci/circuitos-y-tubos-corrugados/>
- IPN. (2013). *IPN*. Obtenido de <http://www.ipn.mx/Paginas/inicio.aspx>

- ISSEA. (2011). *ISSEA TERCER NIVEL DE ATENCIÓN*. Recuperado el 13 de Marzo de 2013, de <http://www.isea.gob.mx/TercerNivel.htm>
- John B., W. (1989). *Fisiología respiratoria*. Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana.
- Juárez, U. A. (14 de Noviembre de 2016). *Universidad Autónoma de Ciudad Juárez*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de <http://www.uacj.mx/Paginas/Default.aspx>
- Julián Pérez Porto, A. G. (2014). *Definición de*. Obtenido de <https://definicion.de/sarcoma/>
- Julián, P. y. (2011). *Definiciones*. Obtenido de <https://definicion.de/hemoglobina/>
- línea, P. e. (2015). *Profesor en línea*. Recuperado el 24 de abril de 2017, de <http://www.profesorenlinea.com.mx/Ciencias/SistemaRespiratorio.htm>
- López, F. A. (Noviembre de 2003). *Tesis: Instrumentación médica electrónica*. Recuperado el 6 de Septiembre de 2015, de UAMI: <http://148.206.53.84/tesiuami/UAMI10862.pdf>
- Ma. Teresa García González, A. J. (s.f.). *Potenciales bioeléctricos: Origen y Registro*. México: UAMI.
- Marta Bobis Uría, R. F. (s.f.). *El quirófano*. Recuperado el 18 de enero de 2017, de El quirófano: www.veronicabracho.com/?wpdmact=process&did=MS5ob3RsaW5r
- Martínez, E. C. (2017). Tesis para el grado de Maestra en Sociología de la Educación. México. Recuperado el 29 de marzo de 2017
- Matos, E. H. (2000). *Mediciones biomédicas de presión, flujo y volumen*. México: UAMI.
- Medal, E. G. (Diciembre de 2007). *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2016, de <http://www.medigraphic.com/pdfs/inge/ib-2007/ib072j.pdf>
- Medela. (Desconocido). *Medela, Aspiración quirúrgica*. Recuperado el 7 de enero de 2014, de <http://www.medela.com/LM/es/healthcare/products/surgical-suction.html>
- MedlinePlus. (31 de mayo de 2018). *MedlinePlus Información de salud para usted*. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/osteoporosis.html>
- Mérida, I. T. (2012). *IRMerida*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.itmerida.mx/>
- Merino, J. P. (2009). *Definición de*. Recuperado el 27 de enero de 2017, de <http://definicion.de/homeostasis/>
- Metropolitana, U. A. (2006). Recuperado el 1 de Mayo de 2017, de http://www.uam.mx/licenciaturas/licenciaturas_por_unidad.html
- Mexicana, U. (2011). *Definiciones*. Obtenido de [https://definicion.de/hemoglobina/Autor:Universidad Mexicana](https://definicion.de/hemoglobina/Autor:UniversidadMexicana)
- Mexicana, U. (s.f.). *Cosas de salud, ¿Cómo funciona el electrocardiograma?* Recuperado el 6 de Octubre de 2015, de <http://www.cosasdesalud.es/como-funciona-electrocardiograma/>
- México, I. C. (s.f.). *IBERO Ciudad de México*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.sis.uia.mx/biomedica/>
- México, T. N. (2013). *Instituto Tecnológico de Hermosillo*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.ith.mx/>
- México, T. N. (2015). *Tecnológico Nacional de México, Instituto de Tijuana*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de <http://tectijuana.edu.mx/ing-biomedica/>

