

# Parametrización de una Prótesis Tumoral no Convencional de Hombro utilizando un Enfoque Sistémico

---



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
ZACATENCO  
“POGRAMA DE POSGRADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS”**

**“PARAMETRIZACIÓN DE UNA  
PRÓTESIS TUMORAL NO  
CONVENCIONAL DE HOMBRO UTILIZANDO  
UN ENFOQUE SISTÉMICO”**

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN INGENIERIA DE SISTEMAS**

**P R E S E N T A:  
LAI. BENJAMÍN ARAUJO MONSALVO**

**DIRECTOR DE TESIS:  
D. EN C. LUIS MANUEL HERNÁNDEZ SIMÓN  
M. EN C. VÍCTOR MANUEL ARAUJO MONSALVO**



México, D.F. Enero 2012



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

### ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D F siendo las 12:00 horas del día 09 del mes de Enero del 2012 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de E.S.I M E.-ZAC para examinar la tesis titulada:

**“PARAMETRIZACIÓN DE UNA PRÓTESIS TUMORAL NO CONVENCIONAL DE HOMBRO UTILIZANDO UN ENFOQUE SISTÉMICO”.**

Presentada por el alumno:

<b>ARAUJO</b>	<b>MONSALVO</b>	<b>BENJAMIN</b>
Apellido paterno	Apellido materno	Nombre(s)
Con registro: B 0 9 1 3 7 4		

aspirante de: **MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS**

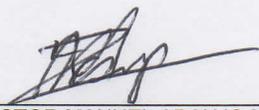
Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISIÓN REVISORA

#### Directores de tesis

  
\_\_\_\_\_  
DR. LUIS MANUEL HERNÁNDEZ SIMÓN

Presidente

  
\_\_\_\_\_  
M. EN C. VÍCTOR MANUEL ARAUJO MONSALVO

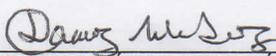
Segundo Vocal

  
\_\_\_\_\_  
DR. MIGUEL PATIÑO ORTIZ

Tercer Vocal

  
\_\_\_\_\_  
M. EN C. VÍCTOR MANUEL ARAUJO MONSALVO

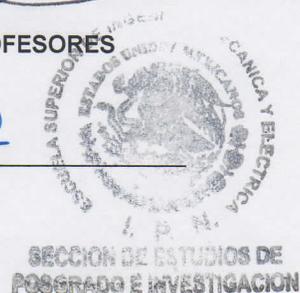
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
DR. VÍCTOR DOMÍNGUEZ HERNÁNDEZ

  
\_\_\_\_\_  
M. EN C. EFRAÍN MARTÍNEZ ORTIZ

#### PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

  
\_\_\_\_\_  
DR. JAIME ROBLÉS GARCÍA



*[Handwritten mark]*



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de México, Distrito Federal, el día 09 de Enero del año 2012, el que suscribe Benjamín Araujo Monsalvo alumno del Programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería de Sistemas con número de registro B091374, adscrito a la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente Trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr Luis Manuel Hernández Simón y del M. en C. Víctor Manuel Araujo Monsalvo y cede los derechos del trabajo titulado **“Parametrización de una Prótesis Tumoral no Convencional de Hombro utilizando un Enfoque Sistémico”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráfico o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección electrónica:  
[ardoardilla@hotmail.com](mailto:ardoardilla@hotmail.com), [lmhernan10@hotmail.com](mailto:lmhernan10@hotmail.com) y [vicaraujom@hotmail.com](mailto:vicaraujom@hotmail.com)

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

---

LAI Benjamín Araujo Monsalvo

## AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su apoyo brindado y el tiempo dedicado para que pudiera completar una etapa más de mi vida profesional.

Agradezco a mis amigos y compañeros de generación por pasar buenos momentos, estando en compañía de ustedes fue una salida de la rutina diaria de la escuela.

Gracias a mi consejero y director de tesis interno Dr. Luis Manuel Hernández Simón, por su interés y dedicación en mi formación durante la Maestría en Ciencias en Ingeniería de Sistemas.

A mi director de tesis externo M. en C. Víctor Manuel Araujo Monsalvo, por brindarme la oportunidad de trabajar y poder realizar este trabajo de tesis.

A mi comité tutorial, Dr. Víctor Manuel Domínguez Hernández, Dr. Miguel Patiño Ortiz, M. en C. Efraín Martínez Ortiz, Dr. Luis Manuel Hernández Simón y M. en C. Víctor Manuel Araujo Monsalvo por ser durante este tiempo parte de mi formación profesional.

Finalmente brindo reconocimiento y agradezco el apoyo recibido para completar mi trabajo de tesis:

Proyecto CONACYT SALUD-2005-01-13909 “Rediseño de un implante ortopédico para el tratamiento de tumores de rodilla por medio del método de elemento finito y su validación experimental”

M. en C. Víctor Manuel Araujo Monsalvo.

Dr. Víctor Manuel Domínguez Hernández.

Dr. Genaro Rico Martínez.

INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN (INR)

Laboratorio de Biomecánica del INR.



## RESUMEN

En México uno de los grandes problemas que aqueja a las personas que padecen un cáncer o neoplasia ósea, es la discapacidad del miembro afectado, y en casos extremos esta puede causarle la muerte de los portantes. Debido a esto se crearon instituciones de salud para dar solución a estas neoplasias.

Una de las instituciones creadas para la solución de las neoplasias es el Instituto Nacional de Rehabilitación (INR), donde su modelo de atención se encarga de proveer servicios de salud a las personas que ingresan al mismo. En el INR se atienden neoplasias óseas en el tercio proximal del húmero, las cuales afectan la salud de los pacientes. Las principales alternativas terapéuticas son: la amputación y el empleo de prótesis de reconstrucción, las cuales se colocan después de reseca quirúrgicamente el tumor. Siempre que no se comprometa la vida del paciente, se opta por la reconstrucción de la zona afectada, a través de una prótesis interna, con el propósito de restaurar y habilitar la función del codo y la mano.

En el Servicio de Tumores Óseos del INR se desarrolló una prótesis modular, debido a los casos a los que se tenían que enfrentar los médicos ortopedistas (tumores grandes: longitudes de 8 a 20 cm), y que con las prótesis que existen en el mercado no es posible reconstruir espacios de hueso tan grandes afectados por las neoplasias.

La prótesis consta de un vástago con un extremo curvo en la parte proximal, en el cual se acopla una cabeza bipolar. En el vástago, se coloca un espaciador y una corona ajustable, la cual se bloquea por medio de una tuerca. El sistema se complementa mediante el uso de pernos bloqueadores.

Actualmente cuando un paciente requiere que se le coloque esta prótesis, se toman medidas con base en placas radiográficas. De esta forma se le solicita a un fabricante que elabore una sola prótesis. Sin embargo se ha observado que en ocasiones, el tumor abarca más área que la que se observaba en la radiografía, provocando serios problemas dentro del quirófano a la hora de la colocación de la prótesis, orillando a los médicos a tomar decisiones las cuales afectan tanto a los pacientes como al personal del INR, ya que se debe reprogramar la cirugía para que se fabrique una nueva prótesis.



Para evitar este problema, se realizó una parametrización de la prótesis con el objeto de obtener medidas que ayuden a crear un set que se ajuste a los distintos tamaños de húmero y a las dimensiones de las resecciones más comunes, basándose en Modelos y Metodologías Sistémicas.

El presente trabajo de tesis analiza los factores que se tomaron en cuenta para el dimensionamiento de los componentes o piezas que conforman la prótesis para el desarrollo del set, así como la medición de tomografías y placas de Rayos X, con el objetivo de estimar los parámetros para una futura fabricación del set.

Para obtener estos parámetros se utilizó el Modelo Sistémico Cibernético, la cual es una herramienta que nos ayuda a comprender el todo y sus partes, la interacción que existe entre ellas y con la realidad, así como el flujo de información que permite dar en menos tiempo una solución más completa de los problemas de la vida diaria.

Este modelo nos ayudó a poder entender la correlación que existe entre las longitudes de húmero y la estatura de la muestra de estudio, así como la correlación de los diámetros de los húmeros con la longitud de los mismos, ya que se observaron diferentes longitudes de húmero y diferentes diámetros de canal medular.

Una vez que se dimensionaron los componentes, se obtuvieron tres vástagos con longitudes de 24 cm, 26 cm, y 28 cm; con diámetros desde 6 mm hasta 10 mm; tres espaciadores con longitudes de 6 cm hasta 13 cm y dos coronas con longitudes con cuerda de 6.5 cm y 8.5 cm.



## ABSTRACT

In Mexico one of the major problems afflicting people with cancer or bone malignancy is the disability of the affected limb, and in extreme cases this can cause the death of the bearing. Because of this health institutions were created to solve these neoplasms.

One of the institutions created for the solution of neoplasms is the National Institute of Rehabilitation (INR), where their model of care is responsible for providing health services to people who enter it. In the INR serve bone neoplasia in the proximal hummers, which affect the health of patients. The main therapeutic options include amputation and the use of prosthetic reconstruction, which are placed after surgically resected tumor. Since it would not compromise the patient's life, one chooses the reconstruction of the affected area, through an internal prosthesis, in order to restore and enable the elbow and hand.

In the Bone Tumor Service INR developed a modular prosthesis, because the cases that had to deal with orthopedic surgeons (large tumors: lengths of 8 to 20 cm), and with the prosthesis on the market spaces is not possible to reconstruct large bone so affected by neoplasms.

The prosthesis consists of a rod with one end curved in the proximal part, which is coupled a bipolar head. In the stem, place a spacer and an adjustable crown, this is locked by a nut. The system is complemented by the use of bolts blockers. Currently when a patient needs to be placed this prosthesis, action is taken based on X-rays. In this way asks a manufacturer to produce a single prosthesis. However it has been observed that sometimes the tumor area encompasses more than that observed in the X-ray, causing serious problems in the operating room at the time of placement of the prosthesis, edging physicians to make decisions which affect both patients and staff of INR, as surgery should be rescheduled for a new prosthesis is manufactured.



To avoid this problem, we performed a parameterization of the prosthesis in order to obtain measures that help to create a set that fit the different sizes of the hummers and the dimensions of the most common resections based on Systemic Models and Methodologies.

This thesis analyzes the factors taken into account for the dimensioning of the components or parts that make up the prosthesis to the development of the set, and the measurement of CT and X-ray films, in order to estimate the parameters making a future set.

For these parameters we used the cybernetic system model, which is a tool that helps us understand the whole and its parts, the interaction between them and reality, and the flow of information that can occur in less time a more complete solution to the problems of everyday life.

This model helped us to understand the correlation between the lengths of the hummers and the stature of the study sample, and the correlation of the diameters of the hummers with the length thereof, as they observed different lengths of the hummers and different diameters of the spinal canal.

Once the components were sized, three offspring were obtained with lengths of 24 cm, 26 cm and 28 cm, with diameters from 6 mm to 10 mm, three spacers with lengths of 6 cm to 13 cm and two crowns with lengths rope 6.5 cm and 8.5 cm.



## ÍNDICE

Figura 1. Modelo Formal	XVII
Figura 1.1 Visión Sistémica Transdisciplinaria	7
Figura 1.2 Fases del Modelo Sistémico Cibernético	8
Figura 2. Estructura Organizacional INR	XVIX
Figura 2.1 Esqueleto axial y apendicular	13
Figura 2.2 a) Vista anterior del húmero b) Vista posterior del húmero	15
Figura 2.3 Ángulo de la cabeza Humeral	16
Figura 2.4 Miembro Superior	17
Figura 2.5 Visión anterior de la articulación escapulohumeral derecha	18
Figura 2.6 a) Planos del espacio del miembro superior b) Ejes de movimiento del húmero	20
Figura 2.7 Movimientos de flexión y extensión del hombro	21
Figura 2.8 a) Movimiento de abducción del hombro b) Movimiento de aducción del hombro	22
Figura 2.9 a) Flexión horizontal del hombro b) Extensión horizontal del hombro	23
Figura 2.10 Propuesta de Implante de M. Malawer	30
Figura 2.11 a) Diagrama del procedimiento de Autoinjerto de peroné vascularizado b) Radiografía tras la colocación de un Autoinjerto de peroné	33
Figura 2.12 a) Aloinjerto intercalar b) Aloinjerto osteoarticular	34
Figura 2.13 Radiografía tomada a un paciente donde se utilizó un injerto osteoarticular	35
Figura 2.14 Prótesis no convencional de hombro cementada	38
Figura 2.15 Espaciador modular	39
Figura 2.16 Radiografía que muestra la utilización de una Alo-prótesis en la región del hombro	40
Figura 2.17 Técnicas de fijación utilizadas en la artrodesis de hombro	41
Figura 3.1 Implante diseñado por el Dr. Genaro Rico Martínez (Jefe del Departamento de Tumores Óseos). Propuesta INR	47
Figura 3.2 Pasos para la resección del tumor y colocación del Implante	50
Figura 3.3 Mapa de la Metodología de Checkland	56
Figura 3.4 Proceso de Transformación de la Definición Raíz. CATWOE	57
Figura 4.1 Equipo e Instalaciones en el INR para la realización de tomografías computarizadas	70
Tabla 1. Evolución de los Registros de Cáncer en el Mundo	XXII
Tabla 1.1 Historia de la Calidad	6
Tabla 2.1 Características de las Neoplasias benignas y malignas	25
Tablas del Diagrama HOLOS	61
Tabla 4. Matriz de Cambios Propuestos	64
Tabla 5. Procedimiento para la Medición de las Tomografías realizadas a los húmeros	72



Diagrama de Flujo 1. Proceso de Resección y Colocación de Implante para Tumores de Húmero	48
Diagrama HOLOS. Estimación de Parámetros de una Prótesis Tumoral no convencional de hombro utilizando un Enfoque Sistémico	60
<b>Resumen</b>	
<b>Abstract</b>	
<b>Glosario</b>	I
<b>Introducción</b>	VI
<b>Justificación</b>	XIV
<b>Contexto</b>	XVI
<b>Objetivos</b>	XXIX



## **Capítulo I. Marco Conceptual y Metodológico**

1.1 Marco Conceptual	4
1.1.1 Visión Sistémica Transdisciplinaria	4
1.1.2 Medio Ambiente	5
1.1.3 Modelo Sistémico Cibernético	6
1.2 Marco Metodológico	8
1.2.1 Descripción de las Fases	9

## **Capítulo II. Diagnóstico de los Implantes para Tumores de Húmero**

2.1 Sistema Esquelético	12
2.1.1 Estructura del Esqueleto	12
2.2 Anatomía estructural del Hombro	14
2.2.1 Húmero	14
2.2.2 Ángulo de la cabeza Humeral	16
2.3 Fisiología del Hombro	17
2.3.1 Complejo articular del Hombro	17
2.3.2 Planos y Ejes de movimiento del miembro superior	19
2.4 Movimientos del Hombro	20
2.4.1 Flexión y Extensión	20
2.4.2 Abducción y Aducción	21
2.4.3 Flexión y Extensión horizontal	22
2.5 Cáncer	23
2.6 Neoplasias	24
2.7 Tipos de Neoplasias y sus características	25
2.8 Neoplasias de Hueso	26
2.8.1 Principales Neoplasias Óseas	26
2.8.2 Características de las Neoplasias Óseas	26
2.8.3 Síntomas	26
2.8.4 Diagnóstico	27
2.8.5 Tratamiento	28
2.9 Cirugía	28
2.10 Técnicas de Reconstrucción Ósea en el miembro superior	31
2.10.1 Injertos Óseos	32
2.11 Prótesis de Reconstrucción	36
2.12 Espaciador Modular	39
2.13 Alo-prótesis	40
2.14 Artrodesis	41
2.15 Materiales utilizados en la Fabricación de las Prótesis	42
2.15.1 Titanio y sus Aleaciones	42



<b>Capítulo III. Diseño del Modelo Sistémico Cibernético</b>	
3.1 Identificación de Necesidades	44
3.1.1 Entorno Interno	44
3.1.2 Proceso Interno	48
3.1.3 Entorno Externo	49
3.1.3.1 Clientes	49
3.1.3.2 Proveedores	49
3.2 Introducción al Modelo Sistémico Cibernético	49
3.2.1 Modelo de Sistemas Duros	50
3.2.1.1 Características de los Sistemas Duros	52
3.2.2 Modelo de Sistemas Suaves	53
3.2.2.1 Metodología de Checkland	53
3.2.2.2 Modelo CATWOE	57
3.2.2.3 Modelo Conceptual	59
3.2.2.4 Modelo HOLOS	60
3.3 Viabilidad del Modelo	64
3.4 Diseño del Modelo Sistémico Cibernético	65
<b>Capítulo IV. Implantación del Modelo Sistémico Cibernético</b>	
4.1 Evaluación del Modelo Sistémico Cibernético	69
4.1.1 Identificación del número de pacientes ingresados al Instituto Nacional de Rehabilitación con problemas del miembro superior (húmero)	69
4.1.2 Clasificación y obtención de muestra de pacientes con tumores de húmero	70
4.1.2.1 Tomografía Computarizada	70
4.1.2.2 Equipo e Instalaciones	70
4.1.2.3 Requisitos de Admisión	71
4.1.2.4 Pacientes o Líneas de Investigación	71
4.1.2.5 Costos	72
4.2 Realización de tomografías a los húmeros de los pacientes	73
4.3 Obtención de Medidas y Clasificación de los Húmeros	74
<b>Capítulo V. Obtención de los Parámetros para la Prótesis no Convencional para Tumores de Húmero (PROPUESTA)</b>	
5.1 Obtención de los Parámetros para la Prótesis no Convencional para Tumores de Húmero (PROPUESTA)	75
5.1.1 Análisis Estadístico de las Mediciones Realizadas a las Tomografías de los Húmeros	75
5.2 Análisis de los Resultados	76
5.3 Parámetros para el Diseño del Set de Implantes no Convencionales para Tumores de Húmero (PROPUESTA)	77



<b>Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>79</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>83</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>87</b>



## GLOSARIO.

- **Aloinjerto:** Órgano o tejido trasplantado siendo el donante y el receptor de la misma especie (seres humanos).
- **Ambiente:** Se refiere al área de sucesos y condiciones que influyen sobre el comportamiento de un sistema.
- **Aparato:** Son conjuntos de órganos diferentes formados por diversos tejidos que realizan una función determinada.
- **Artrodesis:** Cirugía para inmovilizar una articulación de tal manera que los huesos crezcan juntos
- **Artroplastia:** Consiste en una intervención quirúrgica sustitutiva de una articulación a través de una implante protésico, con el objeto de aliviar el dolor y restaurar la amplitud de movimiento.
- **Asintomático:** No hay síntomas.
- **Atributo:** Son las características y propiedades estructurales-funcionales que caracterizan las partes o componentes de un sistema.
- **Autoinjerto:** Injerto óseo extraído del propio paciente.
- **Cibernética:** Es el estudio interdisciplinario de la estructura de los sistemas reguladores. Estudia los flujos de información que rodean un sistema, y la forma en que esta información es usada por el sistema como un valor que le permite controlarse a sí mismo.
- **Complejidad:** Se refiere a la cantidad de elementos de un sistema, sus potenciales interacciones y el número de estados posibles que se producen a través de estos.
- **Componente (s):** Es aquello que **forma parte de la composición de un todo**. Se trata de **elementos** que, a través de algún tipo de asociación o contigüidad, dan lugar a un conjunto uniforme.



- **Desarticulación:** Es el corte y separación de una extremidad del cuerpo mediante traumatismo (también llamado avulsión) o cirugía. Como una medida quirúrgica, se la utiliza para controlar el dolor o un proceso causado por una enfermedad en la extremidad afectada, por ejemplo un tumor maligno o una gangrena.
- **Dimensionamiento:** Proceso para determinar la medición deseada de la característica de una pieza.
- **Diseño:** Es el **proceso previo de configuración mental** en la búsqueda de una solución. En otras palabras, el diseño consiste en una visión representada en forma gráfica de una obra futura. Se refiere al proceso de creación y desarrollo para producir un nuevo objeto para uso humano.
- **Entropía:** Es la tendencia que los sistemas tienen al desgaste, a la desintegración, para el relajamiento de los estándares y un aumento de la aleatoriedad.
- **Equifinalidad:** Significa que idénticos resultados pueden tener orígenes distintos. A partir de diferentes condiciones iniciales se puede alcanzar un estado final dado, pero predeterminado de forma única, utilizando para ello diferentes mecanismos reguladores.
- **Fenomenología:** Es la ciencia que estudia la relación que hay entre los hechos (fenómenos) y el ámbito en que se hace presente esta realidad (conciencia).
- **Homeostasis:** Es el equilibrio dinámico entre las partes del sistema, por medio del flujo continuo de materiales, energía e información.
- **Hueso:** Forma de tejido conectivo que consta de células y una matriz que está formada por aproximadamente un 25% de agua, un 25% de proteínas fibrilares y un 50% de sales minerales incorporadas dentro del sistema vivo.
- **Implante:** Es un dispositivo médico fabricado para reemplazar una estructura biológica que falta, suplantarse a una estructura biológica dañada, o mejorar una estructura biológica existente.
- **Injertos óseos:** Materiales de origen biológico que sirve de soporte o relleno para implantar una prótesis, o elemento de osteosíntesis que se utilizará para sustituir una articulación.



- **Isomorfismo:** Significa “con una forma similar” y se refiere a la construcción de modelos de sistemas similares al modelo original.
- **Metástasis:** La propagación del cáncer de una parte del cuerpo a otra.
- **Modelo:** Es una representación de la realidad que contiene las características generales de algo que se va a realizar. Esquema teórico de un sistema o de una realidad compleja.
- **Necrosis:** Degeneración de un tejido por muerte de sus células.
- **Neoplasia:** Llamada también tumor o blastoma, es una masa anormal de tejido, producida por multiplicación de algún tipo de células; esta multiplicación es descoordinada con los mecanismos que controlan la multiplicación celular en el organismo, y los supera.
- **Órgano:** Es el conjunto de tejidos de estructura definida que desempeña una actividad fisiológica determinada.
- **Osteosarcoma:** Se aplica a un grupo heterogéneo de neoplasias malignas de células fusiformes que tienen como rasgo común la producción de hueso inmaduro, también denominado “osteóide”. Se origina en la medular de la metafisis de un hueso largo, preferentemente la inferior del fémur, superior de la tibia y superior del húmero, pero puede afectarse cualquier hueso.
- **Osteosíntesis:** Es el procedimiento mediante el cual se unen fragmentos óseos mediante la utilización de elementos tales como tornillos, placas, clavos endomedulares y otros. Todos ellos son elementos fabricados con metales especiales, de muy baja o nula reacción del organismo.
- **Osteotomía:** Resección de un hueso.
- **Paradigma:** Es un modelo o patrón sostenido en una disciplina científica o epistemológica que hace referencia a cuestiones complejas como explicaciones de determinados fenómenos científicos o sociales.
- **Patología:** Estudia las enfermedades en su más amplia aceptación, como procesos anormales de causas conocidas o desconocidas.
- **Prótesis:** Es un dispositivo diseñado para reemplazar una parte faltante del cuerpo o para mejorar el funcionamiento de una parte del mismo.



- **Recursividad:** Es una característica de todo sistema viable y se refiere a que todo sistema contiene dentro de sí a varios otros sistemas, llamados subsistemas, los cuales poseen funciones y características similares al sistema superior en que están contenidos.
- **Sarcoma:** Es una neoplasia maligna que se origina en un tejido conjuntivo, como pueden ser hueso, cartílago, grasa, músculo, vasos sanguíneos, u otros. El término proviene de una palabra griega que significa *crecimiento de la carne* (los tumores osteosarcomas, pero se sitúan en una categoría separada debido a sus características microscópicas y clínicas diferenciadas y se tratan de forma separada).
- **Sarcoma de Ewing:** Es un tumor maligno de células redondas. Es una enfermedad rara en la cual las células neoplásicas se ubican en el hueso o en tejidos blandos. Las áreas afectadas con más frecuencia son la pelvis, el fémur, el humero, y las costillas.
- **Set o Kit:** Conjunto o juego formado por varios elementos con función común. Colección de distintos objetos que están bien definidos.
- **Sinergia:** Es la integración de elementos que da como resultado algo más grandes que la simple suma de éstos.
- **Sistema:** Es el conjunto de órganos que tienen por finalidad el cumplimiento de un trabajo de orden más elevado, en donde los aparatos formados por órganos cuya constitución predomina un tejido recibe el nombre de sistema.
- **Sistemático:** Relativo a un sistema entendido como una metodología de hacer las cosas.
- **Sistémico:** Se basa en el reconocimiento de un sistema como un conjunto de elementos íntimamente relacionados entre sí y con un objetivo común
- **Sustentabilidad:** Se refiere al equilibrio existente entre una especie con los recursos del entorno al cual pertenece. Propone satisfacer las necesidades de la actual **generación** sin sacrificar las capacidades futuras de las siguientes generaciones de satisfacer sus propias necesidades, es decir, algo así como la búsqueda del equilibrio justo entre estas dos cuestiones.



- **Tejido:** Los tejidos del cuerpo humano están constituidos por conjuntos de células que realizan una función determinada. Los diferentes tipos de tejidos son; epitelial, muscular, óseo, conectivo, hematopoyético, y nervioso. Varios tejidos pueden unirse para integrar un órgano: asimismo varios órganos pueden estar en relación funcional para constituir un aparato o bien un sistema.
- **Tejido conectivo:** Constituye células y fibras de unión.
- **Tumor:** En sentido restringido, un tumor es cualquier bulto que se deba a un aumento en el número de células que lo componen, independientemente de que sean de carácter benigno o maligno.
- **Tumor Benigno:** Este tipo de tumor no crece en forma desproporcionada ni agresiva, no invade tejidos adyacentes, y no hace metástasis a tejidos u órganos distantes. Las células de tumores benignos permanecen juntas y a menudo son rodeadas por una membrana de contención o cápsula. Los tumores benignos no constituyen generalmente una amenaza para la vida.
- **Tumor Maligno:** Son cancerosos. Las células cancerosas pueden invadir y dañar tejidos y órganos cercanos al tumor. Las células cancerosas pueden separarse del tumor maligno y entrar al sistema linfático o al flujo sanguíneo, que es la manera en que el cáncer alcanza otras partes del cuerpo. El aspecto característico del cáncer es la capacidad de la célula de crecer rápidamente, de manera descontrolada e independiente del tejido donde comenzó.



## INTRODUCCIÓN

El ser humano desde sus orígenes ha tratado de explicarse la realidad y buscar el control de aquellos fenómenos naturales y trascendentales que en ella tienen lugar, como la vida, la enfermedad y la muerte.

Históricamente sabemos que el conocimiento médico cobró importancia a partir de los movimientos filosóficos griegos quienes contemplaban una visión integral sobre mente y cuerpo en la explicación de dichos fenómenos. Posteriormente durante la Edad Media, las ideas sobre el origen y sobre la cura de las enfermedades físicas como mentales tenían explicaciones seculares, pero sobre todo espirituales. Al final de esta época se hicieron patentes dos disciplinas: la teología para salvar el alma y la medicina para salvar el cuerpo. [43]

Fue a partir del Renacimiento, cuando Descartes y su propuesta del dualismo separó el objeto de estudio de la teología al alma o propiamente dicho, la mente del ser humano al proponer una visión dualista del cuerpo, lo que permitió que la medicina continuara especializándose y sentó los principios de la psicología fisiológica al proponer el estudio de la función del cerebro en relación a estados mentales y fisiológicos. [40, 25, 41]

Por lo antes mencionado, tenemos que saber y entender el significado de ciertos conceptos importantes, para poder dar una solución más completa del problema.

La **enfermedad** es un proceso y el *estatus* consecuente de afección de un ser vivo, caracterizado por una alteración de su estado ontológico o físico de salud. El estado o proceso de enfermedad puede ser provocado por diversos factores, tanto intrínsecos como extrínsecos al organismo enfermo: estos factores se denominan *noxas* (del griego *nósos*: «enfermedad», «afección de la salud»).

La definición de **salud** ampliamente aceptada por contener los principales elementos para las acciones sanitarias que interesan a cada país ha sido brindada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la cual dicta que la Salud debe ser considerada como un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la simple ausencia de enfermedad. [1]



La salud y la enfermedad son parte integral de la vida, del proceso biológico y de las interacciones medioambientales y sociales. Generalmente, se entiende a la enfermedad como una entidad opuesta a la salud, cuyo *efecto negativo* es consecuencia de una alteración o desarmonización de un sistema a cualquier nivel. [2]

Es por esto que la mayoría de los retos médicos a nivel mundial involucran enfermedades crónicas que requieren que las personas se adapten y modifiquen sus estilos de vida. El cuidado tradicional de la salud para las personas con enfermedades crónicas ha tenido que cambiar de un modelo curativo a un modelo de cuidado médico. [3]

Se puede notar que la transición del modelo de salud y cuidados preventivos se ha dirigido no solamente a prolongar notablemente los años de vida o sobrevida de un paciente, sino también al bienestar o *calidad de vida* relacionada con la salud, la cual hace referencia a las consecuencias de una enfermedad o de un tratamiento sobre el bienestar físico, emocional y social de una persona [4]. El cambio en el modelo de salud permite repasar la definición de salud y cuidados a la salud.

Es interesante notar que esta orientación más allá de ser un simple deseo, se encuentra ampliamente relacionada con el modelo biopsicosocial propuesto por Engels (1880). Este modelo supone que la naturaleza se encuentra ordenada jerárquicamente en uno continuo, en el que los sistemas menos complejos se encuentran subordinados a sistemas más complejos.

De tal manera, nada se encuentra aislado: las células en los órganos, los órganos en las personas, las personas en las familias, las familias en las comunidades, hasta llegar así a un nivel más complejo.

De manera práctica, este modelo argumenta que los sistemas de salud deben tomar en cuenta este continuo de factores biológicos, psicológicos y sociales, al momento del diagnóstico y establecimiento del tratamiento lo cual, ayudará a manejar efectivamente el proceso de salud-enfermedad en una persona, abarcando la evolución, el curso de la enfermedad y la recuperación o rehabilitación del individuo. [5-6, 17]



Refiriéndose a las enfermedades, existen diferentes tipos, una de ellas son las enfermedades crónicas o incapacidades que implican una o más desviaciones de una estructura y funcionamiento normal que, ya sea extensivo o no, queda permanente. Las condiciones crónicas no son reversibles y se acompañan con cierta discapacidad residual.

La característica principal de esta definición es que una enfermedad crónica no es curable, lo que la distingue de una enfermedad aguda. Esto implica que una enfermedad crónica debe ser incorporada dentro del estilo de vida de una persona. Las enfermedades crónicas no se caracterizan por una remisión per se, pero pueden tener periodos en que los síntomas pueden ser más o menos severos, además de que su progresión varía entre individuos.

Las enfermedades crónicas son causas crecientes de mortalidad a nivel mundial. En México, se encuentran enfermedades crónicas como el cáncer, enfermedades del corazón y la diabetes, dentro de las tres primeras causas de mortalidad en los grupos de edades entre quince y sesenta y nueve años (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI], 2008; Secretaría de Salud, 2007; Salud Pública de México, 2002).

El Cáncer es el término que se emplea para un grupo de enfermedades que tienen un denominador común: la transformación de la célula normal en otra que se comporta de forma muy peligrosa para el cuerpo humano. [7]

El origen de esta palabra se remonta a Ambroise Paré (1517), quien refiriéndose al cáncer lo describe así: «cáncer es un tumor duro, desigual, de forma redondeada, inmóvil, de color ceniza y rodeado de muchas venas llenas de sangre, aparentes y tortuosas (como los pies de un pescado llamado cangrejo) y más duro que un flemón o pequeña nuez, el que crece constantemente atormentando al enfermo.

Este tumor ha tomado el nombre de cáncer por similitud con ese animal, que cuando está adherido con sus pies contra alguna cosa, se adhiere con tanta fuerza que apenas se lo puede arrancar, principalmente sus pies de adelante que parecen tenazas y pinzas». [8]



Actualmente, en vista de los buenos resultados obtenidos con diversos protocolos de quimioterapia y radioterapia, y de acuerdo a las características de la lesión, la **“Cirugía conservadora”** de la extremidad torácica (clavícula, húmero, articulación del codo) es posible, por lo que la reconstrucción puede realizarse con diversos métodos como son: **injertos óseos autólogos, homólogos o de cadáver; injertos autólogos de peroné microvascularizados o libres;** así como la **sustitución protésica no convencional.** [13- 16]

Los injertos óseos se usan prácticamente en la cirugía ortopédica reconstructiva, en el tratamiento de fracturas y en complejas técnicas de salvamento de extremidades en cirugía tumoral. En la interface injerto óseo-huésped existe una compleja relación donde múltiples factores pueden intervenir en la correcta incorporación del injerto, como son: zona de implantación, vascularización del injerto, la inmunogenética entre el donante y el huésped, las técnicas de conservación y el uso del medicamento suministrado.

Por lo anterior, el Instituto Nacional de Rehabilitación, fue creado por modificación de la Ley de los Instituto Nacionales de Salud, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 22 de junio del 2005, la cual entra en vigor al día siguiente, lo que constituyó un hecho histórico no solo por cuanto a que se creó un nuevo instituto Nacional de Salud, el número doce, sino también porque fue la culminación de los esfuerzos realizados durante muchos años para que en el campo de la salud se le diera reconocimiento al problema creciente de la discapacidad que afecta a los diversos órganos y sistemas del cuerpo humano.

La cual es consecuencia de los avances médicos en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades y de las lesiones, que permiten disminuir la mortalidad y prolongar la vida aunque en condiciones de gran desventaja para quienes se convierten en portadores de secuelas que causan discapacidad de grado variable, que limitan y afectan a quienes las sufren y repercute significativamente en la familia y en la comunidad.

Generando una pobre calidad de vida y una carga impositiva para el país, la cual se soslaya pero que sin embargo impide la realización plena de las personas con discapacidad y generan gastos de atención médica significativos.



Los cuales pueden llegar a hacer gastos catastróficos así como una importante pérdida económica para el país. Ya ha sido demostrado durante mucho tiempo que resulta más costoso desatender la discapacidad que los programas de rehabilitación que conducen a la integración social y productividad de las personas con discapacidad.

Durante muchos años los problemas de discapacidad fueron ignorados en el ámbito médico, seguramente porque no se disponía de recursos suficientes de diagnóstico y tratamiento de las diferentes secuelas generadoras de discapacidad, por lo que la rehabilitación era nada más un problema de educación, de capacitación laboral, empleo e integración social.

Sin embargo los avances médicos y tecnológicos están cada día permitiendo resolver más y más los problemas de discapacidad, en algunos casos inclusive llevándolos a la curación, como sucede hoy en día con los casos de cataratas que producen ceguera los cuales son resueltos mediante cirugía que permite recuperar la visión en un muy elevado número de casos; los implantes cocleares mediante los cuales se logra recuperar la audición y el lenguaje y los reemplazos articulares de cadera y de rodilla que permiten la recuperación total de la movilidad articular perdida y el alivio del dolor.

Por lo anterior el Instituto Nacional de Rehabilitación, como Instituto Nacional de Salud, inició su desarrollo orientado a impulsar la investigación científica, a la formación y capacitación de personal especializado y a la atención médica de alta especialidad.

En el campo de la formación y capacitación de recursos humanos el nuevo instituto nos ha permitido atraer a mejores estudiantes, ampliar el número de residencias médicas y de cursos de alta especialidad y de diplomados y con un gran esfuerzo lograr nuevamente la incorporación de la enseñanza de la rehabilitación en las escuelas de medicina de la UNAM y del IPN y de otras universidades. Así mismo se ha conseguido iniciar las maestrías y doctorados en el propio instituto a través de la UNAM y del IPN.



En cuanto a la atención médica (*modelo de atención*), esta se ha consolidado como una de las mejores instituciones para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades del sistema musculoesquelético así como problemas discapacitantes de la audición, voz, visión, lenguaje y centro singular para la atención de pacientes con artritis, hemiplejía, paraplejía, amputaciones, parálisis cerebral infantil, y otras muchas condiciones. Todo lo anterior ha conducido a una elevada demanda de servicios con una limitada posibilidad de referencia, dado los escasos servicios médicos de rehabilitación.

Como apoyo de todas estas acciones anteriores hubo que emprender una gran actividad en el área administrativa, integrando primero las distintas áreas de administración de los tres institutos, unificando criterios de estructuras y procedimientos pero además generando toda una política de mejora de la calidad que condujo a la certificación por el Consejo de Salubridad General y luego a la certificación ISO-9001:2008 en forma integral de todos sus procesos: investigación, enseñanza, atención médica, atención quirúrgica y administración.

Hay que señalar que el programa de trabajo propuesto 2005-2010, fue sumamente ambicioso comprendiendo 8 estrategias y 56 líneas de acción, a todo lo cual se le dio cabal cumplimiento. Seguramente que dentro de este programa de trabajo lo más difícil fue lo relativo a la atención de quemados a través del Centro Nacional de Investigación y Atención de Quemados (CENIAQ), lo cual significó un esfuerzo sostenido durante dos sexenios. Afortunadamente durante la presente administración el Presidente Felipe Calderón Hinojosa, del Secretario de Salud Dr. José Ángel Córdova Villalobos, fue aprobada y puesta en marcha su construcción, equipamiento y operación, contando siempre con el apoyo del Dr. Julio Sotelo Morales como Titular de la Comisión Coordinadora de los Institutos Nacionales de Salud y Hospitales de Alta Especialidad, ahora Coordinador de Asesores del Secretario de Salud.

El presente Programa de Trabajo para conducir el quehacer del Instituto Nacional de Rehabilitación se ha estructurado mediante la planeación estratégica y en particular la del modelo denominado "Strategic Focusing (SF), de la Oxford LeaderShip Academy.



El cual parte de la revisión de los hechos, en donde se identifica el origen de la Institución, las experiencias tenidas y sus fortalezas y oportunidades, así como él momento en que se encuentra de acuerdo a la llamada curva de la “S” y que comprende:

- a) etapa en la que no se nota un cambio en el horizonte;
- c) de cambio, caos y opciones;
- b) etapa de nacimiento; comienzo de una nueva etapa y
- d) de declive.

El Instituto dispone de 21 laboratorios de investigación, algunos de ellos con un alto grado de tecnología, como los de genética, ingeniería de tejidos, tejido conjuntivo, morfología, e ingeniería de rehabilitación. Se dispone asimismo de personal calificado habiéndose incrementado el número de investigadores con maestría y doctorado, así como el perteneciente al Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Por primera vez en la historia han ingresado médicos ortopedistas a este sistema y, cada vez más, se va incrementando el número de publicaciones y mejorando la calidad de las mismas con un aumento en los niveles III o más.

En la enseñanza se ha adquirido un importante prestigio en las especializaciones en Medicina de Rehabilitación y en Ortopedia, esta última dominada por muchos años por el Instituto Mexicano del Seguro Social, la enseñanza de la Audiología, Foniatria y Otoneurología, se ha ubicado en un alto nivel y otras especialidades se han ido incluyendo con éxito, como sucede con Genética Médica, Oftalmología y Otorrinolaringología.

La atención médica ha alcanzado un alto nivel de calidad y de prestigio, siendo hoy en día una institución con servicios de excelencia que no se encuentran en ningún otro lado en nuestro país.

Así son los servicios de alta especialidad de Rehabilitación Pediátrica, con su área única de Hospitalización para Rehabilitación Infantil; los servicios de neurorehabilitación para lesionados medulares y enfermedad vascular cerebral, y trauma craneoencefálico; los servicios de reumatología con sus laboratorios de líquido sinovial y de ultrasonografía musculoesquelética; los servicios de ortopedia con artroscopia, cirugía de la columna vertebral con un protocolo de disco intervertebral. [41]



Los servicios de reconstrucción articular con prótesis de cadera, rodilla, codo y hombro; las cirugía de la mano de ortopedia pediátrica, la cirugía de catarata y la de implantes cocleares, a todo lo anterior le podemos sumar la próxima puesta en marcha del Centro Nacional de Investigación y Atención de Quemados, así como del Centro Nacional de Medicina del Deporte. [42]

Por ello, en el Instituto Nacional de Rehabilitación en el área de tumores óseos, el Dr. Genaro Rico Martínez (Jefe del Departamento de Tumores Óseos) diseñó una prótesis tumoral no convencional de hombro con el propósito de salvar la extremidad afectada, evitando su amputación, y proporcionando una mejor calidad de vida al mantener una extremidad funcional.

La reconstrucción con una prótesis modular está indicada en casos de resección húmero escapula, siendo capaz de reconstruir hasta el tercio distal del húmero. Permitiendo estabilizar la extremidad a la pared costal o porción residual de la escápula. Aunque la funcionalidad es precaria, tal reconstrucción proporciona un punto de apoyo estable para la función del codo y la mano.

Para ello, actualmente se emplea una endoprótesis, la cual suple la zona afectada por el tumor, conserva la extremidad y restituye la función del codo y la mano. Las variaciones, en su longitud total van desde 130 mm hasta 150 mm. El vástago de la prótesis se inserta en el canal medular del húmero y se bloquea mediante dos pernos en la parte distal para mantenerla en su lugar, evitando así la rotación y/o el hundimiento de la misma en el hueso.

El problema que presenta este implante es que en repetidas ocasiones se llegan a solicitar las prótesis sin que exista un control en el dimensionamiento, dando como resultado una mala colocación del implante, debido a una resección mal calculada; por situaciones imprevistas derivando a una mala fijación, que a la larga provoca el aflojamiento del implante, alterando la vida útil del implante.

Sabiendo esto se pretende obtener parámetros que sirvan para el dimensionamiento de los componentes de la prótesis para el desarrollo de un set de prótesis para tumores de humero. El cual cuente con distintas piezas y dimensiones, las cuales sean capaces de reconstruir hasta el tercio distal del húmero, además permitirá resolver resecciones mal calculadas o situaciones imprevistas dentro del quirófano. Así también se adaptara para cualquier tamaño de húmero. (Cabe mencionar que el tamaño de húmero al que nos referimos, para este trabajo de tesis es con referencia a los casos reportados en el INR)



## JUSTIFICACIÓN

Para ampliar el modelo de atención vigente en esta tesis nos ocuparemos de los tumores óseos que afectan de manera adversa la salud de los pacientes y ponen en riesgo su integridad, causando discapacidad y en ocasiones pueden causar la muerte.

Seguido de la cadera y la rodilla, el húmero ocupa el tercer lugar en afección por neoplasias del sistema musculoesquelético sean estas primarias benignas, malignas y/o metastásicas.

Las opciones para el tratamiento de este padecimiento son: la desarticulación, los injertos (xenoinjertos, aloinjertos, autoinjertos e isoinjertos), artrodesis y prótesis de reconstrucción que consisten en eliminar quirúrgicamente el tumor y reconstruir la zona afectada.

La desarticulación es la remoción o resección total o parcial de la extremidad, dando como resultado una experiencia traumatizante, tanto física como emocional para el paciente.

Los injertos óseos se usan prácticamente en la cirugía ortopédica reconstructiva, en el tratamiento de fracturas y en complejas técnicas de salvamento de extremidades en cirugía tumoral. En la interface injerto óseo-huésped existe una compleja relación donde múltiples factores pueden intervenir en la correcta incorporación del injerto, como son: zona de implantación, vascularización del injerto, la inmunogenética entre el donante y el huésped, las técnicas de conservación y el uso del medicamento suministrado, etc.

La artrodesis es una operación destinada a bloquear completamente la movilidad de la articulación, provocando una anquilosis (disminución de movimiento o falta de movilidad) en posición funcional. Estabiliza la articulación, alinea la extremidad, mejora la funcionalidad y disminuye o elimina el dolor.

El inconveniente es que se pierde el movimiento, a veces muy importante, por lo tanto se convierte en una cirugía paliativa pero no reparadora.

La prótesis de reconstrucción se coloca posterior a una resección de un tumor. Siempre que no se comprometa la vida del paciente, se opta por la reconstrucción de la zona afectada, a través de una prótesis interna, con el propósito de restaurar y habilitar la función del codo y la mano.



Existen en el mercado un número importante de prótesis, no obstante, en el caso en el cual el tumor afecta un espacio considerable del hueso, se emplea una prótesis de tipo tumoral. Por los buenos resultados obtenidos de la utilización de ésta, en el área de Tumores Óseos del Instituto Nacional de Rehabilitación (INR) se diseñó una prótesis, la cual presenta la articulación glenohumeral, favoreciendo la función del codo y la mano.

El problema que se presenta en el INR, es la inexistencia de un set de prótesis humeral, por lo tanto no se tiene un control sobre el dimensionamiento de la misma.

Debido a esto, es necesario contar con un diseño parametrizado de las medidas del implante estableciendo un estándar en el diseño, para desarrollar un set de implantes para tumores de húmero. Este debe contar con distintas piezas y dimensiones las cuales sean capaces de reconstruir hasta el tercio distal del húmero, permitir resolver resecciones mal calculadas y situaciones imprevistas dentro del quirófano y se debe adaptar para cualquier tamaño de húmero, todo esto con la finalidad de que sea confiable, rápida y eficaz.



## CONTEXTO

### **Modelo Formal. Cliente, Instituto Nacional de Rehabilitación y Universidades**

Es la representación gráfica de los elementos de un sistema y sus subsistemas, así como las interrelaciones, flujos de información que tienen unos con otros y sus relaciones con la realidad. (Figura 1)

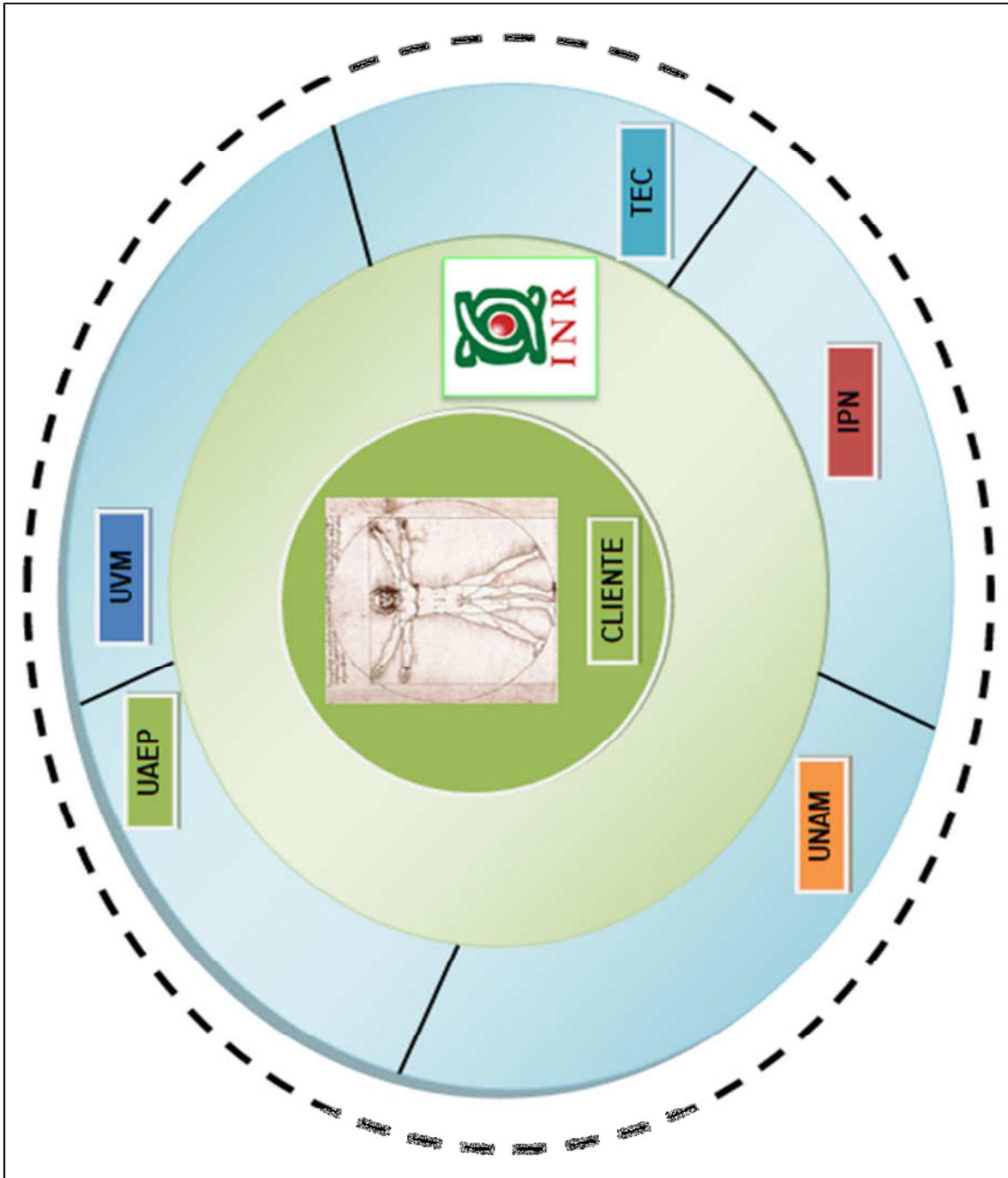


Figura 1. Modelo Formal. Cliente, INR y Universidades. Benjamín Araujo Monsalvo, 2011.