- México, T. N. (17 de Noviembre de 2016). *Universidad Autónoma de Baja California*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de http://www.uabc.mx/institucion/programas_educativos.php
- México, T. N. (s.f.). *Instituto Tecnológico Superior Púrhépecha*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.its-purhepecha.edu.mx/index.php?variable=17>
- México, U. N. (2016). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de <http://oferta.unam.mx/indice-alfabetico.html>
- México, U. N. (s.f.). *Oferta académica Licenciatura*. Recuperado el 23 de noviembre de 2016, de <http://oferta.unam.mx/carreras/104/ingenieria-en-sistemas-biomedicos>
- Modelo, U. (2014). *Universidad Modelo*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.unimodelo.edu.mx/>
- Monterrey, U. d. (2016). *Universidad de Monterrey*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.udem.edu.mx/Esp/Paginas/default.aspx>
- Montoya, M. E. (15 de marzo de 2009). *Biología*. Recuperado el 27 de enero de 2017, de <http://mariaenithmontoya.blogspot.mx/2009/03/trifosfato-de-adenosina-atp.html>
- Nacional, I. P. (2013). *Instituto Politécnico Nacional*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.ipn.mx/Paginas/inicio.aspx>
- Navarra, C. U. (2015). *Clínica Universidad de Navarra*. Recuperado el 23 de abril de 2017, de http://www.cun.es/es_EC/diccionario-medico/terminos/fibra-purkinje
- Navarra, C. U. (s.f.). Holter electrocardiográfico. *Plusesmas.com*, http://www.plusesmas.com/salud/pruebas_diagnosticas/holter_electrocardiografico/1935.html.
- Navarro, R. B. (s.f.). *Instrumentación Biomédica Depto. Electrónica, Universidad Alcalá*. Recuperado el 31 de Marzo de 2013, de <http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/bioingenieria2/archivos/apuntess/tema%205%20-%20electroencefalografia.pdf>
- Noroeste, U. L. (s.f.). *Universidad La Salle Noroeste*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de http://www.ulsal-noroeste.edu.mx/oferta_academica
- Olivera, J. M. (desconocido). *Gabinete Tecnologías Médicas, Dto. Bioingeniería, UNT*. Recuperado el 25 de noviembre de 2016, de <http://www.bioingenieria.edu.ar/grupos/geic/biblioteca/archivos/Trabypres/T08TCAr26.pdf>
- Olmecca, U. (2016). *Universidad Olmecca*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.olmecca.edu.mx/>
- Ortega, D. L. (Julio de 2012). *Fundación Española del Corazón*. Recuperado el 15 de Abril de 2013, de <http://www.fundaciondelcorazon.com/informacion-para-pacientes/metodos-diagnosticos/ecocardiograma.html>
- Pardell, N. L. (Desconocido). *Curso bombas*. Recuperado el 1 de mayo de 2017, de <http://www.pardell.es/curso-bombas-.html>
- Pedro, F. d. (s.f.). *LAUREATE INTERNACIONAL UNIVERSITIES*. Recuperado el 21 de Marzo de 2013, de <http://electromedicinacr.wordpress.com/>
- Peña., M. M. (s.f.). *Fes Iztacala*. Recuperado el 19 de abril de 2017, de Material complementario/ Enfermería: <http://mira.ired.unam.mx/enfermeria/wp-content/uploads/2013/05/AREAS-QUIRURGICAS.pdf>
- Plus, M. (31 de Mayo de 2018). *MedlinePlus Información de salud para usted*. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/osteoporosis.html>