El individuo es una entidad compleja, como tal tiene un conjunto de características que lo hace diferente en comparación con los otros, es por esto que se han desarrollado a través del tiempo ciertos factores con la finalidad de que se pueda desenvolver en un grupo (social o de trabajo), para la obtención de conocimiento y experiencias.

Para poder lograr lo anterior se han desarrollado disciplinas que han hecho que el individuo tenga más posibilidades de acrecentar su conocimiento, así como creado centros de estudio donde el individuo desarrolla las herramientas necesarias para poder lograr objetivos y metas.

Por otra parte tenemos la creación de instituciones y centros que ofrecen servicios al individuo, uno de estos es el de salud, que tiene como objetivo proporcionar servicios de calidad para el cuidado y rehabilitación de pacientes con enfermedades y secuelas discapacitantes del aparato locomotor.

Aunado a lo anterior, se desarrollan tecnologías tales como prótesis, implantes y técnicas de salvamento con el propósito de prevenir y detectar a tiempo enfermedades que aquejan al individuo.

### Organigrama

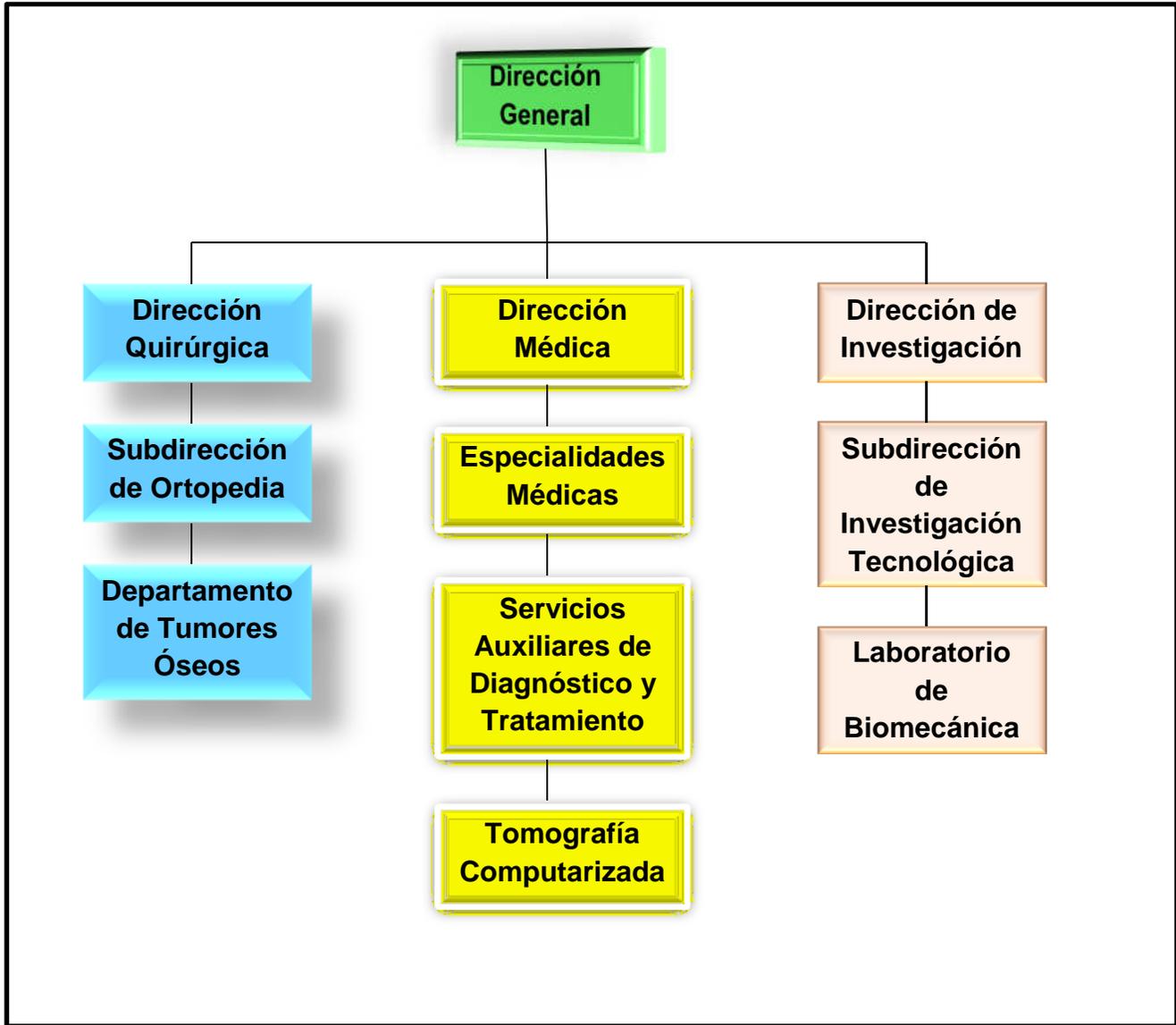


Figura 2. Estructura Organizacional Instituto Nacional de Rehabilitación. [www.inr.gob.mx](http://www.inr.gob.mx), 2011



La estructura organizacional del Instituto Nacional de Rehabilitación cuenta con la Dirección General, la cual cuenta con la Dirección Quirúrgica en donde se encuentra la Subdirección de Ortopedia y el Departamento de Tumores Óseos; por otro lado se encuentra la Dirección Médica que cuenta con el Servicio de Especialidades Médicas, los Servicios Auxiliares de Diagnóstico y Tratamiento y el Servicio de Tomografía Computarizada; por último tenemos la Dirección de Investigación en donde se encuentra la Subdirección de Investigación Tecnológica y el Laboratorio de Biomecánica.



## Contexto en el Tiempo y en el Espacio

El Cáncer es el término que se emplea para un grupo de enfermedades que tienen un denominador común: la transformación de la célula normal en otra que se comporta de forma muy peligrosa para el cuerpo humano. [7]

El origen de esta palabra se remonta a Ambroise Paré (1517), quien refiriéndose al cáncer lo describe así: «cáncer es un tumor duro, desigual, de forma redondeada, inmóvil, de color ceniza y rodeado de muchas venas llenas de sangre, aparentes y tortuosas (como los pies de un pescado llamado cangrejo) y más duro que un flemón o pequeña nuez, el que crece constantemente atormentando al enfermo.

Este tumor ha tomado el nombre de cáncer por similitud con ese animal, que cuando está adherido con sus pies contra alguna cosa, se adhiere con tanta fuerza que apenas se lo puede arrancar, principalmente sus pies de adelante que parecen tenazas y pinzas». [8]

Los primeros esfuerzos para estimar el número de casos de enfermos de cáncer de una población fueron hechos entre el siglo XIX y siglo XX en varias ciudades europeas. (Tabla 1. Evolución de los registros de Cáncer en el mundo.)

En el año 1900 se realizó en Alemania un registro de pacientes con cáncer bajo tratamiento. El mismo trabajo fue realizado entre 1902 y 1908 en Dinamarca, Hungría, Islandia, Holanda, Portugal, España y Suecia.

El primer registro de cáncer basado en la población fue realizado en Hamburgo (Alemania) en 1929 y el primer registro de América fue realizado en Estados Unidos en el año 1940.

En el año 1950 la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) nombró un subcomité dedicado a las estadísticas y registros de cáncer. En 1965 fue creada la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer y en 1966 la Agencia Internacional de Registros de Cáncer.

En la actualidad la IARC publica los resultados anuales de aquellos registros que cumplen con sus normas y pueden demostrar la calidad de datos en la publicación "Cancer Incidence in Five Continents vol. VII" de la IARC y la OMS. [9]



**Tabla 1. Evolución de los registros de Cáncer en el mundo.<sup>9</sup>**

1900-1939	Sobrevivencia del Cáncer	
1929	Departamento de Salud Pública de Hamburgo	
1941	Registro de tumores de Connecticut	
1942	Registro de tumores de Dinamarca	
	1944	Canadá
	1945	Inglaterra y Gales
	1948	Nueva Zelanda
	1950	Eslovenia
	1952	Hungría, Noruega
1950	WHO Subcomité de Registro de Cáncer y estadísticas	
	UICC Comité en Patología según Geografía	
0	AIIC	
1	AIRC	

Mundialmente, el cáncer es una de las principales causas de mortalidad. Este flagelo es resultado de la interacción de factores genéticos y externos (físicos, químicos y biológicos) que produce la degeneración de las células, con lo que se originan lesiones precancerosas y finalmente tumores malignos.

Dichos tumores suelen estar localizados, pero eventualmente pueden diseminarse a otros órganos (metástasis). La incidencia del cáncer se relaciona directamente con la edad, ya que las personas están más tiempo expuestas a factores causales relacionados con esta enfermedad. [10]

Los tumores malignos representan aproximadamente 13% de las defunciones mundiales, 7.9 millones de muertes por año, de las cuales más del 72% se registran en países de ingresos bajos y medios. La Organización Mundial de la Salud (OMS) prevé que entre 2007 y 2030, aumentará 45% la mortalidad por cáncer a nivel mundial, pues estima que pasara de 7.9 a 11.5 millones de defunciones por año, resultado del crecimiento demográfico y el envejecimiento de la población; además, estima que durante el mismo periodo, el número de casos nuevos de cáncer aumentará de 11.3 a 15.5 millones.



En este contexto, y considerando que se estableció el 4 de febrero como el “Día Mundial contra el Cáncer” durante la Cumbre Mundial contra el Cáncer para el Nuevo Milenio realizada en febrero de 2000, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) presenta información relevante sobre este tema a nivel nacional.

Algunos factores de riesgo para el desarrollo de cáncer son el consumo de tabaco y alcohol, la obesidad, las infecciones de transmisión sexual como el VPH y la inactividad física, entre muchos otros. De acuerdo con la OMS, el cáncer podría disminuir casi en una tercera parte del total de casos, si la detección y el tratamiento fueran oportunos.

En México el análisis de las condiciones de salud requiere del conocimiento de todas las fases del proceso salud-enfermedad; documentar tal hecho implica contar con información que registre actividades desde el contacto inicial con los servicios de salud, hasta la conclusión misma de la vida.

Los sistemas actuales de información no siempre permiten este seguimiento desde la fase inicial del padecimiento, ya que presentan carencias importantes tanto de integridad como en la cobertura conceptual de las estadísticas.

Entre la amplia variedad de tumores, los tumores primarios de hueso son comparativamente raros.

En nuestro país, según los datos del Registro Nacional del Cáncer de la Secretaría de Salud, se reunieron 47,756 casos nuevos de enfermedad neoplásica maligna en 34 hospitales de la ciudad de México, de éstos, solo el 2.3% tuvo su origen en el hueso (consultado en González-Almaraz y col., 2002<sup>7</sup>). Valdespino- Gómez y col.<sup>8</sup>, calcularon que en la ciudad de México se registran alrededor de 350 casos de tumores óseos malignos cada año.

Lo que los lleva a considerar que cada año se diagnostican más de 1,000 nuevos casos en el país.



El advenimiento de tratamientos quimioterapéuticos ha permitido una mayor sobrevivencia, con una menor recurrencia local en pacientes operados por tumores esqueléticos. Las alternativas de tratamiento quirúrgicas en estas lesiones han presentado un importante desarrollo basado en nuevas técnicas de estudio diagnóstico, diversidad de implantes protésicos y en la obtención de injertos óseos.

En 2008, 8.7% de los egresos hospitalarios por tumores malignos a nivel nacional fueron por leucemia. En los hombres, el cáncer más frecuente es la leucemia (15.1%), mientras que en las mujeres es el de mama (8.4 por ciento). Para el 2008, la incidencia de cáncer de mama fue de 14.63 por cada 100 mil mujeres de 15 años y más.

La población masculina de 60 años y más presenta una tasa de mortalidad observada por cáncer de próstata de 121.69 por cada 100 mil hombres. Entre las mujeres de 60 años y más, el cáncer en el cuello del útero tiene una tasa de mortalidad observada de 41.88 por cada 100 mil mujeres.

La principal causa de muerte entre la población es el cáncer de tráquea, bronquios y pulmón (tasa observada de 60.33 por cada 100 mil habitantes).

De acuerdo al estudio realizado por la OMS en 2005, es posible prevenir el 30% de los casos de cáncer a través de la disminución de factores de riesgo. Por ello, como resultado de las recomendaciones internacionales, en México se llevan a cabo programas encaminados a prevenir los principales tipos de cáncer, a través de estrategias de prevención y detección oportuna, dos ejes fundamentales para disminuir la morbilidad y mortalidad por dicho padecimiento. [10]

La Secretaría de Salud (SSA) reporta que del egreso hospitalario por cáncer en 2008, la leucemia tuvo mayor presencia (8.7%), seguida del cáncer de mama (5.8%), de cuello de útero (3.3%) y ovario (2.1%). La leucemia afecta principalmente a los hombres (15.1%), mientras que el cáncer de mama a las mujeres (8.4 por ciento). (Anexo 1)

El cáncer de mama es una de las patologías asociadas al envejecimiento, al retraso en el inicio de la vida reproductiva y a los estilos de vida; además, representa un problema de salud pública, debido al incremento gradual y sostenido de dicha enfermedad, así como al costo de su tratamiento.



Según la OMS, a nivel mundial, el cáncer de mama afecta al 16% de la población femenina que padeció algún tipo de cáncer. [10]

En 2008, la incidencia de cáncer de mama en nuestro país fue de 7.57 casos por cada 100 mil habitantes, afectando principalmente a las mujeres, quienes presentan una incidencia de 14.63 frente a la de 0.27 de los varones. En este sentido, resulta importante conocer la magnitud de este padecimiento entre la población femenina; por ejemplo, la mayor incidencia se presenta en el Distrito Federal (45.84), seguida por Sinaloa (45.76) y San Luis Potosí (45.20), en contraparte, la incidencia más baja se observa en el estado de México (4.62), Chiapas (4.24) y Tlaxcala (2.96).

Es importante mencionar que en México, el cáncer de mama es detectado principalmente por la propia mujer en etapas avanzadas; por ello, la promoción de la autoexploración y del examen clínico de senos adquiere una gran relevancia en la prevención y el control en países como el nuestro.

Además del cáncer de mama, otra de las enfermedades mortales más frecuentes en la población femenina es el cáncer cervicouterino. En este caso, resultan de gran importancia los aspectos relacionados con la prevención y el autocuidado de la salud, ya que es una enfermedad prevenible con detección y tratamiento oportuno, aún en las etapas tempranas del padecimiento para la mayoría de los casos. [42]

La OMS estima que el cáncer podría cobrar la vida de 10.3 millones de personas en el mundo para 2020, afectando a 6.7 millones de personas cada año. En nuestro país, la tasa de defunción por tumores tiende a aumentar. De 1998 a 2008, la tasa de mortalidad por cáncer se incrementó, pasando de 57.7 a 66.6 por cada 100 mil habitantes; entre las mujeres, el crecimiento fue de 59.6 a 66.7 por cada 100 mil habitantes, mientras que entre los hombres, de 55.6 a 66.5 cada 100 mil habitantes.

El incremento en dicha tasa es aproximadamente de diez puntos; sin embargo, esta tendencia resulta preocupante por sus implicaciones sobre los años de vida perdidos en el proceso de la enfermedad, así como por la capacidad de las instituciones para dar atención adecuada y oportuna, y por el impacto que tiene dicha enfermedad en la familia. [10] (Anexo 1)



En 2008, según la tasa de mortalidad observada de tumores malignos para la población de 60 años y más, los tumores en tráquea, bronquios y pulmón presentan la tasa más alta (60.19 por cada 100 mil habitantes), seguidos por los tumores de hígado y de las vías biliares intrahepáticas, y los de estómago (44.11 y 42.30 por cada 100 mil habitantes, respectivamente). Resulta preocupante que la población masculina presente la tasa de defunciones por tumores más alta, por la elevada mortalidad por tumor de próstata (121.57 por cada 100 mil hombres).

Mientras que en las mujeres, el cáncer del cuello del útero tiene una tasa de 41.82 por cada 100 mil mujeres, siendo también la tasa más alta en la población femenina de 30 a 59 años (10.24 por cada 100 mil mujeres). (Anexo 1)

Finalmente, de acuerdo con las defunciones por tumores malignos en 2008, entre los hombres, el mayor porcentaje de lesiones malignas fue en la próstata (8.1%), seguido por los tumores de tráquea, bronquios y pulmón (7.0%), enfermedad asociada al consumo de tabaco; y entre las mujeres, el cáncer de mama (7.6%), seguido por los tumores malignos de ovarios (6.4 por ciento).

En la clasificación de los tumores del sistema musculoesquelético se hace referencia a tumores óseos y a tumores de partes blandas. Los tumores óseos comprenden un grupo heterogéneo de neoplasias de origen mesodérmico. Las causas continúan siendo desconocidas, a pesar de que recientemente se han descubierto alteraciones genéticas que podrían ser el factor etiológico principal en algunos tipos histológicos. [10]

Los tumores óseos se clasifican en: primarios (que nacen del hueso) y secundarios o metastásicos (que llegan al hueso desde otro lugar de origen). [11] Para fines prácticos de este trabajo se hará énfasis en el grupo de tumores óseos como parte importante de los tumores musculoesqueléticos. (Anexo 1)

Por otra parte, los tumores del sistema musculoesquelético pueden tener subclasificaciones en benignos, intermedios o malignos.

La clasificación más aceptada es la propuesta por la OMS, que atiende a la célula de origen y a la histopatología de los tumores. (Anexo 1)



Dentro de la gama de tumores óseos existe uno llamado neoplasia que es una masa anormal de tejido cuyo crecimiento es excesivo e incontrolado respecto al tejido normal; este crecimiento continúa aún después de interrumpir el estímulo que indujo el cambio. Un hecho fundamental en el origen de toda neoplasia es la pérdida de la capacidad de respuesta a los mecanismos de regulación del organismo.

Las neoplasias también tienen un cierto grado de autonomía e incrementan su tamaño de manera constante, cualesquiera que sean las condiciones locales donde se desarrolla y el estado nutricional del huésped.

Las neoplasias se dividen en las categorías de benigna y maligna. Un tumor es benigno cuando sus características microscópicas y macroscópicas pueden considerarse más bien inocuas, lo cual implica que permanece localizado, no se propaga a otros sitios, y por lo tanto, en general es susceptible de extirpación quirúrgica local y el paciente sobrevive.

Sin embargo, los tumores benignos pueden producir más de una sola masa localizada y a veces causan enfermedades graves.

Los tumores malignos suelen llamarse cánceres, son localmente agresivos por invasión y destrucción de estructuras adyacentes, por necrosis, ulceración y hemorragias, o pueden producir metástasis en diferentes órganos e interferir en otras funciones y causar la muerte.

Los tumores de hueso sugieren una alteración en el crecimiento o maduración del hueso y se originan del tejido inmaduro cerca de la placa epifisiaria. Los tumores óseos pueden presentarse en los niños, adolescentes y adultos jóvenes; la zona más afectada es la metáfisis de los huesos largos.

Una de las articulaciones más vulnerables es el hombro, existen muchas patologías, estas se dividen en traumáticas, tumorales, infecciosas, degenerativas, vasculares, para los niños y adultos, etc.; y cada grupo se comporta de manera diferente, por lo que el tratamiento es según el caso.



El hombro al ser la articulación más móvil y, además estar rodeada de músculos de poco volumen, es la más vulnerable, por lo que cualquier traumatismo puede generar una lesión importante.

Algunos padecimientos son predominantes en el hombre, por ejemplo, la luxación de hombro es más frecuente en el varón por actividades deportivas o de trabajo, en cambio, en la mujer, generalmente, por los problemas de osteopenia y osteoporosis, son más frecuentes las fracturas del humero. [12]

En el Instituto Nacional de Rehabilitación, en el periodo comprendido de 2005-2010, se registraron 338 pacientes con padecimientos de salud en el hombro, de los cuáles 209 pacientes (61%) fueron hombres y 129 pacientes (39%) fueron mujeres, tuvieron problemas en el hombro derecho 146 pacientes, 152 pacientes en el hombro izquierdo y 40 pacientes no se sabe en qué hombro tiene problemas (para estos casos se necesitará cotejar con base de datos del INR).

La reconstrucción del húmero proximal es particularmente compleja debido a la necesaria resección de tejidos blandos periarticulares. La inestabilidad y el déficit funcional son por lo tanto dificultades habituales. Por consiguiente el resultado funcional obtenido de la articulación comprometida es incierto y constituye parte del objetivo terapéutico.

Así también el control local de la enfermedad con conservación funcional del segmento no comprometido es el propósito de la reconstrucción. [13]

El extremo proximal del húmero ocupa el tercer lugar en afección, por neoplasias óseas, sean éstas primarias benignas, malignas y/o metastásicas. [14]

Sabiendo esto se pretende obtener parámetros que sirvan para el diseño de un set de implantes para tumores de humero. El cual cuente con un implante modular con distintas piezas y dimensiones, las cuales sean capaces de reconstruir hasta el tercio distal del húmero, además permitirá resolver resecciones mal calculadas o situaciones imprevistas dentro del quirófano. Así también se adaptara para cualquier tamaño de húmero. (Cabe mencionar que el tamaño de húmero al que nos referimos, para este trabajo de tesis es con referencia a los casos reportados en el INR)



## OBJETIVO GENERAL

Determinar los parámetros para el dimensionamiento de los componentes de una prótesis tumoral de húmero para el desarrollo de un set de la misma, con base en los casos reportados en el INR.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio retrospectivo de pacientes que fueron candidatos a prótesis de hombro del año 2005 a 2010 en el área de tumores óseos del INR.
- Identificar las dimensiones del diseño de la prótesis actualmente utilizada, contemplando las medidas se establecerán los rangos de dimensiones que serán utilizados para llevar a cabo la parametrización del set.
- Realizar mediciones en diferentes tipos de húmero, para llevar a cabo el dimensionamiento de la prótesis.
- Diseñar un Modelo Sistémico que sirva de guía para poder obtener de manera sencilla y rápida los parámetros para el set de prótesis para tumores de húmero.



# CAPÍTULO I

## MARCO

### CONCEPTUAL Y

### METODOLÓGICO



## Capítulo I. Marco Conceptual y Metodológico

### 1.1 Marco Conceptual

#### 1.1.1 Visión Sistémica Transdisciplinaria

La Visión Sistémica Transdisciplinaria es importante en cuestiones médicas (prótesis), ya que ayuda a entender que cuando se presentan cambios en alguno de los elementos del proceso, se tienen resultados que no se esperan. Es por esto que debemos de ver el todo, sus elementos y las interacciones existentes entre cada elemento y el todo, entender en su conjunto el sistema y las características propias de cada uno de ellos. (Figura 1.1)

Por lo antes mencionado debemos de tener una concepción más amplia de lo que se entiende por Sistema y las características que tienen los elementos del mismo. A continuación se mencionan los conceptos:

**Sistema:** Es un todo organizado y complejo; un conjunto o combinación de cosas y/o partes que forman un todo complejo o unitario. Es un conjunto de objetos unidos por alguna forma de interacción o interdependencia. Los límites o fronteras entre el sistema y su ambiente admiten cierta arbitrariedad.