- Portales médicos.* (enero de 2012). Recuperado el 21 de abril de 2017, de http://www.portalesmedicos.com/diccionario_medico/index.php/Tuberculosis_abierta
- Posadas, D. M. (2013). Ingeniería Biomédica. En M. e. González, *La Ingeniería Biomédica y el Sector Salud* (págs. 9-11). México: UAMI.
- Potosí, U. A. (s.f.). *Universidad Autónoma de San Luis Potosí*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de http://www.uaslp.mx/ServiciosEscolares/Documents/Nuestras_carreras.pdf
- Querétaro, U. A. (2016). *Universidad Autónoma de Querétaro*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.uaq.mx/index.php/oferta-educativa/programas-educativos/fi/licencuaturas-fi/ingenieria-en-biomedica>
- Quiroga, A., Chattas, G., Gil, A., & Julcarima, M. (1 de Noviembre de 2010). *Sociedad Iberoamericana de Neonatología SIBEN*. Obtenido de http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/williamsoler/consenso_termoreg.pdf
- R., D. F. (s.f.). *Electrofisiología "Foro de Investigación y Tratamiento del Dolor para la Comunidad Médica"*. Recuperado el 27 de Marzo de 2013, de http://www.intramed.net/sitios/mexico/dolor/DOLOR_18_7.pdf
- Radiological Society of North America, I. (. (2018). *RadiologyInfo.org*. Obtenido de <https://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=dexa#como-funciona>
- S.L., I. (s.f.). *Ibersurgical, Material médico quirúrgico*. Recuperado el 7 de enero de 2014, de <http://www.ibersurgical.com/aspiradores/161-aspirador-quirurgico-futurvac.html>
- Salle, U. L. (Diciembre de 2011). *La revista para el exalumno La Salle*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de http://egresados.uls.edu.mx/docs/siempre_unidos/RSU_DIC.pdf
- Salle, U. L. (2016). *Universidad La Salle*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.ulsavictoria.edu.mx/>
- Salud, I. N. (s.f.). *Procedimientos y Pruebas Diagnósticas*. Recuperado el 31 de Marzo de 2013, de http://www.cc.nih.gov/cc/patient_education/procdiag/procdiag_sp/evokedsp.pdf
- Share, S. (21 de Septiembre de 2012). *Slide Share*. Recuperado el 26 de abril de 2013, de <https://es.slideshare.net/mechasvr/desfibrilacion-14375444>
- Simal, P. F. (14 de noviembre de 2011). *Web Fisio*. Recuperado el 24 de febrero de 2016, de <http://www.webfisio.es/fisiologia/resp/textos/vp.htm>
- Sinaloa, U. P. (s.f.). *Universidad Politécnica de Sinaloa*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de http://www.upsin.edu.mx/programas_academicos/carrera/biomedica
- System, G. M. (Desconocido). *Critical Care Monitoring Clinical Referente and Troubleshooting, Guide GE Medical System*. Desconocido: GE Medical System.
- System, P. M. (6 de Mayo 2005). *Monitorización de la SpO2*. E.E.U.U: Philips Medical System.
- Tango, D. (5 de mayo de 2016). *MedlinePlus Información de salud para usted* . Recuperado el 23 de abril de 2017, de https://www.google.com.mx/?gws_rd=ssl#q=definici%C3%B3n:haz+de+his
- Temas Hospitalarios. (2011). *Revista argentina*.
- Thomas, C. L. (1997). *Taber's Diccionario Médico Enciclopédico*. México: El Manual Moder S.A de C.V.
- Torreón, E. s. (29 de noviembre de 2011). *El siglo de Torreón*. Recuperado el 22 de noviembre de 2016, de

- <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/676233.ingenieria-electromedica-una-carrera-de-vanguardia.html>
- Traducciones, origen t más definiciones.* (8 de Mayo de 2017). Obtenido de <https://www.google.com.mx/search?q=definici%C3%B3n%3A+ateromas&oq=definici%C3%B3n%3A+ateroma&aqs=chrome.69i59j69i57.7280j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8#q=definici%C3%B3n:+ateroma>
- Traducciones, origen y más definiciones.* (8 de Mayo de 2017). Obtenido de <https://www.google.com.mx/search?q=definici%C3%B3n%3A+ateromas&oq=definici%C3%B3n%3A+ateroma&aqs=chrome.69i59j69i57.7280j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8#q=definici%C3%B3n:+ateroma>
- UDLAP, U. d. (2016). *Universidad de las Américas UDLAP*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.udlap.mx/ofertaacademica/Default.aspx?cveCarrera=LBM>
- UNAM. (25 de octubre de 2016). *Oferta Académica Licenciatura*. Recuperado el 25 de octubre de 2016, de <http://www.oferta.unam.mx/carreras/99>
- UNAM. (s.f.). *Escolar*. Recuperado el 11 de enero de 2017, de https://escolar1.unam.mx/planes/f_ingenieria/ingenieria_sistemas_biomedicos.pdf
- UNAM. (s.f.). *Ingeniería Sistemas Biomédicos*. Recuperado el 1 de febrero de 2017, de https://escolar1.unam.mx/planes/f_ingenieria/ingenieria_sistemas_biomedicos.pdf
- Universidad Autónoma Metropolitana I.* (27 de Octubre de 2016). Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de Universidad Autónoma Metropolitana I: <http://www.uam.mx/>
- Universidad de LA PUNTA, G. d. (2011). *Educación para la salud*. Recuperado el 12 de enero de 2017, de http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/educacion_salud/la_atencin_mdica__niveles_de_organizacin__organizacin_hospitalaria.html
- Varios. (8 de Abril de 2013). *Wikipedia*. Recuperado el 9 de Abril de 2013, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Electrocardiograma>
- Ventulli, h. M. (2009). *La corriente iónica*. Obtenido de La corriente iónica If y la aplicación de agentes moduladores en arritmología: <http://www.electrofisiologia.org.ar/joomla/revista/vol2num4/vol2-num4-9-ventulli.pdf>
- Z, P. F. (s.f.). *SlideShare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/pedro091224/densitometria-osea>