**Entropía:** Es la tendencia de los sistemas a desgastarse, a desintegrarse, para el relajamiento de los estándares y un aumento de la aleatoriedad. La entropía aumenta con el correr del tiempo. Si aumenta la información disminuye la entropía, pues la información es la base de la configuración y del orden. De aquí nace la negentropía, o sea, la información como medio o instrumento de ordenación del sistema.

**Homeostasis:** Es el equilibrio dinámico entre las partes del sistema. Los sistemas tienen una tendencia a adaptarse con el fin de alcanzar un equilibrio interno frente a los cambios externos del entorno.

**Sustentabilidad:** Se refiere al equilibrio existente entre una especie con los recursos del entorno al cual pertenece. Propone satisfacer las necesidades de la actual **generación** sin sacrificar las capacidades futuras de las siguientes generaciones de satisfacer sus propias necesidades, es decir, algo así como la búsqueda del equilibrio justo entre estas dos cuestiones.



### 1.1.2 Medio Ambiente

Se entiende como el lugar o espacio donde las organizaciones se desenvuelven y realizan sus actividades, ya sea de manera externa o interna. Cuenta con elementos que afectan de manera positiva o negativa a la misma. Esto sucede ya sea de forma general (organización), específica (departamento) o en la realización de un producto o servicio.

Existen dos tipos de Medio Ambiente, el Externo o también llamado Macroambiente y el Interno o Microambiente, a continuación se describe cada uno de ellos y sus variables.

El Medio Ambiente Externo o Macroambiente es aquel constituido por variables que la organización no puede controlar y que están fuera de su alcance. Estas pueden ser:

Económico-Políticos.- se refiere a las condiciones que pueden existir en la paridad de la moneda, inflación, desempleo, problemas de gobierno, disminución de recursos, etc.

Socio-Culturales.- representa los aspectos que tienen que ver con los derechos humanos, las costumbres y el medio natural de la sociedad, cuestiones de educación, instituciones, demografía, etc.

Tecnológicas.- relacionadas con el desarrollo, oportunidad y disponibilidad de la tecnología.

Científicas.- representa el nivel que se tiene en cuestiones de investigación, avances científicos, el desarrollo que se tiene en las instituciones educativas y que sirven de apoyo a las organizaciones.

El Medio Ambiente Interno o Microambiente es aquel constituido por variables que la organización puede controlar y que debe de tener en cuenta para crear estrategias para afrontar su incursión en el mercado. Estas pueden ser:

Clientes.- son grupos de personas e instituciones que utilizan, compran los bienes y/o servicios que ofrece la organización.

Proveedores.- se encargan de abastecer a las organizaciones materias primas, información, financiamiento para el desarrollo y manufactura de productos y/o servicios.



Competencia.- empresas específicas que ofertan bienes y servicios iguales o similares a los grupos de consumidores o clientes.

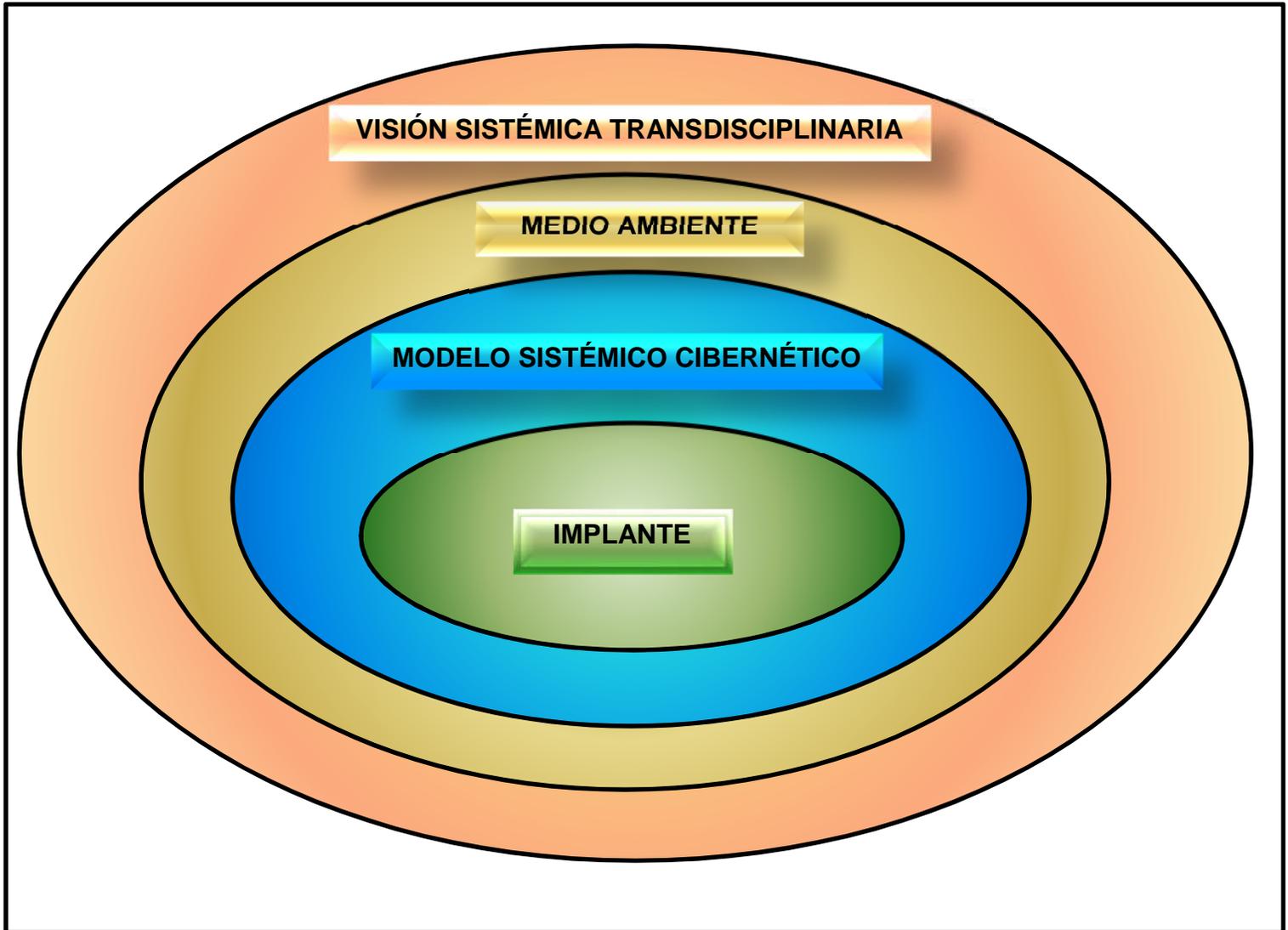
Marco Legal.- son los reglamentos que rigen las actividades que desarrollan las organizaciones y las cuales resultan en sanciones que afectan la operación de las mismas.

### **1.1.3 Modelo Sistémico Cibernético**

En la actualidad es necesaria una mejor comprensión de los grandes sistemas complejos, de su naturaleza y funcionamiento, así como contar con un nuevo tipo de modelos y una metodología específica de la acción global, que complete y eventualmente corrija los modelos y las metodologías de la acción local, puntual o especial que hemos utilizado hasta ahora. Esta es la finalidad de la Sistémica y la Cibernética, cuyos elementos van evolucionando desde hace unos cincuenta años, como respuesta, cada vez más precisa, a interrogantes acerca del funcionamiento de los sistemas complejos.

Es por esto que el enfoque sistémico es, sobre todo, una combinación de filosofía y de metodología general, engranada a una función de planeación y diseño. El análisis de sistema se basa en la metodología interdisciplinaria que integra técnicas y conocimientos de diversos campos fundamentalmente a la hora de planificar y diseñar sistemas complejos y voluminosos que realizan funciones específicas.

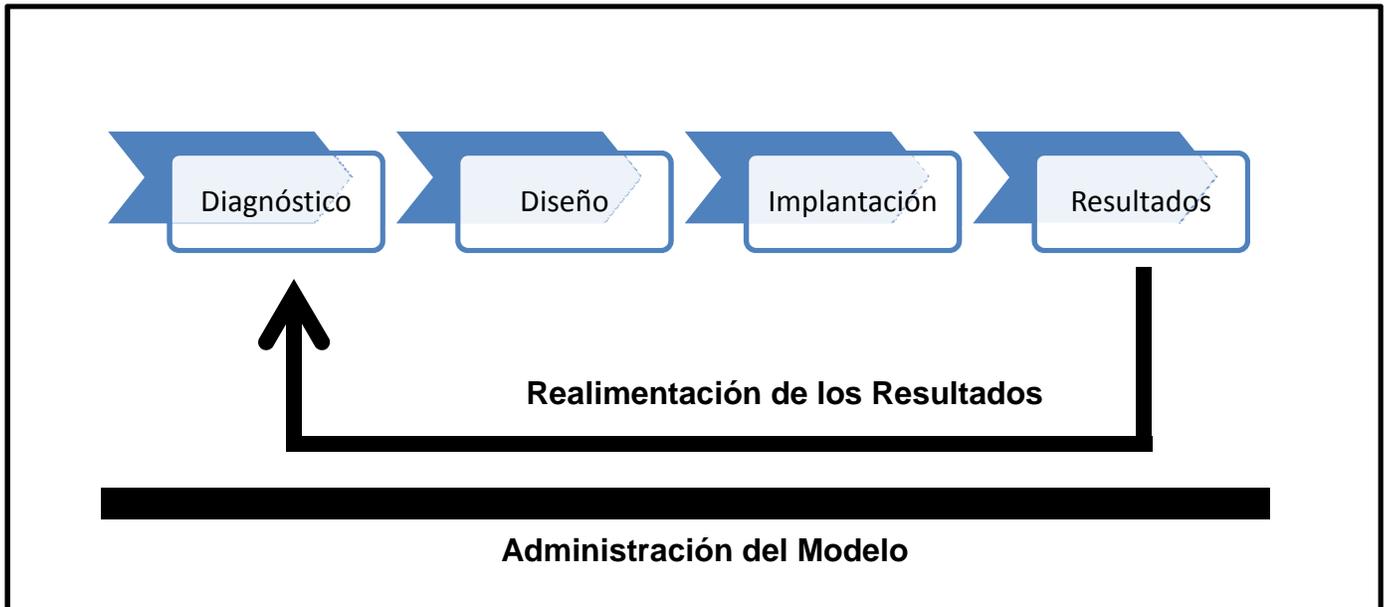
Con base en lo anterior el Modelo Sistémico Cibernético constituye una guía de análisis/diseño, destinada a identificar y tipificar los elementos y el perfil de operación que integran los mecanismos para la regulación y control del funcionamiento de recursos y soluciones en el tema de la prótesis tumoral de hombro.



**Figura 1.1 Visión Sistémica Transdisciplinaria. Proceso para el Dimensionamiento de los Componentes de una Prótesis Tumoral no Convencional de Hombro (Desarrollo de un Set), Apuntes Teoría General de Sistemas, 2011.**

## 1.2 Marco Metodológico

En este apartado se describen las etapas del desarrollo y diseño del Modelo Sistémico Cibernético. (Figura 1.2)



**Figura 1.2 Fases del Modelo Sistémico Cibernético. Proceso para el Dimensionamiento de los Componentes de una Prótesis Tumoral no Convencional de Hombro, Realización Propia, 2011.**



### 1.2.1 Descripción de las Fases

**Diagnóstico.** En esta fase se describe de manera general la situación que existe en el desarrollo de los implantes para tumores de húmero y su relación con el cuerpo humano, desde su composición, los diferentes tipos de implantes que existen y los materiales que se utilizan para su manufactura.

**Diseño.** En base a la fase anterior se desarrollará el Modelo Sistémico de Excelencia.

**Implantación del Modelo.** En esta fase se aplicarán cada una de las etapas de la Metodología con la finalidad de obtener información que nos ayude a dar solución a nuestro caso de estudio.

**Resultados del Modelo.** Obtención de resultados del Modelo Sistémico Cibernético para lograr la mejora continua en nuestro proceso.



A continuación se muestran las actividades que se desarrollarán en cada una de las etapas antes descritas:

### **Diagnóstico.**

- Sistema Esquelético.
- Características.
- Composición y Movimientos del Miembro Superior.
- Cáncer y Neoplasias.
- Tratamiento de Neoplasias.
- Tipos de Prótesis y Materiales.

### **Diseño.**

- Identificación de Necesidades (Dimensionamiento de los Componentes del Implante para Tumores de Húmero).
- Análisis del Modelo Utilizado para el Desarrollo del Set.
- Viabilidad del Modelo.
- Diseño del Modelo Sistémico Cibernético (Desarrollo del Set de Implantes para Tumores de Húmero).

### **Implantación.**

- Identificación del número de pacientes ingresados al Instituto Nacional de Rehabilitación con problemas en el miembro superior (húmero).
- Clasificación y obtención de muestra de pacientes con tumores en húmero.
- Realización de tomografías de los húmeros de los pacientes.
- Medición de las tomografías por medio de software informático (MIMICS 10.01).
- Obtención de medidas.
- Realización de pruebas estadísticas para la obtención de las dimensiones del set de implantes para tumores de húmero.

### **Resultados.**

- Obtención del set de implantes para tumores de húmero. (PROPUESTA)



# CAPÍTULO II

# DIAGNÓSTICO

# DE LOS

# IMPLANTES

# PAR TUMORES

# DE HÚMERO



## Capítulo II. Diagnóstico de los Implantes para Tumores de Húmero.

### 2.1 Sistema Esquelético

El esqueleto está conformado por huesos y cartílagos, unidos mediante articulaciones que dan soporte al cuerpo y lo mantienen rígido. La proporción de hueso y cartílago en el esqueleto cambia conforme el cuerpo se desarrolla, entre más joven es la persona más cartílago posee. El *hueso* constituye la base del esqueleto y se caracteriza por una matriz calcificada, siendo uno de los tejidos más dinámicos y metabólicamente activos del cuerpo, asimismo tiene la capacidad de regenerarse en el transcurso de la vida [1].

#### 2.1.1 Estructura del esqueleto

El sistema esquelético está dividido en dos partes funcionales, Figura 2.1:

- El esqueleto axial.- compuesto por los huesos de la cabeza (cráneo), cuello (vértebras cervicales), tronco (costillas, esternón y sacro) y huesos planos en general que varían su configuración según la función que desempeñen.
- El esqueleto apendicular.- lo constituyen todos los huesos de los miembros (extremidades), incluidos los que forman la cintura escapular y pélvica [1, 2].

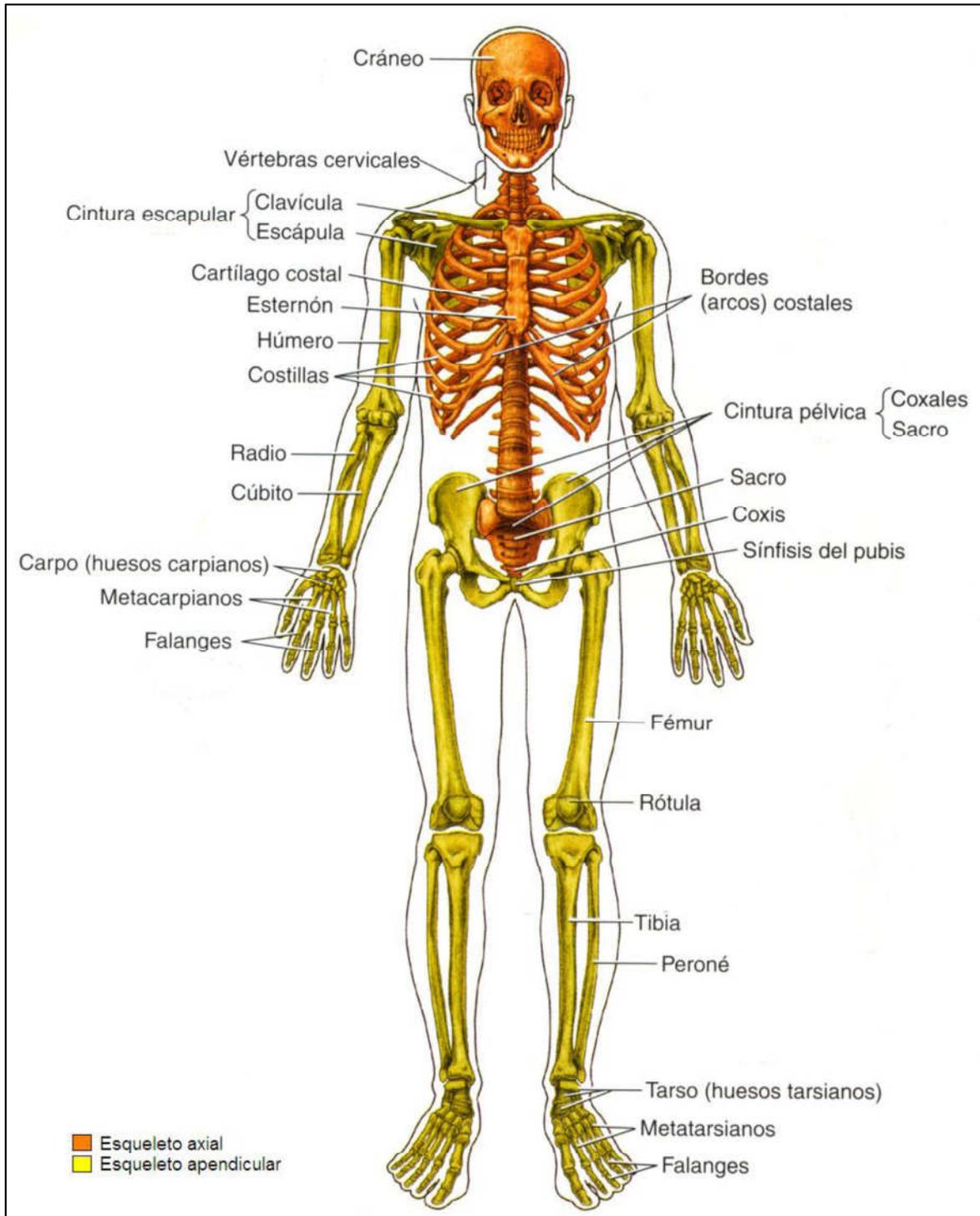


Figura 2.1 Esqueleto axial y apendicular. (Keith L. Moore, Arthur F. Dalley II. Anatomía con Orientación Clínica. Quinta Edición. Editorial Médica Panamericana. México 2008)<sup>1</sup>.



Para poder caracterizar la importancia que tiene el conocer la composición del esqueleto, además de los órganos y sus características. (Ver anexo 2)

## 2.2 Anatomía estructural del Hombro.

### 2.2.1 Húmero.

Es un hueso largo, par y simétrico que forma el esqueleto del brazo; se articula cranealmente con la escápula y distalmente con el cúbito y el radio. Como todo hueso largo, consiste en diáfisis central y dos extremos o epífisis. La epífisis superior (proximal) tiene varias estructuras características: **cabeza, cuello anatómico, troquín y troquiter, corredera bicipital y cuello quirúrgico**. En la diáfisis están la **impresión deltoidea** y el **canal de torsión o radial**. La epífisis distal tiene cuatro prolongaciones: **la epitroclea, epicóndilo, cóndilo humeral y tróclea**, y dos depresiones: **la cavidad oleocraneana y la fosita coronoidea**. (Figuras 2.2 a y b)

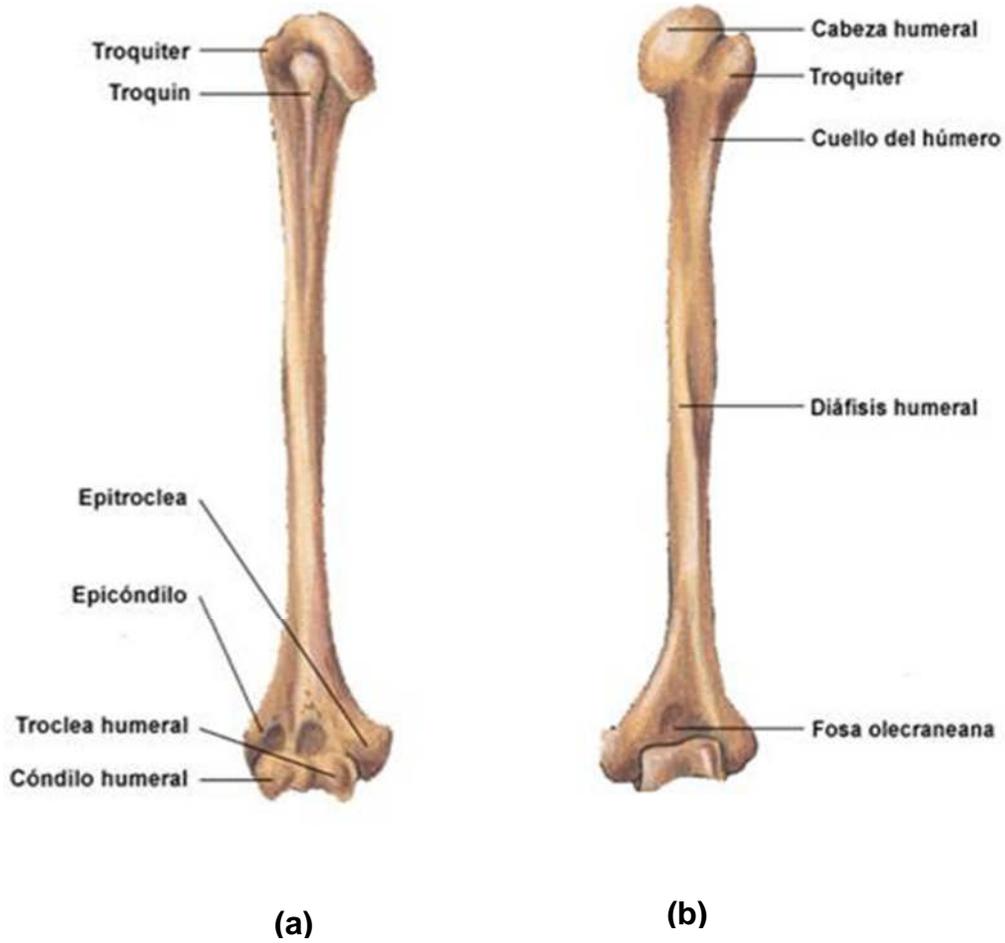
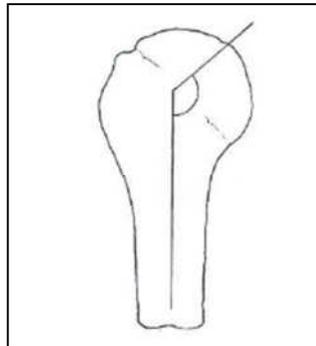


Figura 2.2 (a) Vista anterior del húmero. (b) Vista posterior del húmero. (Sobotta J. Atlas de Anatomía Humana Tomo 1. Vigésima Edición. Editorial Panamericana. Madrid, España 1994)<sup>5</sup>

### 2.2.2 Ángulo de la cabeza humeral.

La cabeza del húmero está orientada hacia arriba, hacia la línea media y hacia adelante (en anteversión) y junto con el eje longitudinal de la diáfisis del mismo hueso forma el ángulo de la cabeza humeral.

Este ángulo se forma por la intersección de la línea que representa el eje diafisario del húmero (Figura 2.3), con la línea que parte desde la mitad de la base de la cabeza, es decir, desde la mitad del cuello anatómico, y llega hasta la parte media de la superficie articular de la cabeza humeral. Esta segunda línea es perpendicular al plano de la base de la cabeza. El valor normal de este ángulo es de 130° a 140°. [13]



**Figura 2.3 Ángulo de la cabeza humeral. (Muñoz GJ. Atlas de Mediciones Radiográficas en Ortopedia y Traumatología. Editorial McGraw-Hill Interamericana. México 1999)<sup>13</sup>**

## 2.3 Fisiología del Hombro.

### 2.3.1 Complejo articular del Hombro

El hombro, articulación proximal del miembro superior, está constituido por la integración de tres huesos: **escápula, húmero y clavícula**, originando tres articulaciones bien diferenciadas, que son la articulación **acromioclavicular**, formada por el **acromion** y la porción externa de la **clavícula**; la articulación **escapulohumeral**, que la forman la **cabeza del húmero** y la **cavidad glenoidea** de la escápula; esta última es ampliada por el rodete glenoideo, que además de dar una mayor superficie a la articulación le confiere una mayor estabilidad; y la articulación **esternocostoclavicular**, la cual está formada por el **extremo proximal de la clavícula** y el **manubrio esternal**. (Figura 2.4)

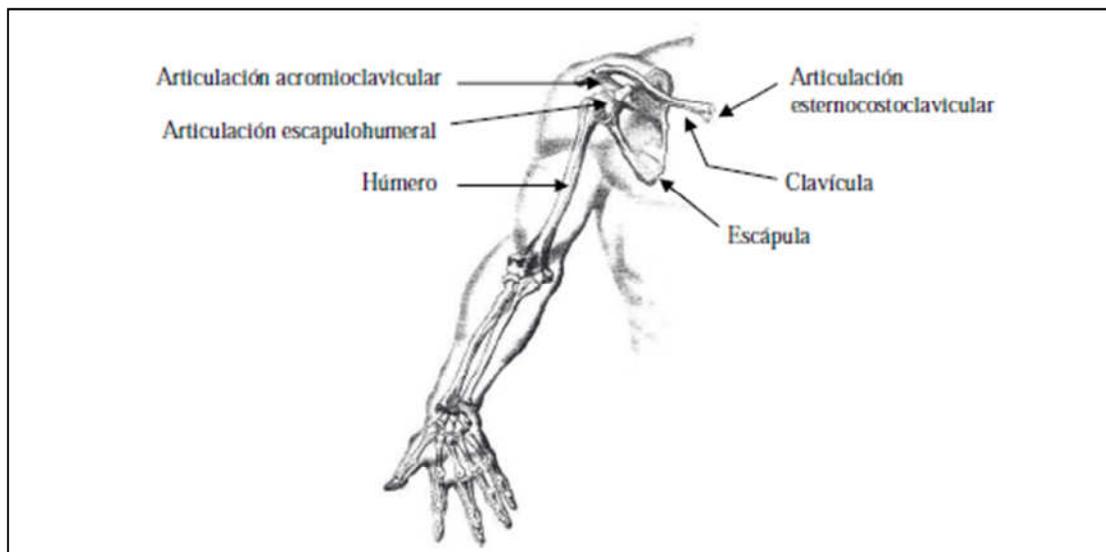
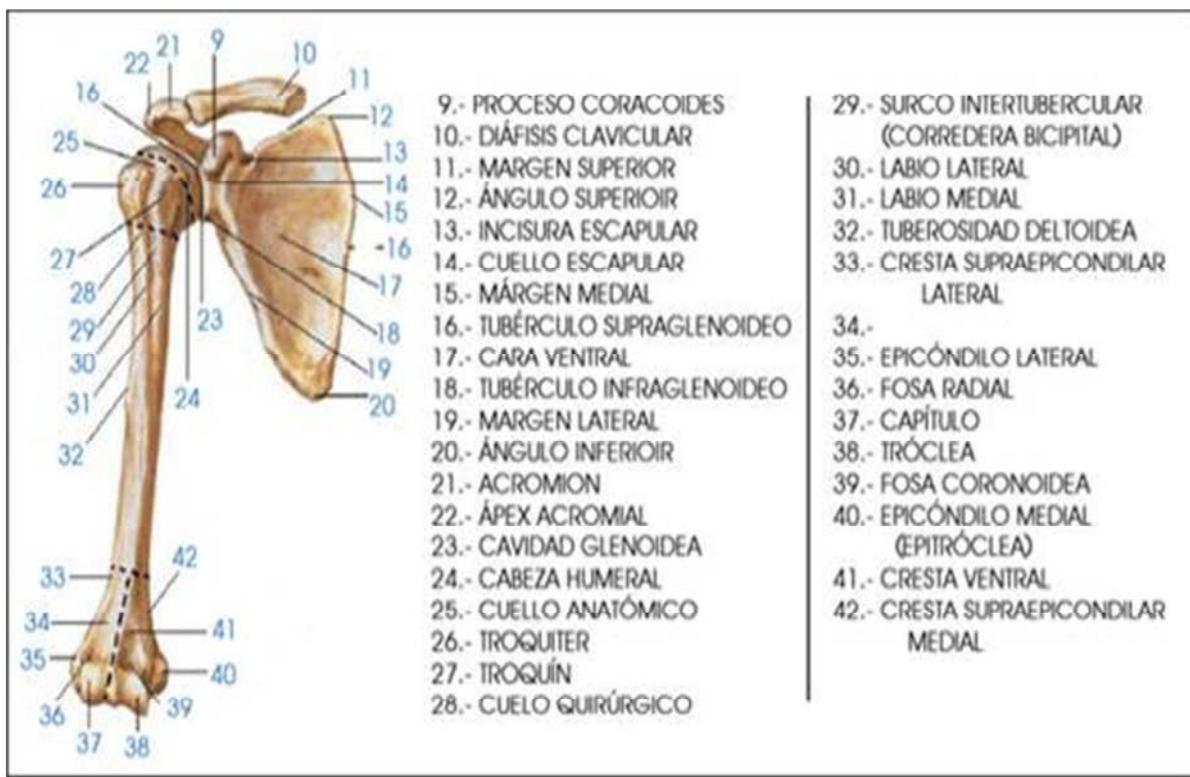


Figura 2.4 Miembro superior. (Fuentes R. Anatomía Humana General. Primera Edición. Editorial Trillas. México 1997)<sup>14</sup>

Además existen cuatro músculos cortos, que procediendo de la escápula se insertan en la cabeza del húmero y proporcionan una gran parte de la movilidad y estabilidad de la articulación. Estos cuatro músculos son el **supra espinoso, infraespinoso, subescapular y redondo menor**. (Figura 2.5)

Se disponen de tal forma que parece que abrazan la articulación, constituyendo el denominado **manguito rotador**. [5, 14]



**Figura 2.5** Visión anterior de la articulación escapulohumeral derecha. (Sobotta J. Atlas de Anatomía Humana Tomo 1. Vigésima Edición. Editorial Panamericana. Madrid, España 1994)<sup>5</sup>



### 2.3.2 Planos y Ejes de movimiento del miembro superior.

El hombro posee tres grados de libertad, lo que le permite orientar el miembro superior en relación a los tres planos del espacio (A) **Plano Sagital**, (B) **Plano Frontal** y (C) **Plano Horizontal** (Figura 2.6 a)) [10], a merced de tres ejes principales (Figura 2.6 b), los cuales son:

- 1) **Eje transversal**, situado en el plano frontal, permite los movimientos de flexión y extensión.
- 2) **Eje anteroposterior**, situado en el plano sagital, permite los movimientos de abducción y aducción.
- 3) **Eje vertical**, determinado por la intersección del plano sagital y del plano frontal, dirige los movimientos de flexión y de extensión realizados en el plano horizontal.

El eje longitudinal del húmero (4) permite la rotación externa/interna del brazo. El miembro superior pende a lo largo del cuerpo, verticalmente, de forma que el eje longitudinal del húmero (4) coincide con el eje vertical (3). En la posición de abducción de  $90^\circ$ , el eje longitudinal (4) coincide con el eje transversal (1). En la posición de flexión de  $90^\circ$ , coincide con el eje anteroposterior (2).

Por lo tanto, el hombro es una articulación con tres ejes principales y tres grados de libertad, pudiendo coincidir el eje longitudinal del húmero con uno de los dos o situarse en cualquier posición intermedia para permitir el movimiento de rotación externa/interna.

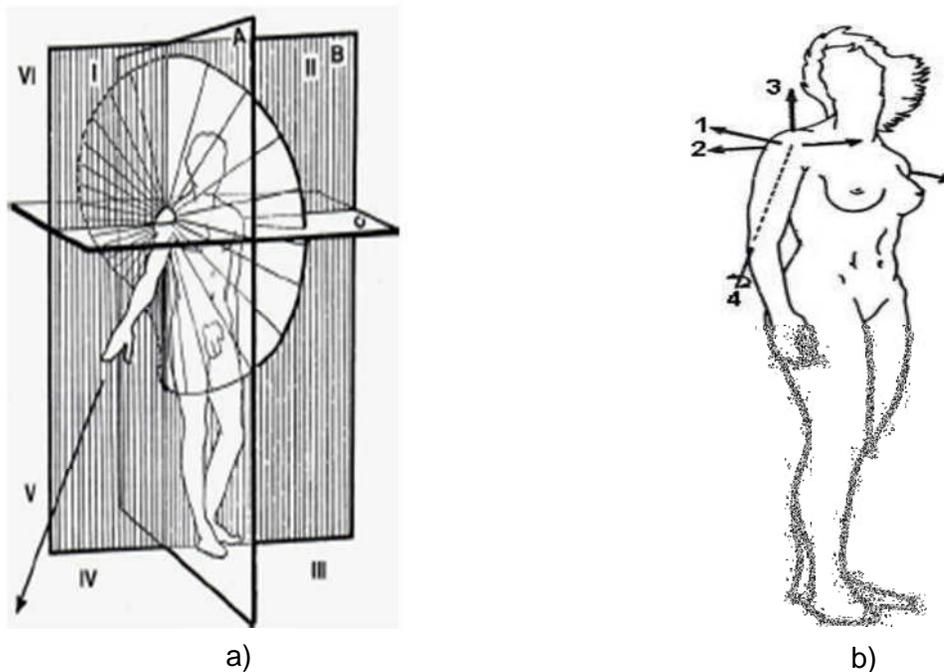


Figura 2.6 (a) Planos del espacio del miembro superior. (b) Ejes de movimiento del húmero. (Kapandji AI. Fisiología Articular Miembro Superior. Quinta Edición. Editorial Panamericana. Madrid, España 2001)<sup>15</sup>

## 2.4. Movimientos del Hombro.

### 2.4.1 Flexión y Extensión.

La **extensión** o **retropulsión** consiste en llevar el miembro superior hacia atrás, alcanzando una amplitud de  $45^{\circ}$  a  $50^{\circ}$ . La **flexión** o **antepulsión**, es un movimiento de gran amplitud  $180^{\circ}$ , consiste en llevar el miembro superior hacia adelante, lo cual se logra con la articulación escapulohumeral de  $0^{\circ}$  a  $90^{\circ}$ .

(Figura 2.7)

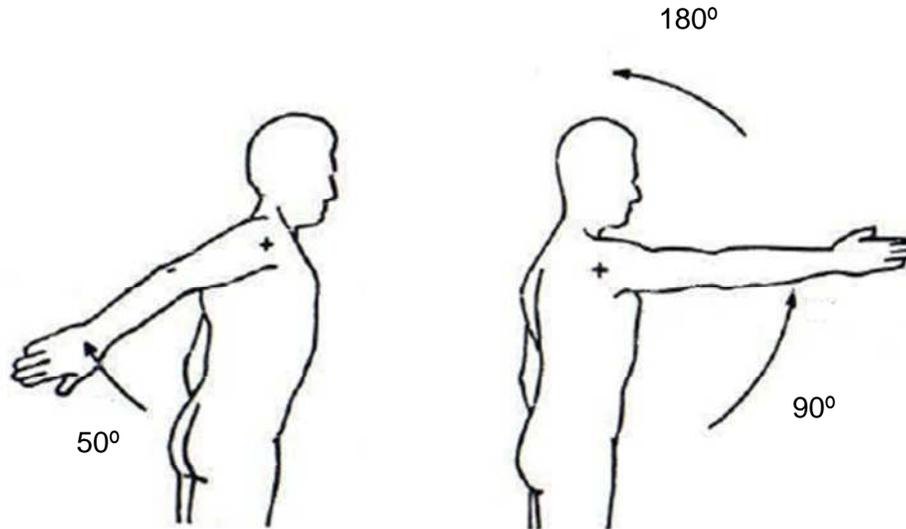
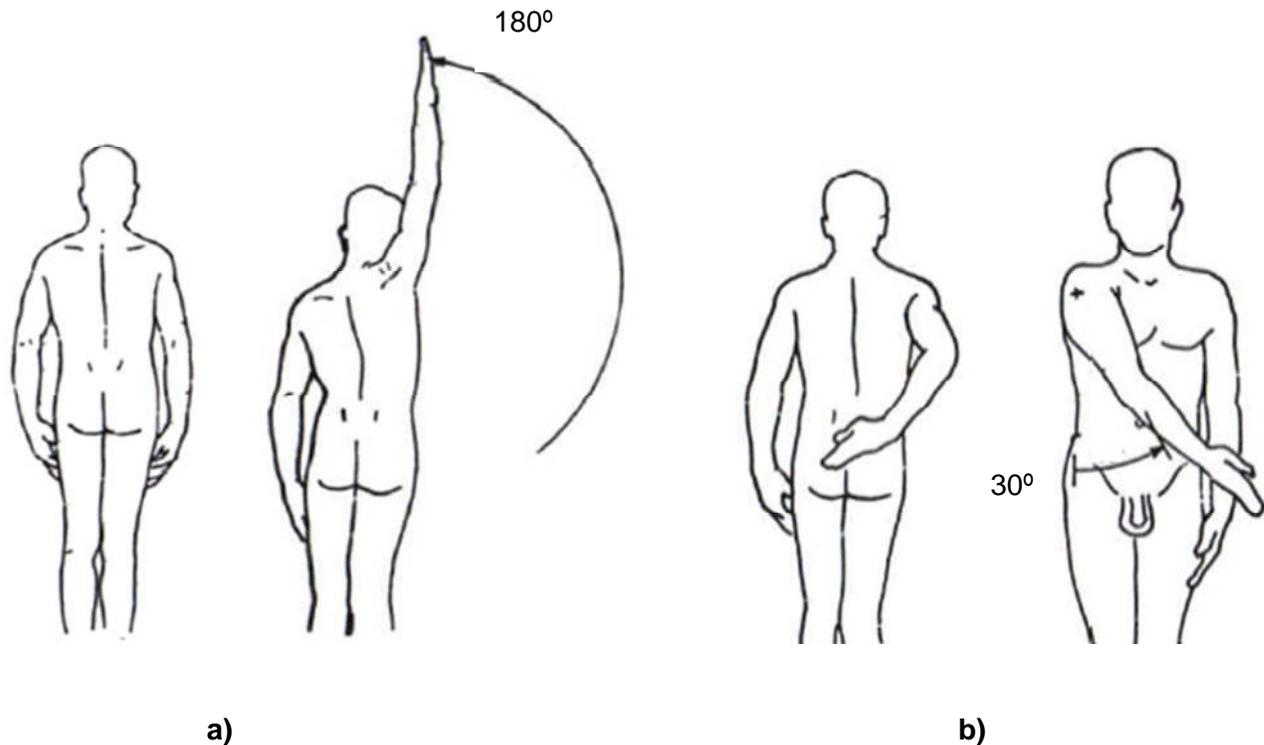


Figura 2.7 Movimientos de flexión y extensión del hombro. (Kapandji Al. Fisiología Articular Miembro Superior. Quinta Edición. Editorial Panamericana. Madrid, España 2001)<sup>15</sup>

#### 2.4.2 Abducción y Aducción.

La **abducción** es el movimiento que aleja el miembro superior del tronco y se eleva hasta 180°; a este movimiento de 0° a 90° se le conoce como abducción y de 90° a 180° como elevación (Figura 2.8 a); los primeros 20° son efectuados por el músculo supraespinoso que fija la cabeza humeral contra la cavidad glenoidea, permitiendo así la acción del músculo deltoides

En la **aducción** el miembro superior se aproxima al plano de simetría y como es mecánicamente imposible debido a la presencia del tórax, solo es posible si va unido a una retropulsión, en la cual la aducción es muy leve o a una antepulsión en la que la aducción alcanza los  $30^\circ$  a  $45^\circ$ . (Figura 2.8 b)

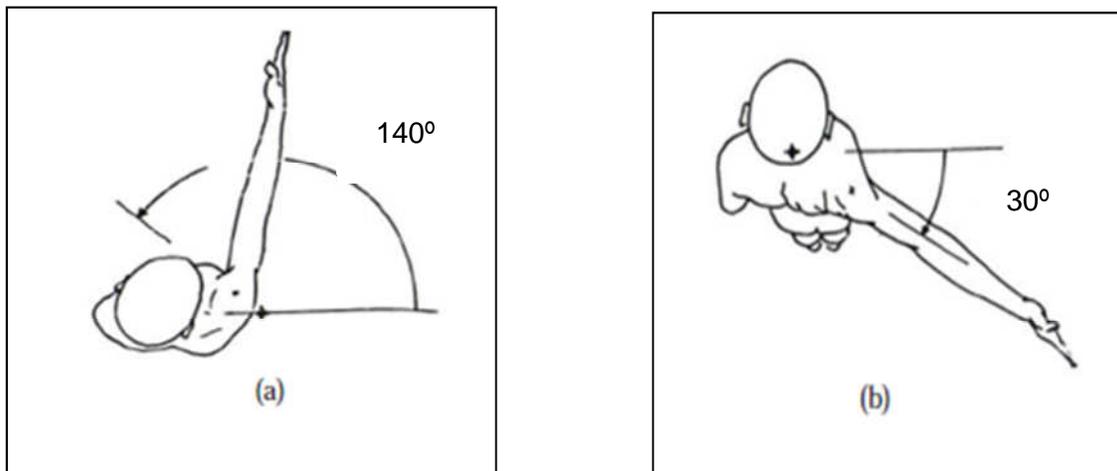


**Figura 2.8 (a) Movimiento de abducción del hombro. (b) Movimiento de aducción del hombro. (Kapandji AI. Fisiología Articular Miembro Superior. Quinta Edición. Editorial Panamericana. Madrid, España 2001)<sup>15</sup>**

#### 2.4.3 Flexión y Extensión horizontal.

La **flexión horizontal** es un movimiento que asocia la flexión y la aducción de  $140^\circ$  de amplitud, activando el músculo deltoides, subescapular, pectoral mayor y menor y el serrato mayor.

La **extensión horizontal** asocia la extensión y la aducción de menor amplitud de  $30^\circ$  a  $40^\circ$ , es realizado por el músculo supraespinoso, infraespinoso, redondo mayor y menor, romboides, trapecio y el dorsal ancho. (Figura 2.9 a y b)



**Figura 2.9 (a) Flexión horizontal del hombro. (b) Extensión horizontal del hombro. (Kapandji AI. Fisiología Articular Miembro Superior. Quinta Edición. Editorial Panamericana. Madrid, España 2001)<sup>15</sup>**

## 2.5 Cáncer.

La salud y la enfermedad son parte integral de la vida, del proceso biológico y de las interacciones medioambientales y sociales. Generalmente, se entiende a la enfermedad como una entidad opuesta a la salud, cuyo *efecto negativo* es consecuencia de una alteración o desarmonización de un sistema a cualquier nivel. [22-23]

El Cáncer es el término que se emplea para un grupo de enfermedades que tienen un denominador común: la transformación de la célula normal en otra que se comporta de forma muy peligrosa para el cuerpo humano. [24]

El origen de esta palabra se remonta a Ambroise Paré (1517), quien refiriéndose al cáncer lo describe así: «cáncer es un tumor duro, desigual, de forma redondeada, inmóvil, de color ceniza y rodeado de muchas venas llenas de sangre, aparentes y tortuosas (como los pies de un pescado llamado cangrejo) y más duro que un flemón o pequeña nuez, el que crece constantemente atormentando al enfermo.



Este tumor ha tomado el nombre de cáncer por similitud con ese animal, que cuando está adherido con sus pies contra alguna cosa, se adhiere con tanta fuerza que apenas se lo puede arrancar, principalmente sus pies de adelante que parecen tenazas y pinzas». [25]

## 2.6 Neoplasias.

Dentro de la gama de Tumores Óseos existe uno llamado “**Neoplasia**”, el cual es una alteración de la proliferación y, muchas veces, de la diferenciación celular, que se manifiesta por la formación de una masa o tumor.

Una neoplasia (llamada también tumor o blastoma) es una masa anormal de tejido, producida por multiplicación de algún tipo de células; esta multiplicación es descoordinada con los mecanismos que controlan la multiplicación celular en el organismo, y los supera.

Además, estos tumores, una vez originados, continúan creciendo aunque dejen de actuar las causas que los provocan. La neoplasia se conoce en general con el nombre de cáncer.

La mayoría de las neoplasias se manifiestan macroscópicamente por una masa localizada, más o menos delimitada, que altera la arquitectura del órgano. Cuando la neoplasia aún no es visible a ojo desnudo, el examen microscópico revela distorsión local de la anatomía microscópica del órgano o tejido afectado.

Las células de la neoplasia son descendientes de células del tejido en que se origina, las que en algún momento expresan una alteración interna mediante la proliferación descontrolada. [17, 18]

## 2.7 Tipos de Neoplasias y sus Características.

Las Neoplasias pueden clasificarse según su evolución, se clasifican en benignas y malignas (Tabla 2.1).

Las neoplasias benignas producen sólo alteración local, generalmente de orden mecánico. En éstas rara vez ocurre la muerte, aunque dependiendo de factores topográficos o funcionales de la neoplasia misma pueden ser letales.

Las neoplasias malignas producen destrucción local, destrucción en sitios alejados y trastornos metabólicos generales. Provocan la muerte si no son tratadas adecuadamente y en el momento oportuno. Las neoplasias malignas reciben en conjunto el nombre de cáncer.

**Tabla 2.1 Características de las neoplasias benignas y malignas.**  
(Pérez R. Principios de Patología. Tercera Edición. Editorial Panamericana. México 1990)<sup>18</sup>

BENIGNAS	MALIGNAS
Encapsuladas	No encapsuladas
Se conservan bien	Frecuentemente necrosis
No invasivas	Invasivas
Bien diferenciadas	Poco diferenciadas
Crecimiento lento	Crecimiento rápido
No producen metástasis	Producen metástasis

La distinción entre tumores benignos y malignos depende de su aspecto (morfología) y, de su comportamiento (evolución clínica); para diferenciarlos se utilizan cuatro criterios:

- ◆ **Diferenciación.**
- ◆ **Velocidad de Crecimiento.**
- ◆ **Infiltración Local.**
- ◆ **Metástasis.**



## 2.8 Neoplasias de Hueso.

### 2.8.1 Principales Neoplasias Óseas.

Los tumores benignos más frecuentes que se originan en el hueso son: **el osteocondroma, el condroblastoma y el tumor de células gigantes**; mientras que los malignos son el **osteosarcoma, condrosarcoma y el sarcoma de Ewing**.

### 2.8.2 Características de las Neoplasias Óseas.

Las Neoplasias originadas en el hueso son poco frecuentes y las metástasis de hueso son aún menos frecuentes. Los sitios primarios más comunes para metástasis ósea en orden descendente de frecuencia son: próstata, mamas, pulmón, riñón, tubo digestivo y tiroides.

Las metástasis pueden ser destructivas (osteolítica) o acompañada de formación reactiva de hueso nuevo (osteoblástica). La etiología de las neoplasias del hueso no se conoce, los tumores óseos pueden presentarse en niños, adolescentes y adultos jóvenes; la zona más afectada es la metafisis de los huesos largos. Los tumores de hueso sugieren una alteración en el crecimiento o maduración del hueso y se originan del tejido inmaduro cerca de la placa epifisaria.

### 2.8.3 Síntomas.

El síntoma principal de los tumores óseos es el dolor intermitente o constante, localizado en la zona en donde se sitúan, pero no siempre esto es así, ya que algunos tumores benignos pueden pasar desapercibidos o descubrirse en exploraciones radiológicas que se realizan por otros motivos. Los tumores malignos son más dolorosos y en su evolución van creciendo hasta llegar a invadir zonas vecinas que rodean el hueso, el cual se debilita y se fractura.