Tablas 1

Bibliografía

- Aguascalientes, D. d. (s.f.). *Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de http://www.uaa.mx/direcciones/dgdp/catalogo/ciencias_de_la_ingenieria/ing_biomedica.pdf
- Aguascalientes, I. T. (2015). *Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Aguascalientes*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de <http://www.itesm.mx/wps/wcm/connect/Campus/AGS/Aguascalientes/Programas+educativos/Carreras+profesionales/Ingenieria+y+Ciencias/>
- Bicentenario, U. P. (s.f.). *Universidad Politécnica Bicentenario*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.upbicentenario.edu.mx/modulos/programas/bio/index.html>
- Biomédica, S. M. (s.f.). *Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de <http://www.somib.org.mx/universidades.html>
- Celaya, U. d. (s.f.). *Universidad de Celaya*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.udec.edu.mx/i2012/ofertaducativa/licenciaturas/biomedica/biomedica.html>
- Chiapas, U. P. (s.f.). *Universidad Politécnica de Chiapas*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de <http://www.upchiapas.edu.mx/>
- Chihuahua, U. L. (s.f.). *Universidad La Salle Chihuahua*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de <http://ulsachihuahua.edu.mx/>
- Chihuahua, U. P. (s.f.). *Universidad Politécnica de Chihuahua*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de <http://www.uach.mx/>
- Guadalajara, U. d. (2014). *Universidad de Guadalajara*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://guiadecarreras.udg.mx/licenciatura-en-ingenieria-biomedica/>
- Guanajuato, U. d. (s.f.). *Universidad de Guanajuato*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.ugto.mx/noticias/noticias/1282-destacan-solidez-de-la-dci-en-su-25-aniversario>
- Guanajuato, U. d. (s.f.). *Universidad de Guanajuato*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de [http://www.iberomex.mx/licenciaturas/licenciatura-en-ingenier-biomedica#tabsplan-2](http://www.iberomex.mx/licenciaturas/licenciatura-en-ingenieria-biomedica#tabsplan-2)
- Juárez, U. A. (14 de Noviembre de 2016). *Universidad Autónoma de Ciudad Juárez*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de <http://www.uacj.mx/Paginas/Default.aspx>
- Medal, E. G. (Diciembre de 2007). *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2016, de <http://www.medigraphic.com/pdfs/inge/ib-2007/ib072j.pdf>
- Mérida, I. T. (2012). *IRMerida*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.itmerida.mx/>
- México, I. C. (s.f.). *IBERO Ciudad de México*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.sis.uia.mx/biomedica/>
- México, T. N. (2013). *Instituto Tecnológico de Hermosillo*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.ith.mx/>

México, T. N. (2015). *Tecnológico Nacional de México, Instituto de Tijuana*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de <http://tectijuana.edu.mx/ing-biomedica/>

México, T. N. (17 de Noviembre de 2016). *Universidad Autónoma de Baja California*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de http://www.uabc.mx/institucion/programas_educativos.php