Tanto los tumores benignos como los malignos, si son superficiales o crecen lo suficiente, producen **tumefacción** (aparición de un bulto que se puede ver y palpar), otro síntoma es la **impotencia funcional** (limitación de los movimientos), que se muestra con más intensidad en tumores que se sitúan próximos a las articulaciones.



Cuando se trata de tumores con un alto grado de malignidad, así como en el caso de los metastásicos, se altera el **estado general**, apareciendo fiebre, adelgazamiento, cansancio y pérdida del apetito. Estos síntomas no son exclusivos de los tumores de los huesos y pueden estar relacionados con otras lesiones del esqueleto.

#### 2.8.4 Diagnóstico.

La exploración por **imágenes** es fundamental en el proceso de diagnóstico de los tumores óseos y la radiología convencional, siempre que sea de calidad, permite hacer una buena aproximación diagnóstica. Los exámenes más comúnmente solicitados para el estudio completo de un tumor son:

- **Resonancia Magnética Nuclear.-** es un estudio radiológico que nos permite ver con gran detalle las estructuras alrededor de los huesos como músculos, nervios, arterias, etc.
  
- **Tomografía Axial Computarizada (TAC).-** nos muestra con gran detalle las estructuras óseas, por fuera y por dentro del hueso.
  
- **Gamagrafía Ósea.-** es un estudio que permite observar todo el esqueleto y detectar si existe alguna anomalía en alguno de los huesos.
  
- **Arteriografía.-** en este estudio se inyecta un medio de contraste en la arteria y se toma una radiografía que permite la irrigación del tumor y la relación que guardan los vasos principales con este.



Si después de realizar estos estudios no se tiene un diagnóstico confiable o si se sospecha de malignidad, es necesario realizar una biopsia (muestra de tejido) para su estudio microscópico y obtener un diagnóstico definitivo.

Una vez que se han reunido los datos obtenidos de la historia y exploración de los derivados del diagnóstico, por imagen y del estudio histológico, se procede a la estadificación del tumor en función de su benignidad o malignidad, de su situación intra o extracompartimental y de la existencia o no de metástasis en el caso de que sea maligno.

### **2.8.5 Tratamiento.**

Los métodos de tratamiento de los tumores óseos son la cirugía, la quimioterapia y la radioterapia, pudiéndose combinar algunas veces los tres métodos, dependiendo del tipo de tumor y las necesidades del paciente.

Los importantes avances que se han producido en el campo de la cirugía oncológica, el advenimiento de tratamientos quimioterapéuticos más eficaces, junto al desarrollo de los bancos de hueso y el uso de prótesis, han permitido el desarrollo de la cirugía reconstructiva tumoral (cirugía conservadora de los miembros), siendo cada vez menor el número de amputaciones que se realizan. Esto es posible a partir de la utilización de la quimioterapia preoperatoria o neoadyuvante, la cual ha demostrado su eficacia tanto para el control del tumor primario (reducción de su tamaño), como para evitar la aparición de metástasis. [17- 21]

### **2.9 Cirugía.**

Los tumores benignos no siempre necesitan ser extirpados y algunos pueden desaparecer con el tiempo, manteniendo una vigilancia en ellos. Su extirpación está indicada cuando producen dolores, deformidades o en los casos de existir riesgo de malignidad.



Los tumores malignos de los huesos, a pesar de su gravedad, tienen la posibilidad de la “**Cirugía conservadora**”, siendo cada vez menor el número de amputaciones.

Lo primero es la extirpación del tumor, que implica hacerlo con márgenes quirúrgicos de seguridad para evitar recidiva futura, resecaando cinco centímetros a partir de donde se encuentra el tumor. Todo depende de que tan afectada este la zona en donde se encuentra el tumor y que otros órganos haya contaminado.

Otras veces hay que extender estos márgenes (resección radical), extirpando la totalidad del compartimiento en donde se asienta el tumor. Posteriormente se procede a la reconstrucción del defecto óseo creado, para lo cual se tienen varias posibilidades técnicas.

La elección de la técnica de reconstrucción deberá ser tomada según las características histológicas y extensión del tumor, según la edad y requerimientos funcionales del paciente. Por lo que no existe una alternativa única de tratamiento para el mismo tumor.

De manera particular, la reconstrucción del húmero proximal es particularmente compleja debido a la necesaria resección de tejidos blandos periarticulares. La inestabilidad y el déficit funcional son por lo tanto dificultades habituales, lo que ocasiona que el resultado funcional obtenido de la articulación comprometida sea incierto. [14- 16]

Los cirujanos ortopedistas del INR, actualmente se basan en un sistema de clasificación en la resección del hombro, propuesta por Malawer, así mismo, realizan la técnica correspondiente. (Figura 2.10)

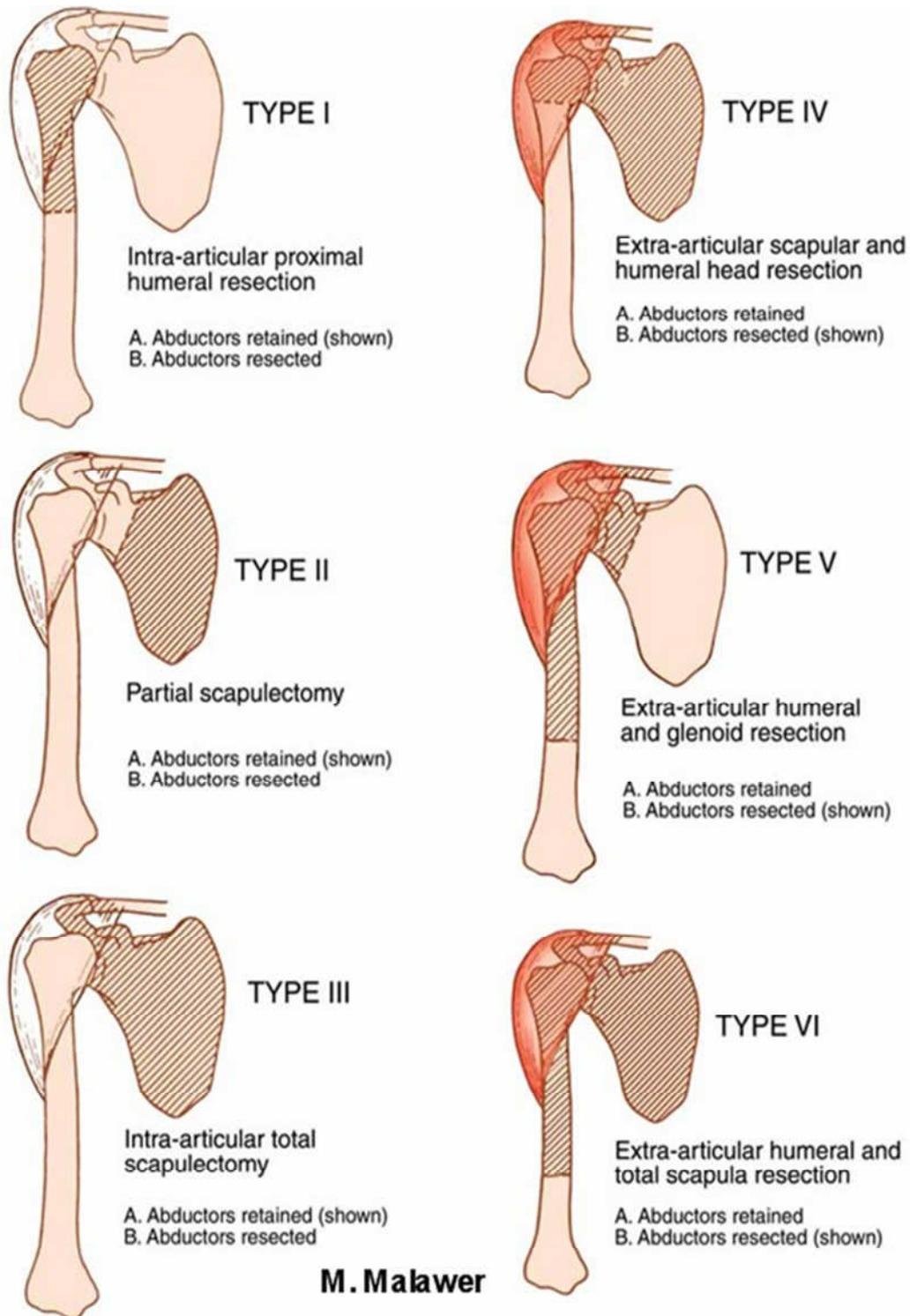


Figura 2.10 Springfield MD. The Ortopedhic clinics of north America Malawer M. Tumors of the shoulder girdle: technique of resection and description of the surgical classification system. Orthop Clin North Am 1991; 22: 7-35



Esta cirugía permite que los pacientes tengan una aceptable calidad de vida, aliviando los dolores y mejorando notablemente la actividad funcional de la extremidad afectada.

Tras cualquier pos cirugía de hombro, es importante establecer un periodo de rehabilitación, que deberá llevarse a cabo tanto en el hospital como en el domicilio, bajo control del especialista correspondiente.

Por otra parte es indispensable una revisión periódica a lo largo de toda la vida en aquellos pacientes que presentaron tumores óseos malignos. Esta revisión se hará en tiempos cortos durante los primeros cinco años, ´posteriormente al menos una vez al año, siempre y cuando no haya síntomas o signos de recidiva. [14-16]

## 2.10 Técnicas de Reconstrucción Ósea en el Miembro Superior.

Los injertos óseos se usan prácticamente en la **cirugía ortopédica reconstructiva y tratamiento de fracturas**, además de complejas técnicas de salvamento de extremidades en **cirugía tumoral**. Tienen una doble función: **mecánica y biológica**.

En la interface **injerto óseo – huésped** existe una compleja relación, donde múltiples factores pueden intervenir en la correcta incorporación del injerto, como son: **zona de implantación, vascularización del injerto, la inmunogenética entre el donante y el huésped, las técnicas de conservación, el uso de medicamentos suministrados, etc.** [14, 16- 21]

### 2.10.1 Injertos Óseos.

Los Injertos Óseos son aquellos materiales de origen biológico que se utilizan para promover una respuesta basada en alguna de las propiedades osteogénica, osteoinductora y osteoconductora, que caracterizan al tejido óseo.

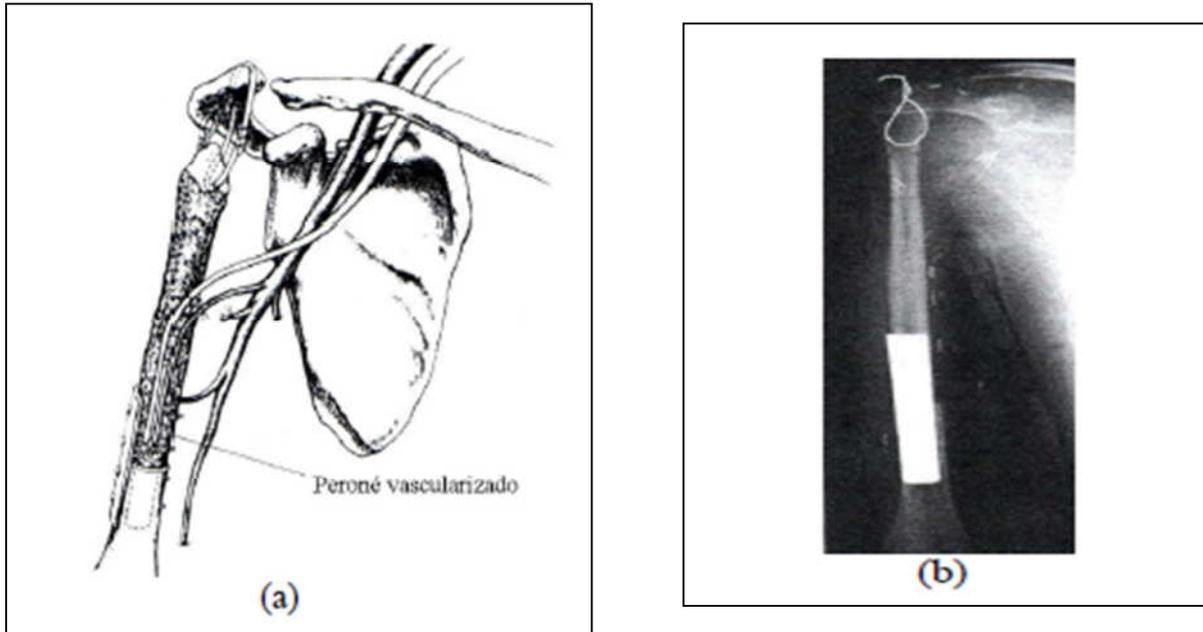
- Un material osteogénico se puede definir como aquel que contiene células vivas capaces de diferenciarse en hueso.
- Los materiales osteoinductivos proporcionan el estímulo biológico que induce a las células a diferenciarse en una línea celular osteoblástica.
- La osteoconducción es una propiedad de los materiales que permiten el crecimiento en aposición del tejido óseo.

Atendiendo a su origen en primer lugar los injertos óseos se pueden clasificar como:

- a. **Autoinjertos.** Son injertos extraídos del propio paciente. En esta categoría podemos incluir la utilización de médula ósea (del propio individuo), las células osteogénicas procesadas, el hueso esponjoso o cortical autólogo o los injertos del hueso vascularizado procedentes del mismo individuo.

Los Autoinjertos tienen posibilidades limitadas de utilización en forma de grandes segmentos óseos. Por ejemplo: el peroné diafisario y corticales de tibia o injertos del hueso iliaco como zonas donantes, sin causar secuelas importantes. Tienen el inconveniente de su limitada disponibilidad y la morbilidad de la propia extracción, además el excesivo tiempo quirúrgico que debe añadirse a la propia resección y reconstrucción, que son intervenciones de larga duración.

Las ventajas del autoinjerto es que no se tiene riesgo de transmisión de enfermedades infecto-contagiosas, además de tener la integración más alta con respecto a cualquier otro injerto. (Figura 2.11)

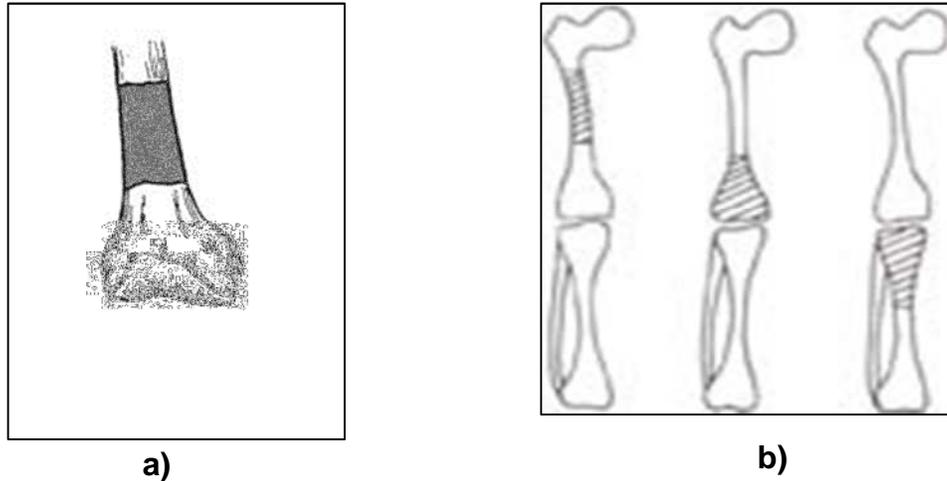


**Figura 2.11 (a) Diagrama del procedimiento de autoinjerto de peroné vascularizado. (b) Radiografía tras la colocación de un autoinjerto de peroné vascularizado. (Wada T, Usui M, Isu K, Yamawakii S, Ishii S. Reconstruction and limb salvage after resection for malignant bone tumour of the proximal humerus. J Bone Joint Surg Br. 1999 Sep; 81(5):808-13)<sup>20</sup>**

- b. **Aloinjertos.** Son injertos óseos conservados por congelación y extraídos de otros individuos de la misma especie.

Existen dos formas de Aloinjertos estructurales:

- ✓ Los **intercalares** que son utilizados para la reconstrucción de grandes segmentos óseos a nivel de los huesos largos en zonas diafisarias o metafisarias, sin afectación de la superficie articular.
- ✓ Los **osteoarticulares** que se utilizan para la reconstrucción de un segmento de hueso largo, incluyendo la superficie articular. (Figura 2.12)



**Figura 2.12 (a) Aloinjerto intercalar. (b) Aloinjerto osteoarticular. (Sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología. <http://www.pulso.com/secot/13.htm>)<sup>14</sup>**

El Aloinjerto ofrece las ventajas de recuperar la longitud de la sección reseca, permite la reinserción muscular y puede reemplazar la superficie articular además evita la amputación. (Figura 2.13) Presenta complicaciones derivadas del injerto como fractura tardía en el 36 % de los casos, infección postoperatoria (10 al 15 % de los casos), no unión (28 % de los casos), y complicaciones a nivel articular como necrosis avascular y colapso articular (del 20 al 50 %) de los casos. [16, 17, 19]



**Figura 2.13 Radiografía tomada a un paciente donde se utilizó un injerto osteoarticular. (O'Connor MI, Sim FH, Chao EY. Limb salvage for neoplasms of the shoulder girdle. J Bone Joint Surg Am. 1996 Dec; 78 (12):1872- 88)<sup>22</sup>**

- c. Xenoinjertos.** Los cuales proceden de otra especie diferente. Como el hueso de Kiel (hueso bovino desengrasado y desnaturalizado) o el colágeno de origen bovino en diferentes presentaciones (polvo, esponja, malla, fieltro).

La principal desventaja que tiene este tipo de injerto es el elevado costo que representa para el paciente. Su utilización varía de acuerdo a su presentación, para ayudar a tener una mayor consolidación ósea entre la unión de dos huesos se utiliza el injerto en forma de polvo colocándolo entre la unión de los dos huesos.



## 2.11 Prótesis de Reconstrucción.

Las prótesis son dispositivos encaminados a la sustitución de los componentes articulares dañados con el objetivo de conseguir una articulación útil, estable e indolora.

La **prótesis** es una extensión artificial que reemplaza o provee una parte del cuerpo que falta por diversas razones. El principal objetivo de una prótesis es sustituir una parte del cuerpo que haya sido perdida por una amputación.

Habitualmente se utilizan las prótesis modulares que permiten combinar diferentes tamaños de cabezas humerales con vástagos humerales de longitud y diámetro variable.

Las ventajas de este tipo de prótesis radican en que al aumentar el número de posibilidades de combinar cabeza y vástago, permite conseguir una mejor adaptación del implante a la anatomía del paciente, que se logra teniendo mayor adaptabilidad entre la cabeza y el vástago.

Las desventajas son disminución de la movilidad e inestabilidad, ya que deben de existir algunos grados de separación entre el vástago humeral y la cabeza, por otra parte su costo es más elevado. [16, 17, 22- 29]

Estos tipos de prótesis están indicadas cuando los pacientes presentan:

- ✚ **Disminución permanente y dolorosa del movimiento de una articulación.**
- ✚ **Cuando una articulación ha sido destruida irrevocablemente por una fractura grave en la que los procesos normales de reparación fallan o son imposibles.**



- ✚ Cuando los huesos de una articulación han sido muy destruidos por un proceso degenerativo.
- ✚ Cuando es necesario extraer una articulación a parte de ella debido a un tumor óseo.

En el caso de que el paciente presente gran destrucción ósea producto de lesiones tumorales (benignas agresivas y malignas de bajo y alto grado), en la que es factible la resección con márgenes sanos o por fractura, existen las **prótesis no convencionales de hombro** ya sean bloqueadas, cementadas o a presión (*press-fit*) según sea el diseño.

Las prótesis bloqueadas tienen la ventaja de facilitar el recambio protésico cuando sea necesario, mientras que las de fijación cementada son las que más se utilizan cuando hay riesgo de hundimiento óseo.

El criterio de selección de cualquier prótesis tumoral de hombro no convencional depende del cirujano, la edad del paciente, la actividad, la calidad de hueso, así como del nivel socioeconómico del paciente, ya que este tipo de prótesis se manufactura a la medida de cada paciente, lo cual eleva el costo de la misma. (Figura 2.14)



**Figura 2.14 Prótesis no convencional de hombro cementada. (Kumar D, Grimer RJ, Abudu A, Carter SR, Tillman RM. Endoprosthetic replacement of the proximal humerus. Long-term results. J Bone Joint Surg Br. 2003 Jul; 85(5):717-22.)<sup>24</sup>**

Las complicaciones más habituales que presentan este tipo de prótesis son:

- ❖ **Líneas Radiotransparentes:** aparecen con mayor frecuencia en la carilla cementada y suelen interpretarse como defectos técnicos de la cementación. En general, es una línea que se extiende longitudinalmente en la carilla cementada de más de 2 mm de ancho se acepta como evidencia radiográfica de aflojamiento del implante, sobre todo si ha progresado con el tiempo.
- ❖ **Aflojamiento:** se considera que se produce como resultado de una carga excéntrica con excesiva liberación de residuos (en el caso de que se tenga un componente de polietileno) y reabsorción ósea.

Además de las complicaciones antes mencionadas, se presentan otras que no se deben de perder de vista, estas son: **Inestabilidad, Fracturas e Infecciones.**

A pesar de que las prótesis tumorales no convencionales presentan algunas complicaciones como todos los tipos de reconstrucción ósea en la región del hombro, su utilización en nuestro país es de gran importancia, ya que ante la carencia de material que presenta el único banco de hueso que existe actualmente en el mismo, este tipo de reconstrucción ósea se ha vuelto en uno de los métodos más utilizados en México.

## 2.12 Espaciador Modular.

La reconstrucción con un espaciador modular está indicada en casos de resección húmero escapular. Permite estabilizar la extremidad a la pared costal o porción residual de la escápula. Aunque la funcionalidad es precaria, tal reconstrucción proporciona un punto de apoyo estable para la función del codo y la mano, además evita la tracción neurovascular de la extremidad flotante. (Figura 2.15)

Dentro las series publicadas, los principales problemas presentados por este tipo de reconstrucción incluían subluxación y pérdida de hueso, producto de la disminución del estímulo mecánico, conocido como *stress-shielding*, en la cercanía de la región espaciador-hueso. [16, 20, 22, 30, 31]



**Figura 2.15 Espaciador modular. (O'Connor MI, Sim FH, Chao EY. Limb salvage for neoplasms of the shoulder girdle. J Bone Joint Surg Am. 1996 Dec; 78(12):1872-88)<sup>22</sup>**

### 2.13 Alo-prótesis.

La utilización de un Aloinjerto intercalar asociado a una prótesis parcial ofrece la ventaja de una re inserción de partes blandas, disminución de fracturas del injerto, eliminación del riesgo de fractura y colapso de la cabeza humeral. La prótesis se puede fijar al Aloinjerto con cemento o con técnicas a presión (*press fit*).

Una prótesis de vástago largo asociado a un injerto libre de peroné abierto a modo de *sándwich*, más injerto esponjoso de cresta iliaca, ha sido reportada dentro de la literatura dando buenos resultados postoperatorios.

En esta técnica de reconstrucción la fijación al sitio de osteosíntesis puede ser realizada con una placa o a través del vástago protésico. Está especialmente indicada cuando se requiere de una gran longitud de resección. (Figura 2.16)



**Figura 2.16 Radiografía que muestra la utilización de una Alo-prótesis en la región del hombro. (O'Connor MI, Sim FH, Chao EY. Limb salvage for neoplasms of the shoulder girdle. J Bone Joint Surg Am. 1996 Dec; 78(12):1872-88)<sup>22</sup>**

## 2.14 Artrodesis. <sup>16, 22, 31</sup>

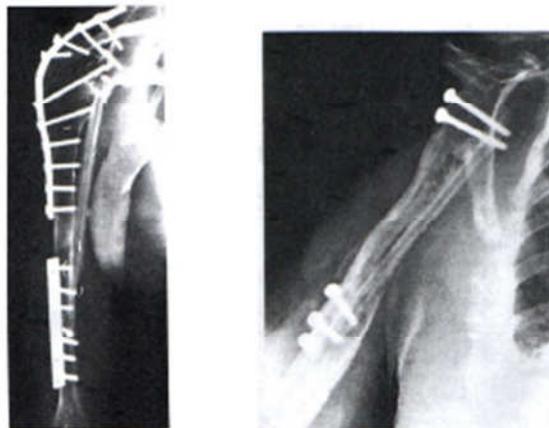
La artrodesis del hombro puede ser indicada en casos que se tenga dolor e inestabilidad, donde el reemplazo protésico no es apropiado. Las técnicas de artrodesis de hombro caen dentro de tres principales grupos: **extra-articular**, la cual requiere de soporte externo; **intra-articular**, que emplea un soporte externo; **intra-articular**, que usa un soporte interno.

A pesar de que la artrodesis compromete la función, el paciente evoluciona sin dolor y una vez consolidada, raramente requiere de otra intervención.

Desde el punto de vista de la técnica quirúrgica, puede emplearse un Aloinjerto y/o Autoinjerto (peroné). En resecciones mayores a 10 cm, el alojamiento intercalar puede complementarse con un autoinjerto de peroné vascularizado. La cobertura del injerto por un colgajo muscular, favorece la consolidación.

La posición de la artrodesis recomendada es de 20° a 30° de abducción, 20° a 30° de flexión anterior y 40° de rotación interna. Es importante asegurar que el paciente tenga la capacidad de alcanzar su cara después de la cirugía.

Las técnicas de fijación interna en el sitio de la artrodesis varían de acuerdo al procedimiento, estas van desde la utilización de tornillos, placas o ambas, hasta la utilización de implantes metálicos hechos a la medida. (Figura 2.17)



**Figura 2.17 Técnicas de fijación utilizadas en la artrodesis de hombro.**  
(O'Connor MI, Sim FH, Chao EY. Limb salvage for neoplasms of the shoulder girdle. J Bone Joint Surg Am. 1996 Dec; 78(12):1872-88)<sup>22</sup>



Las principales desventajas que se presentan con esta técnica de reconstrucción son la infección, la no unión y la fractura del injerto debido a los elevados esfuerzos a los cuales es sometido.

## **2.15 Materiales utilizados en la Fabricación de las Prótesis.**

### **2.15.1 Titanio y sus Aleaciones.**

Se empezaron a utilizar en la cirugía ortopédica en los años sesenta como material quirúrgico. Las experiencias de implante de titanio en el hueso de animales de experimentación demostraron que su biocompatibilidad era similar al acero inoxidable y el vitalio (marca registrada de una aleación de cobalto, cromo y molibdeno). Pero sin embargo tiene una menor densidad y buenas propiedades mecánicas y electroquímicas.

La aleación más usada es la Ti-6Al-4V que se utiliza en la fabricación de componentes protésicos. El módulo elástico del titanio y sus aleaciones es aproximadamente la mitad que la de los aceros inoxidables y de las aleaciones de Cr-Co-Mo, sin embargo, su ductilidad es menor, así como su resistencia al esfuerzo cortante y al desgaste.

El problema que han presentado las prótesis articulares de titanio ha sido la aparición de corrosión, en los casos que se han asociado los vástagos de titanio con cabezas articulares de acero, debido a las reacciones físico-químicas a que dan lugar el contacto de dos materiales metálicos diferentes.

Esto ha hecho que se tengan que asociar otros materiales no metálicos a los vástagos de titanio, como son las cabezas de cerámica, constituidas por óxido de aluminio o bien asociar vástagos de acero en combinación con cabezas protésicas de acero inoxidable.



# CAPÍTULO III

# DISEÑO DEL

# MODELO

# SISTÉMICO

# CIBERNÉTICO

### **Capítulo III. Diseño del Modelo Sistémico Cibernético**

La identificación de las necesidades es un proceso que consistió en saber la situación actual de los problemas que existen en el Instituto Nacional de Rehabilitación, específicamente en el Servicio de Tumores Óseos, donde se diseñó y desarrolló un implante para tumores de húmero.

#### **3.1 Identificación de Necesidades**

##### **3.1.1 Entorno Interno**

En el Instituto Nacional de Rehabilitación ingresan pacientes con diferentes tipos de enfermedades, dentro de estas están los tumores, teniendo un grado de incidencia mayor los tumores de rodilla (primer lugar), le sigue los tumores de cadera (segundo lugar) y tumores de húmero (tercer lugar).

El hombro al ser la articulación más móvil y, además estar rodeada de músculos de poco volumen, es la más vulnerable, por lo que cualquier traumatismo puede generar una lesión importante.

Algunos padecimientos son predominantes en el hombre, por ejemplo, la luxación de hombro es más frecuente en el varón por actividades deportivas o de trabajo, en cambio, en la mujer, generalmente, por los problemas de osteopenia y osteoporosis, son más frecuentes las fracturas del humero. [12]

En el Instituto Nacional de Rehabilitación, en el periodo comprendido de 2005-2010, se registraron 338 pacientes con padecimientos de salud en el hombro, de los cuáles 209 pacientes (61%) fueron hombres y 129 pacientes (39%) fueron mujeres, tuvieron problemas en el hombro derecho 146 pacientes, 152 pacientes en el hombro izquierdo y 40 pacientes no se sabe en qué hombro tiene problemas (para estos casos se necesitará cotejar con base de datos del INR).

La reconstrucción del húmero proximal es particularmente compleja debido a la necesaria resección de tejidos blandos periarticulares. La inestabilidad y el déficit funcional son por lo tanto dificultades habituales. Por consiguiente el resultado funcional obtenido de la articulación comprometida es incierto y constituye parte del objetivo terapéutico.



Así también el control local de la enfermedad con conservación funcional del segmento no comprometido es el propósito de la reconstrucción. [13]

Actualmente, en vista de los buenos resultados obtenidos con diversos protocolos de quimioterapia y radioterapia, y de acuerdo a las características de la lesión, la **“Cirugía conservadora”** de la extremidad torácica (clavícula, húmero, articulación del codo) es posible, por lo que la reconstrucción puede realizarse con diversos métodos como son: **injertos óseos autólogos, homólogos o de cadáver; injertos autólogos de peroné microvascularizados o libres**; así como la **sustitución protésica no convencional**. [13- 16]

Los injertos óseos se usan prácticamente en la cirugía ortopédica reconstructiva, en el tratamiento de fracturas y en complejas técnicas de salvamento de extremidades en cirugía tumoral. En la interface injerto óseo-huésped existe una compleja relación donde múltiples factores pueden intervenir en la correcta incorporación del injerto, como son: zona de implantación, vascularización del injerto, la inmunogenética entre el donante y el huésped, las técnicas de conservación y el uso del medicamento suministrado.

Por lo anterior, y ante la carencia de un banco de hueso en el país, el reemplazo protésico del extremo proximal del húmero surge como una buena alternativa.

Por ello, en el Instituto Nacional de Rehabilitación en el área de tumores óseos, el Dr. Genaro Rico Martínez (Jefe del Departamento de Tumores Óseos) diseñó una prótesis tumoral no convencional de hombro con el propósito de salvar la extremidad afectada, evitando su amputación, y proporcionando una mejor calidad de vida al mantener una extremidad funcional.

La reconstrucción con una prótesis modular está indicada en casos de resección húmero escapula, siendo capaz de reconstruir hasta el tercio distal del húmero. Permitiendo estabilizar la extremidad a la pared costal o porción residual de la escápula. Aunque la funcionalidad es precaria, tal reconstrucción proporciona un punto de apoyo estable para la función del codo y la mano.



Para ello, actualmente se emplea una endoprótesis, la cual suple la zona afectada por el tumor, conserva la extremidad y restituye la función del codo y la mano. Las variaciones, en su longitud total van desde 130 mm hasta 150 mm. El vástago de la prótesis se inserta en el canal medular del húmero y se bloquea mediante dos pernos en la parte distal para mantenerla en su lugar, evitando así la rotación y/o el hundimiento de la misma en el hueso. (Figura 3.1)

El problema que presenta este implante es que en repetidas ocasiones se llegan a solicitar las prótesis sin que exista un control en el dimensionamiento, dando como resultado una mala colocación del implante, debido a una resección mal calculada; por situaciones imprevistas derivando a una fijación excesivamente rígida o una mala fijación, que a la larga provoca el aflojamiento del implante, ambas situaciones alteran la vida útil del implante.

Sabiendo esto se pretende obtener parámetros que sirvan para el dimensionamiento de los componentes para el desarrollo de un set de implantes para tumores de humero. El cual cuente con un implante modular con distintas piezas y dimensiones, las cuales sean capaces de reconstruir hasta el tercio distal del húmero, además permitirá resolver resecciones mal calculadas o situaciones imprevistas dentro del quirófano. Así también se adaptara para cualquier tamaño de húmero. (Cabe mencionar que el tamaño de húmero al que nos referimos, para este trabajo de tesis es con referencia a los casos reportados en el INR)

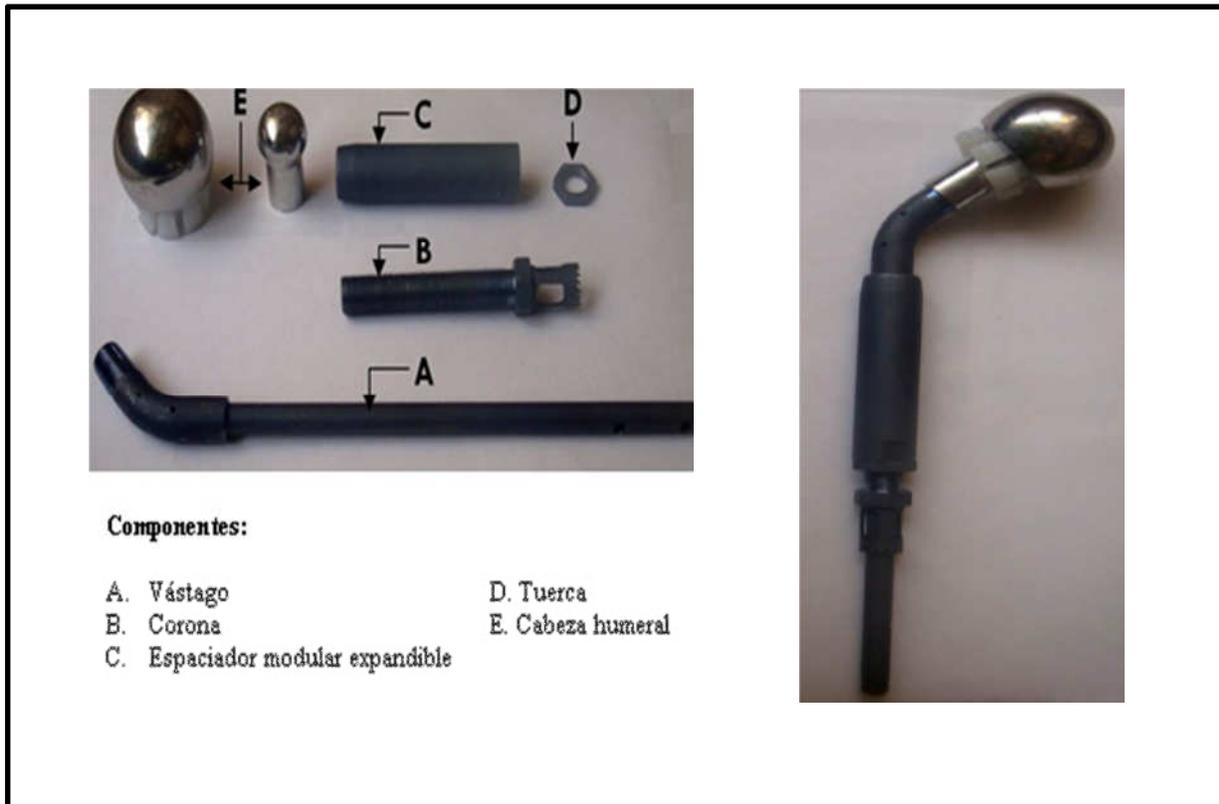


Figura 3.1 Implante diseñado por el Dr. Genaro Rico Martínez (Jefe del Departamento de Tumores Óseos) Propuesta INR.

### 3.1.2 Proceso Interno

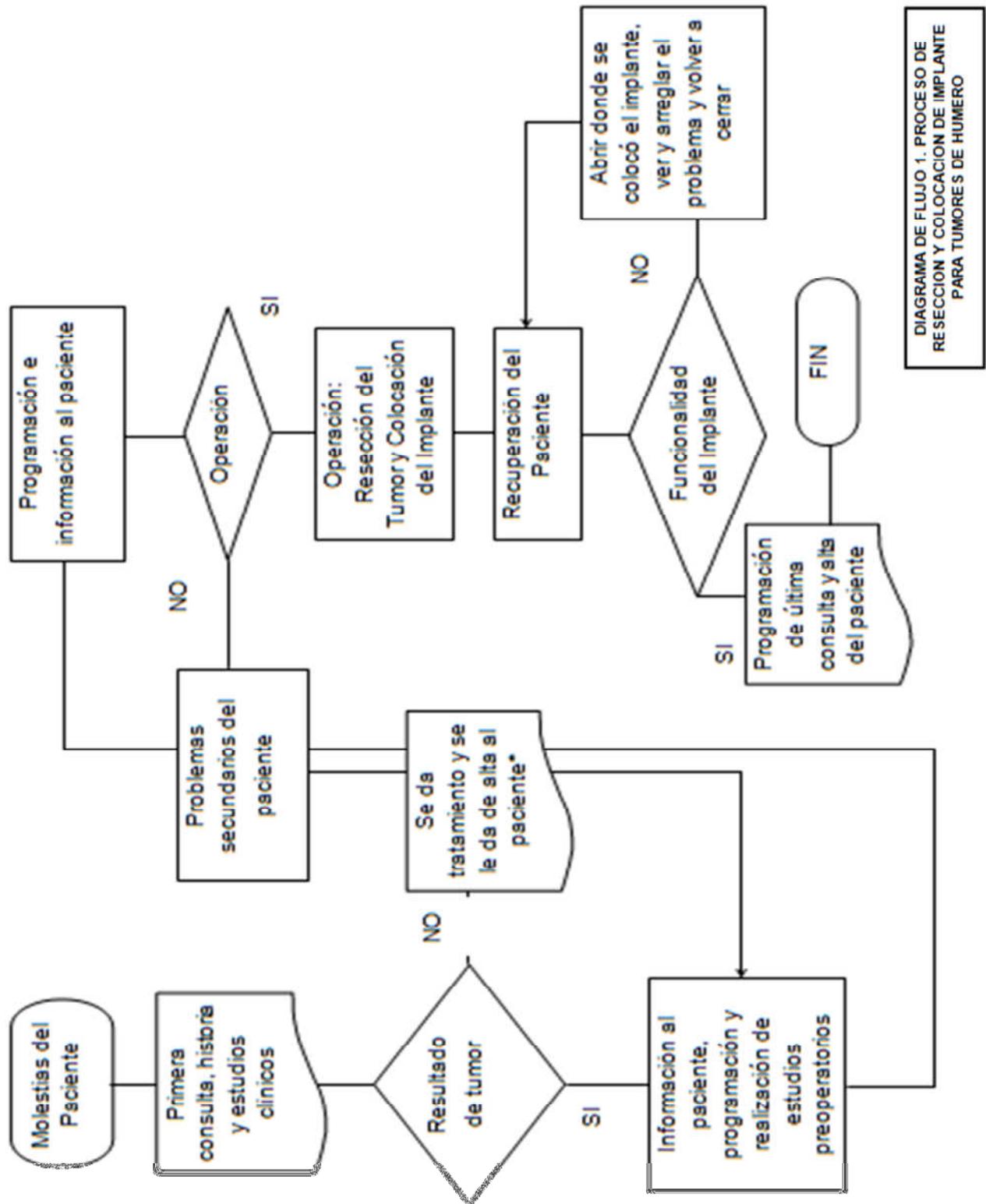


DIAGRAMA DE FLUJO 1. PROCESO DE RESECCION Y COLOCACION DE IMPLANTE PARA TUMORES DE HUMERO



### **3.1.3 Entorno Externo**

#### **3.1.3.1 Clientes**

Los clientes del Instituto Nacional de Rehabilitación (INR) y por los cuales el Departamento de Tumores Óseos ha desarrollado el implante para tumores de húmero son las personas que ingresan al INR por problemas de salud y que en el expediente clínico se le diagnostica con algún tumor en el húmero.

#### **3.1.3.2 Proveedores**

Por un lado se tienen talleres especializados que realizan la fabricación o manufactura de las prótesis, los cuales deben de estar certificados para poder desarrollar los mismos y por otro lado se tienen empresas que venden materias primas para llevar a cabo la manufactura de las prótesis.

En resumen se tiene que, el INR es una institución de salud que brinda un servicio a la población mexicana que no cuenta con el mismo, es por esto que los tumores que se tratan son específicos. Además se cuenta con Departamentos de Investigación y Desarrollo donde se realizan estudios para la mejora de los diseños y rediseños de las prótesis.

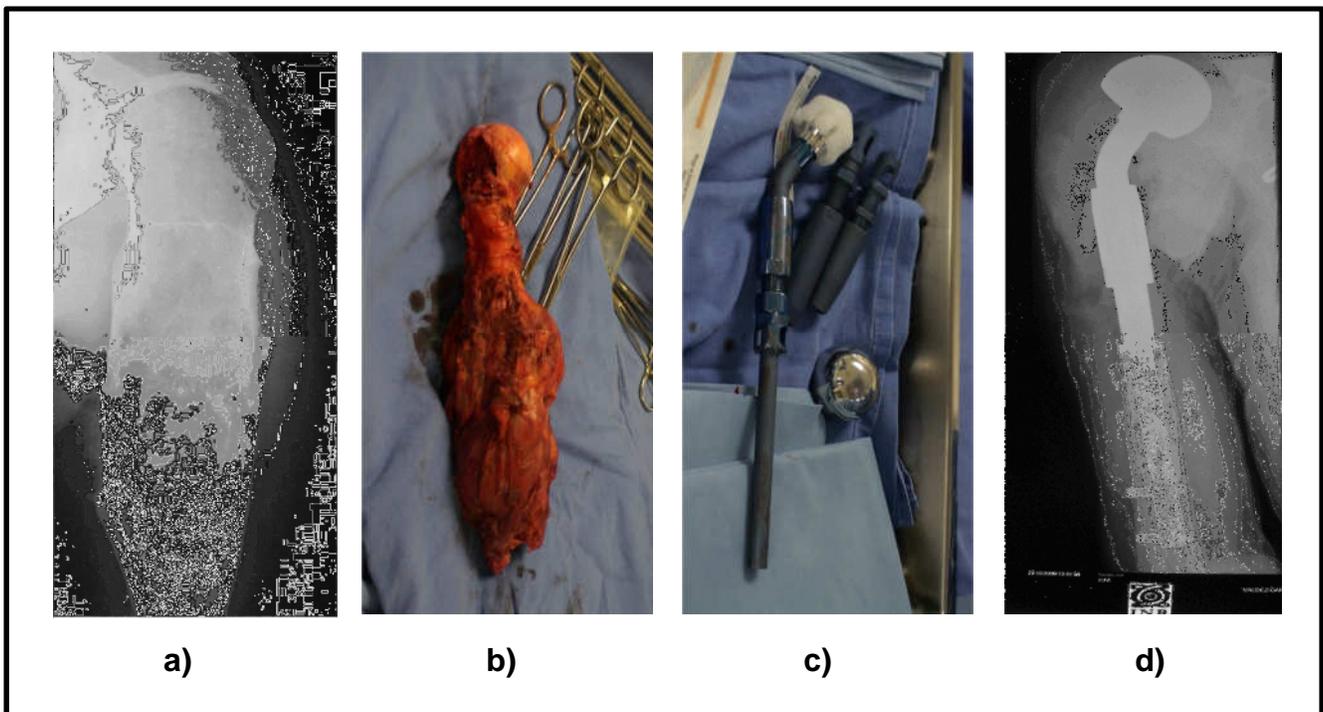
### **3.2 Introducción al Modelo Sistémico Cibernético**

En el Instituto Nacional de Rehabilitación, en el periodo comprendido de 2005-2010, se registraron 338 pacientes con padecimientos de salud en el hombro, de los cuáles 209 pacientes (61%) fueron hombres y 129 pacientes (39%) fueron mujeres, tuvieron problemas en el hombro derecho 146 pacientes, 152 pacientes en el hombro izquierdo y 40 pacientes no se sabe en qué hombro tiene problemas (para estos casos se necesitará cotejar con base de datos del INR).

Sabiendo esto se pretende obtener parámetros que sirvan para el dimensionamiento de los componentes de la prótesis para el desarrollo de un set de implantes para tumores de humero.

El cual cuenta con un implante modular con distintas piezas y dimensiones, las cuales sean capaces de reconstruir hasta el tercio distal del húmero, además permitirá resolver resecciones mal calculadas o situaciones imprevistas dentro del quirófano.

Así también se adaptara para cualquier tamaño de húmero. (Cabe mencionar que el tamaño de húmero al que nos referimos, para este trabajo de tesis es con referencia a los casos reportados en el INR) (Figura 3.2. Incisos a - d)



**Figura 3.2 Pasos para la resección del tumor y colocación del implante.  
a) Rayos X, b) Resección del implante, c) Ensamble del implante  
d) Colocación del implante. Paciente INR.**

### 3.2.1 Modelo de Sistemas Duros

Se habla sobre la existencia de una dicotomía entre la teoría de sistemas "rígidos" (duros) y la teoría de sistemas "flexibles" (blandos), Los sistemas "rígidos" son típicamente los encontrados en las ciencias físicas y a los cuales se puede aplicar satisfactoriamente las técnicas tradicionales del método científico y del paradigma de ciencia.

Cuando se comparan las propiedades típicas de los sistemas "rígidos" y "flexibles" no es sorprendente encontrar que los métodos de la ciencia que se pueden aplicar en el primero, pueden no ser totalmente apropiados para el segundo. Generalmente, los sistemas "rígidos" admitirán procesos de razonamiento formales, esto es, derivaciones lógico-matemáticas. Los datos comprobados, como se presentan en esos dominios, generalmente son replicables y las explicaciones pueden basarse en relaciones causadas probadas. Muy a menudo las pruebas son exactas y las predicciones pueden averiguarse con un grado relativamente elevado de seguridad.

Los sistemas duros se identifican como aquellos en que interactúan hombres y maquinas. En los que se les da mayor Importancia a la parte tecnológica en contraste con la parte social. La componente social de estos sistemas se considera coma si la actuación o comportamiento del individuo o del grupo social solo fuera generador de estadísticas.

Es decir, el comportamiento humano se considera tomando solo su descripción estadística y no su explicación. En los sistemas duros se cree y actúa como si los problemas consistieran solo en escoger el mejor medio, el óptimo, para reducir la diferencia entre un estado que se desea alcanzar y el estado actual de la situación. Esta diferencia define la necesidad a satisfacer el objetivo, eliminándola o reduciéndola, Se cree que ese fin es claro y fácilmente definible y que los problemas tienen una estructura fácilmente identificable.



### 3.2.1.1 Características de los sistemas duros

Los conceptos básicos de sistemas representan una excelente manera de analizar y tratar sistemas tanto duros como blandos. Ahora se verán como algunos conceptos se comportan cuando se aplican al tratamiento de un sistema duro (SD).

- Objetivos
- Medidas de Desempeño
- Seguimiento y Control
- Toma de Decisiones

En general los sistemas permiten procesos de razonamiento formal en los cuales las derivaciones Lógico - matemáticas representan un papel muy importante. En esta forma podemos ver que los experimentos realizados en estos sistemas son repetibles y la información y evidencia obtenida de los mismos puede ser probada cada vez que el experimento se efectúe teniendo así relaciones de tipo CAUSA - EFECTO. Finalmente, y debido a este tipo de relaciones CAUSA - EFECTO, los pronósticos o predicciones del futuro esperado del sistema bajo ciertas condiciones específicas son bastantes exactos y/o seguros.