México, T. N. (s.f.). *Instituto Tecnológico Superior Púrhépecha*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.its-purhepecha.edu.mx/index.php?variable=17>

México, U. N. (2016). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de <http://oferta.unam.mx/indice-alfabetico.html>

Modelo, U. (2014). *Universidad Modelo*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.unimodelo.edu.mx/>

Monterrey, U. d. (2016). *Universidad de Monterrey*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.udem.edu.mx/Esp/Paginas/default.aspx>

Nacional, I. P. (2013). *Instituto Politécnico Nacional*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.ipn.mx/Paginas/inicio.aspx>

Noroeste, U. L. (s.f.). *Universidad La Salle Noroeste*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de http://www.uls-noroeste.edu.mx/oferta_academica

Olmecca, U. (2016). *Universidad Olmecca*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.olmecca.edu.mx/>

Potosí, U. A. (s.f.). *Universidad Autónoma de San Luis Potosí*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de http://www.uaslp.mx/ServiciosEscolares/Documents/Nuestras_carreras.pdf

Querétaro, U. A. (2016). *Universidad Autónoma de Querétaro*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.uaq.mx/index.php/oferta-educativa/programas-educativos/fi/licencuaturas-fi/ingenieria-en-biomedica>

Salle, U. L. (Diciembre de 2011). *La revista para el exalumno La Salle*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de http://egresados.uls.edu.mx/docs/siempre_unidos/RSU_DIC.pdf

Salle, U. L. (2016). *Universidad La Salle*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.ulsavictoria.edu.mx/>

Sinaloa, U. P. (s.f.). *Universidad Politécnica de Sinaloa*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de http://www.upsin.edu.mx/programas_academicos/carrera/biomedica

UDLAP, U. d. (2016). *Universidad de las Américas UDLAP*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de <http://www.udlap.mx/ofertaacademica/Default.aspx?cveCarrera=LBM>

Universidad Autónoma Metropolitana I. (27 de Octubre de 2016). Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de Universidad Autónoma Metropolitana I: <http://www.uam.mx/>

Imágenes

Bibliografía

- Alberto, Z. (s.f.). *Federación Argentina de Cardiología*. Recuperado el 24 de Abril de 2013, de <http://www.fac.org.ar>
- C.V, M. D. (s.f.). *G MEDIGAMA*. Recuperado el 22 de Abril de 2013
- CENETEC. (2004). *Guía tecnológica No. 2: Cuna de calor radiante*. Obtenido de http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (2004). *Guía tecnológica No.6: tomografía Computarizada*. Obtenido de http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (2005). *Guía tecnológica No. 18: Ultrasonido*. Obtenido de http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (2005). *Guía tecnológica No. 28: Densitometría Osea*. Obtenido de http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (Diciembre de 2005). *Guía tecnológica No. 29: Desfibrilador*. Recuperado el 26 de Abril de 2013, de http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (2005). *Guía tecnológica No. 29: desfibriladores*. Obtenido de http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (2006). *Guía tecnológica No. 34: Sistema de Rayos X*. Obtenido de http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (2006). *Guía tecnológica No. 36: Colposcopio*. Obtenido de http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (Diciembre de 2006). *Guía tecnológica No. 38: Oxímetro*. Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- CENETEC. (2010). *Guía tecnológica: Cardiotocógrafo y fonodetector*. Obtenido de http://www.cenetec.salud.gob.mx/interior/guias_tec.html
- El blog de la salud*. (s.f.). Recuperado el 2016, de elblogdelasalud.es
- EXPO, M. (s.f.). *El salón inline del sector médico-sanitario*. Recuperado el 1 de Mayo de 2017, de <http://www.medicalexpo.es/prod/penlon/product-69668-436001.html>
- Franco, G. P. (2011). *Fotos de quirófano*. México, México.
- Franco, G. P. (s.f.). *Brazalete*. México.
- Franco, G. P. (s.f.). *Circuito de paciente*. México.
- Franco, G. P. (s.f.). *Clasificación de Autoclaves*. México.
- Franco, G. P. (s.f.). *Componentes de una Autoclave*. México.
- Franco, G. P. (s.f.). *Lámpara quirúrgica*. México.
- Franco, G. P. (s.f.). *Latiguillos*. México.
- Franco, G. P. (s.f.). *Máquina de anestesia*. México.
- Franco, G. P. (s.f.). *Monitor de signos vitales*. México.
- Franco, G. P. (s.f.). *Partes de una máquina de anestesia*. México.
- Franco, G. P. (s.f.). *Regulador de vacío*. México.
- Franco, G. P. (s.f.). *Sensor de Oxígeno*. México.
- Franco, G. P. (s.f.). *Sensor para calibración*. México.
- Franco, G. P. (s.f.). *Tomógrafo*. México.
- Franco, G. P. (s.f.). *Transductor de cardiotocógrafo*. México.
- Generalidades de los rayos X*. (2009).

- Google. (s.f.). Recuperado el 24 de Abril de 2017, de https://www.google.com.mx/search?q=sistema+respiratorio&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwidnOjNg4DLAhXjloMKHZhIDZ0Q_AUIBigB#imgrc=mAcbdim7gnApuM%3A
- Google, i. d. (s.f.). Recuperado el 29 de Abril de 2013, de www.google.com
- Group, A. (s.f.). *Mi Alibaba*. Recuperado el 1 de Mayo de 2017, de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/china-manufacturer-cheap-infusion-pump-for-icu-ccu-with-ce-iso-60468637884.html>
- GROUP, K. M. (2006). *Electrocirugía*. Recuperado el 6 de Septiembre de 2015, de http://www.klsmartin.com/fileadmin/Inhalte/Downloads_Prospekte/HF-Geraete/90-604-03-04_09_06_Handbuch_HF.pdf
- Guerrero, D. A. (s.f.). *slideplayer*. Recuperado el 13 de Marzo de 2013, de Universidad de Ciencias y Estudios Superiores de Tamaulipas: <http://slideplayer.es/slide/27352/>
- HERGOM. (s.f.). *Aspirador portatil*. Recuperado el 7 de Enero de 2014
- Imagen, E. D. (24 de Abril de 2013). *Electromedical Diagnóstico por Imagen*. Recuperado el 24 de Abril de 2013, de www.electromedical.net
- INTECMED. (s.f.). *INTECMED*. Recuperado el 29 de Abril de 2013, de <http://intecmed.com/productos/hudson-rci/circuitos-y-tubos-corrugados/>
- John B., W. (1989). *Fisiología respiratoria*. Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana.
- John B., W. (1989). *Fisiología respiratoria*. Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana.
- López, F. A. (Noviembre de 2003). *Instrumentación médica electrónica*. Recuperado el 6 de Septiembre de 2015, de Tesis de Licenciatura: <http://148.206.53.84/tesiuami/UAMI10862.pdf>
- M, S. G. (s.f.).
- Matos. (2000). *Circuito de PI*.
- Ortiz, D. M. (2009). *La ingeniería Biomédica y el Sector Salud*. México: Universidad Nacional Autónoma Metropolitana.
- S.L, I. (s.f.). *Ibersurgical, Material médico quirúrgico*. Recuperado el 7 de Enero de 2014, de <http://www.ibersurgical.com/aspiradores/161-aspirador-quirurgico-futurvac.html>
- share, S. (21 de Septiembre de 2012). *Slide share*. Recuperado el 26 de Abril de 2013, de <https://es.slideshare.net/mechasvr/desfibrilacion-14375444>
- System, P. M. (2005). *Monitorización de la SPO2*. E.E.U.U: Phillips Medical System.
- UNAM ENFERMERÍA. (s.f.). Recuperado el 2013, de <http://mira.ired.unam.mx/enfermeria/wp-content/uploads/2013/05/AREAS-QUIRURGICAS.pdf>
- zonaarqueologica. (s.f.). Recuperado el 2016, de [zonaarqueologica.com .mx](http://zonaarqueologica.com.mx)