Otra característica que se ha encontrado en el tratamiento de los Sistemas Duros es la relativa sencillez con que sus operaciones, características, relaciones y objetivos se pueden expresar en términos matemáticos.

Esta situación es de gran utilidad para el ingeniero o Analista ya que, la construcción de un modelo matemático del sistema no presenta dificultades mayores que impidan el manejo del modelo para optimizarlo o bien para simplemente simular diferentes políticas o cursos de acción y observar el comportamiento del sistema modelado sin necesidad de hacer costosos y a veces peligrosos experimentos con el sistema real.

### 3.2.2 Modelo de Sistemas Suaves

La metodología de sistemas suaves fue desarrollada por Peter Checkland para el propósito expreso de ocuparse de problemas de este tipo. Él estuvo en la industria por años trabajando con metodologías de sistemas duros. Él vio cómo éstas eran inadecuadas al ocuparse de problemas complejos que tenían un componente social grande; así en los años 60, él ingresó a la Universidad de Lancaster, localizada en el Reino Unido, en una tentativa de investigar esta área y de ocuparse de estos problemas **SUAVES**.

Su "metodología de sistemas suaves" ["Soft Systems Methodology"] fue creada en base a la investigación en un gran número de proyectos de la industria y su aplicación y refinamiento se concluyeron años después. La metodología, que es muy agradable cómo lo sabemos hoy, fue publicada en 1981, cuando Checkland vivía de la universidad y tenía pensado perseguir una carrera como profesor e investigador.

#### 3.2.2.1 Metodología de Checkland

SSM se divide en siete etapas distintas. (Figura 3.3) Éstas son:

**1. Investigar el problema no estructurado:** es decir encontrar hechos de la situación del problema, es decir, investigar básicamente el Problema, por ejemplo: ¿Quiénes son los que juegan bien?, ¿Cómo Trabaja el proceso ahora?, etc. Para así lograr una descripción en donde Existe dicho problema, y sin darle ninguna estructura.

**2. Expresar la situación del problema:** aquí nos encontramos con una situación más estructurada, haciendo una descripción del pasado, presente y su consecuencia en el futuro, y viendo las aspiraciones, intereses y necesidades en donde se contiene mi problema, se hace casi Siempre un diagrama (que puede ser un organigrama cuadro pictográfico, etc.), que mostrará los límites, la estructura, flujos de información, los Canales de comunicación, y principalmente muestra el sistema humano en Actividad, que serán relevante en la definición del problema.



**3. Seleccionar una visión de la situación y producir una definición raíz:** El propósito de la definición de la raíz es expresar la Función central de un cierto sistema de actividad, esta raíz se expresa como un proceso de transformación que toma una entidad como entrada de información, cambia o transforma a esa entidad, y produce una nueva Forma de entidad. Se elaboran definiciones según los diferentes Weltanschauung involucrados. La construcción de estas definiciones se fundamenta en seis factores que deben aparecer explícitos en todas ellas:

**Cliente:** Considera que cada uno puede ganar beneficios del sistema como clientes del sistema.

**Agente:** Transforman entradas en salidas y realizan las actividades definidas en el sistema.

**Proceso de transformación:** Esto es la conversión de entradas en salidas.

**Weltanschauung:** Es la expresión alemana para la opinión del mundo.

**Dueño:** Cada sistema tiene algún propietario.

**Apremios ambientales:** Son los elementos externos que deben ser considerados. Entonces aquí identificamos los posibles candidatos a problemas, elaborando definiciones básicas, que implican definir "qué" proceso de Transformación se impone a hacer en la realidad. Luego de encontrar ciertas definiciones básicas, se precede a definir una sinérgica, la cual Engloba a todas, y en la cual se centra el estudio.

**4. Confección y verificación de modelos conceptuales:** Partiendo de la definición de la raíz se elaboran modelos conceptuales que representen idealmente las actividades que según la definición de la raíz en cuestión se deban realizar en el sistema, así existirán tantos modelos conceptuales como definiciones de raíz, se puede realizar en un gráfico "PERT", siendo los nodos actividades que se harán, la estructuración de basa en la dependencia lógica, siendo esta los arcos en el gráfico.

**Concepto de sistema formal:** Este consiste en el uso de un modelo general de sistema de la actividad humana que se puede usar para verificar que los modelos construidos no sean fundamentalmente deficientes.



**Otros pensamientos de sistema:** Consiste en transformar el modelo obtenido en alguna otra forma de pensamiento sistémico que, dadas las particularidades del problema puedan ser convenientes.

Entonces los modelos conceptuales representan el "cómo" se podría llevar acabo del proceso de transformación planteado en la definición básica.

**5) Comparación de los modelos conceptuales con la realidad, es decir etapa 4 con la etapa 2:** En esta etapa los modelos construidos en la etapa 4 (elaboración de modelos conceptuales a través de una malla "PERT") serán comparados con la expresión real del mundo, de la etapa 2 (diagrama), se verán las diferencias y similitudes entre los Modelos conceptuales y lo que existe en la actualidad del sistema.

**6) Diseño de cambios deseables, viables y factibles:** Se detectan los cambios que con posible llevar acabo en la realidad y en la etapa siguiente. Estos cambios se detectan de las diferencias emergidas entre la situación actual y los modelos conceptuales se proponen cambios tendientes a superarlas dichos cambios deben ser evaluados y aprobado por las personas que conforman el sistema humano para garantizar que sean deseables y viables.

**7) Acciones para mejorar la situación del problema:** Es decir la Implantación de cambios, que fueron detectados en la etapa 6. Acá se comprende la puesta en marcha de los cambios diseñados tendiente a solucionar la situación del problema y el control de los mismos, pero no representa el fin de la metodología pues en su aplicación se transforma en un ciclo de continua conceptualización y habilitación de cambios, siempre tendiendo a mejorar la situación. Estos cambios pueden ser de 3 tipos:

**Cambio en la estructura:** Son los cambios realizados en las partes estáticas del sistema.

**Cambio en el procedimiento:** Son los cambios en los elementos dinámicos del sistema.

**Cambio en la actitud:** Son los cambios en el comportamiento del sistema. [10]

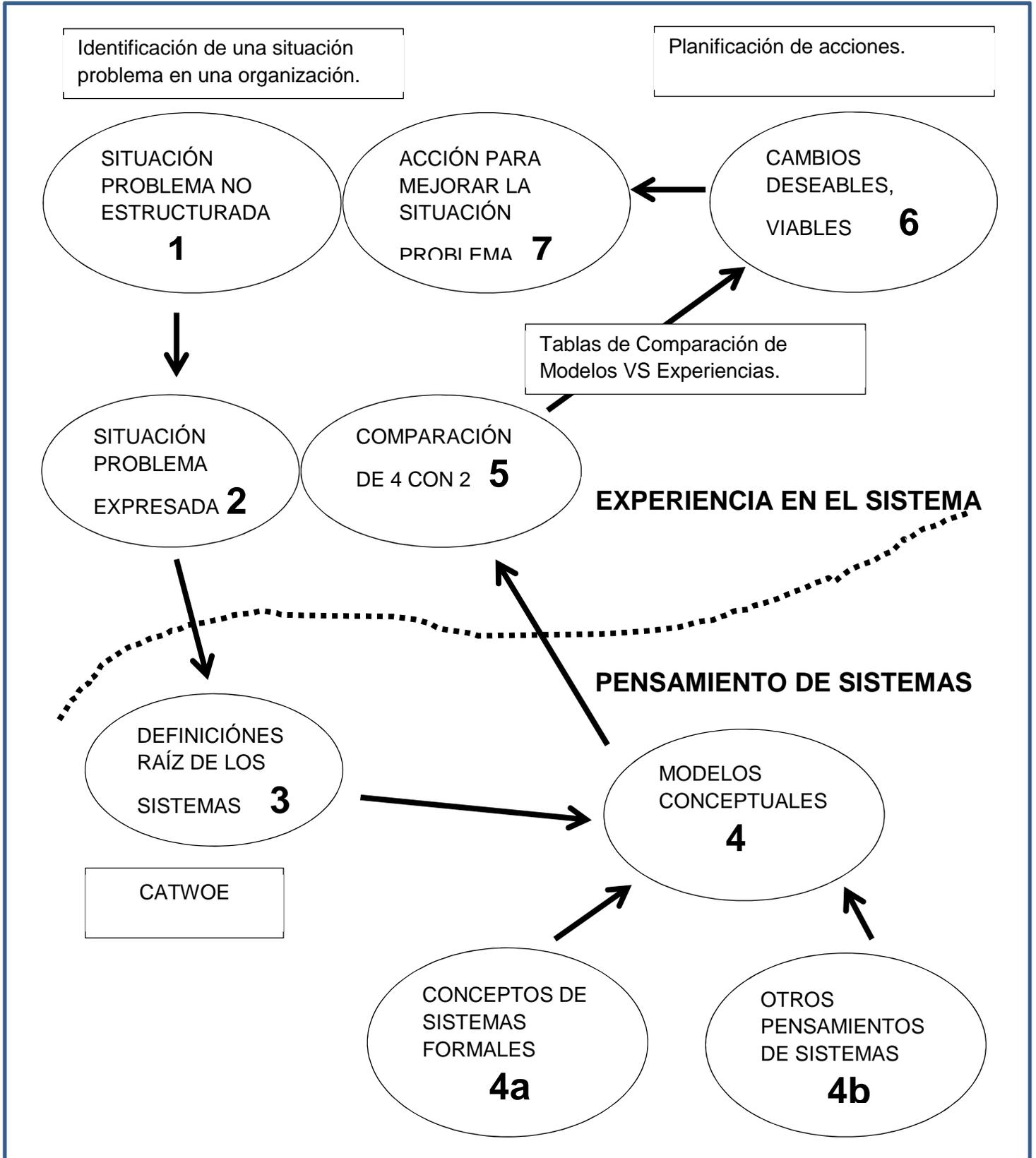


Figura 3.3 Mapa de la Metodología de Checkland (Sistemas Suaves). Ingeniería de Sistemas

### 3.2.2.2 Modelo CATWOE

Ya que en la fase de Diagnóstico del Modelo Sistémico de Excelencia se desarrollaron las fases 1 y 2 de la Metodología de Checkland, en este capítulo se seguirán con las fases de la Metodología a partir de la fase 3.

Por medio de los seis factores (CATWOE), definiremos la definición raíz de nuestro caso de estudio para poder entender de una mejor manera el problema. C: Consumidores. A: Actores. T: Transformación. W: Weltanschauung. O: Dueño. E: Restricciones del Ambiente.

A continuación se describe cada una de ellas:

C: Pacientes que ingresan al Instituto Nacional de Rehabilitación con tumores de húmero de diferentes dimensiones.

A: Cirujanos especialistas en tumores de húmero.

T: La figura 3.4 muestra el proceso de transformación de la definición raíz.

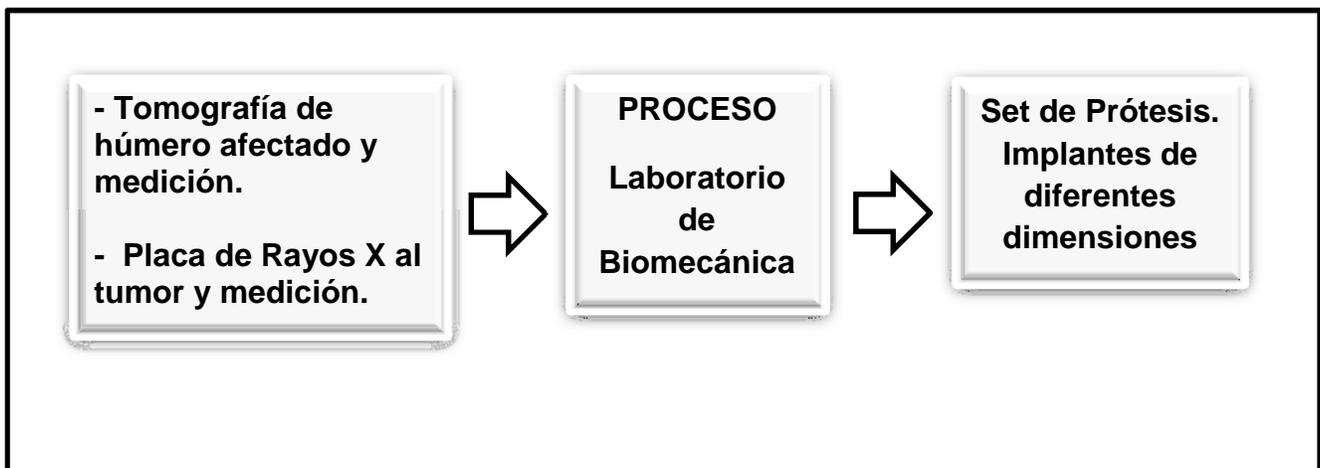


Figura 3.4 Proceso de Transformación de la Definición Raíz. Realización Propia 2011.



W: Institución que provee de recursos humanos (Doctores e Investigadores) para brindar servicios de salud, nuevos procedimientos y herramientas para el cuidado de las personas.

O: Departamento de Tumores Óseos, Laboratorio de Biomecánica.

E: Falta de Recursos para la obtención de los Servicios de Salud.

La definición raíz quedaría de la manera siguiente:

**“Diseño y desarrollo de un set de implantes que abarque todas las longitudes posibles de tumores de húmero, en los pacientes que ingresan al Instituto Nacional de Rehabilitación, para que los cirujanos especialistas cuenten con herramientas y métodos necesarios para agilizar y optimizar las operaciones con el objetivo de causar el menor daño a los pacientes.”**

### 3.2.2.3 Modelo Conceptual

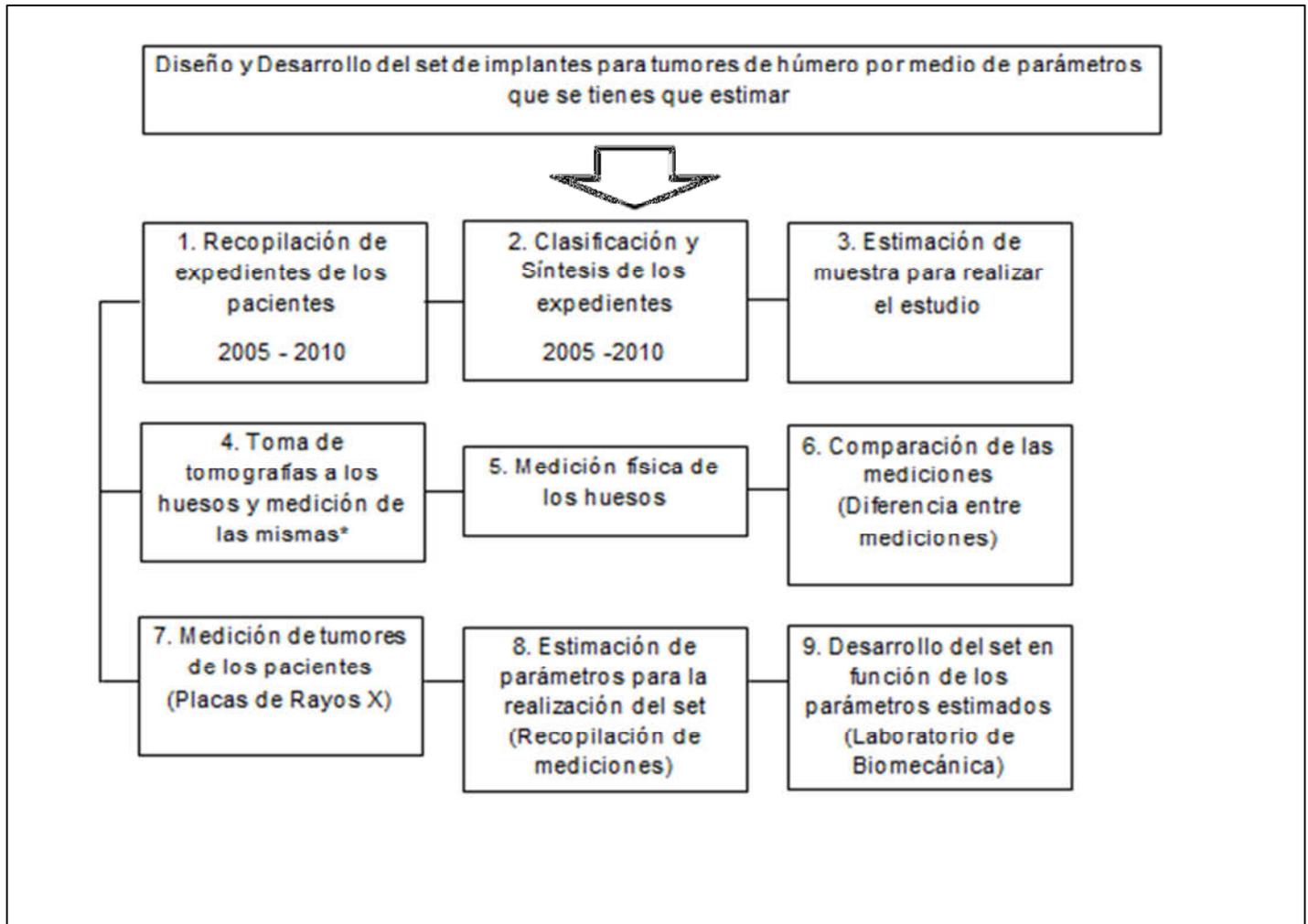


Diagrama Modelo Conceptual. Proceso para el dimensionamiento y desarrollo del set de implantes para tumores de húmero. Araujo M. Benjamín, 2011.

### 3.2.2.4 Modelo HOLOS

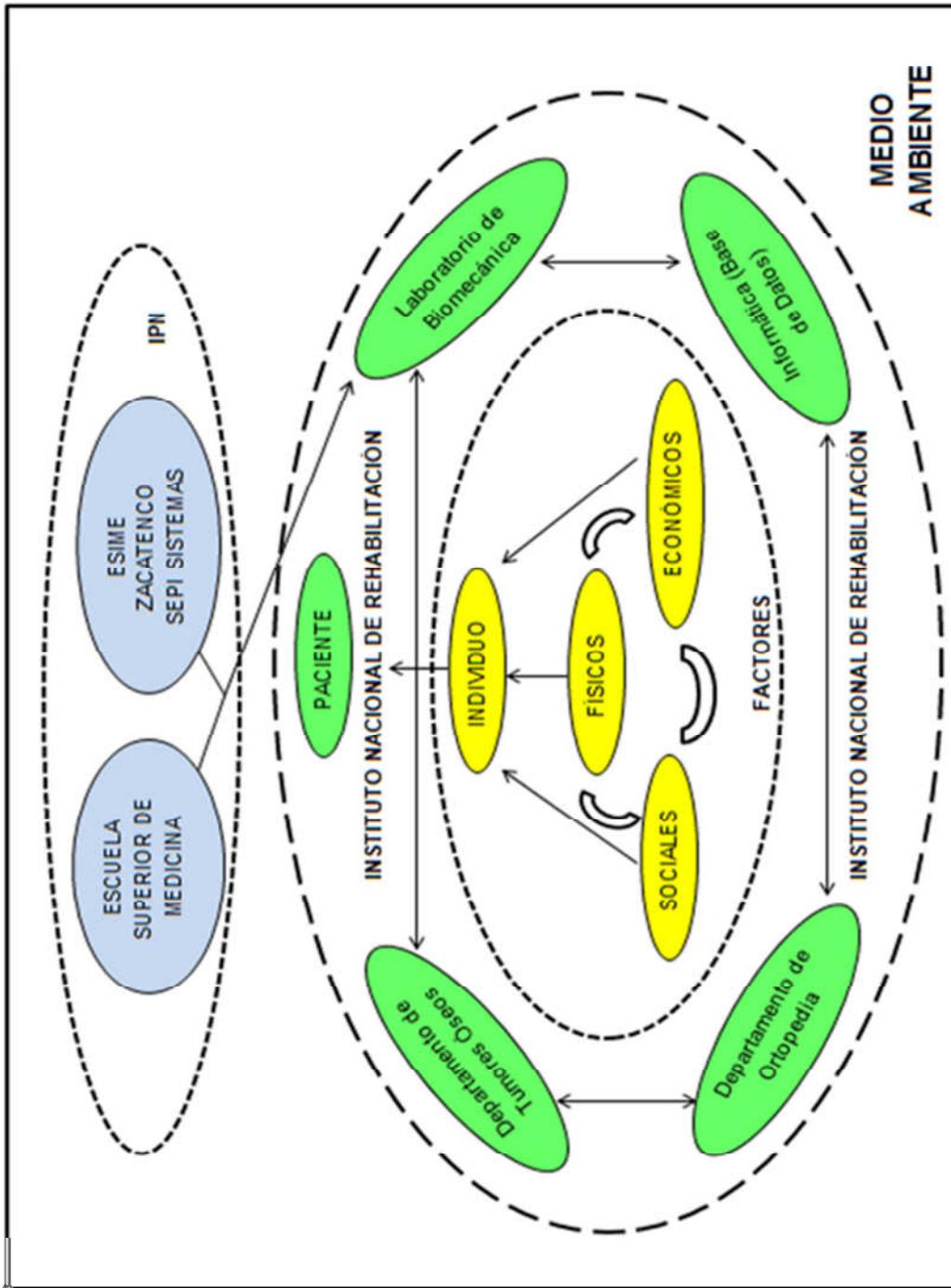


Diagrama HOLOS. Estimación de Parámetros de una Prótesis Tumoral no Convencional de Hombro utilizando un Enfoque Sistémico. Realización Propia 2011.



A continuación se describe cada uno de los Sistemas y Subsistemas del Diagrama HOLOS, la información que existe entre cada uno de ellos, además de su relación con otros que se encuentran fuera del mismo:

### Sistemas y Subsistemas del Individuo.

<b>FACTOR</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<b>INDIVIDUO</b>	Persona perteneciente a una clase o grupo, considerada independientemente de las demás. Elemento que forma parte de la población.
<b>SOCIAL</b>	Son aquellos que influyen en cada persona, que nos ayudan a interactuar con las demás personas.
<b>ECÓNOMICO</b>	Estos se refieren al poder adquisitivo de cada persona y la facilidad con la que cuentan las personas para poder obtener los servicios necesarios.
<b>FÍSICO</b>	Son aquellos que se relacionan con el bienestar que cada persona tiene y la forma en que cada uno se esfuerza por obtenerlo.

Se habla de un individuo saludable cuando este tiene la posibilidad de obtener los servicios de salud necesarios para estar bien. Podemos observar que en países desarrollados, el individuo cuenta con todos los servicios, se habla de una cobertura completa de los factores mencionados en la tabla anterior.

Refiriéndose a México, no se cuenta con servicios de calidad, los factores antes mencionados no se cumplen de manera total, entonces es cuando los problemas a nivel social, económico afectan al individuo.

Cuando el individuo tiene algún problema de salud, hace uso de los servicios acudiendo a un Centro o Instituto, entonces se empieza hablar de paciente.

### Sistemas y Subsistemas del Instituto Nacional de Rehabilitación.

FACTOR	DEFINICIÓN
<b>DIRECCIÓN MÉDICA</b>	Lleva a cabo las actividades de control de los pacientes ingresados en el INR, además lleva un seguimiento de los enfermeros (a) y doctores (a) y de cada una de las especialidades con que cuenta.
<b>LABORATORIO DE BIOMECÁNICA</b>	Es el encargado de realizar las pruebas mecánicas y de desarrollar los diseños y rediseños de las prótesis.
<b>DIRECCIÓN QUIRÚRGICA</b>	Se encarga de controlar y dar un seguimiento de la administración que se lleva a cabo en cada cirugía en el INR.
<b>INFORMÁTICA (BASE DE DATOS)</b>	Se encarga de realizar las bases de datos con los expedientes de los pacientes que ingresan con la finalidad de llevar un seguimiento de los mismos.
<b>DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN</b>	Se encarga de llevar un seguimiento de los investigadores con los que cuenta el INR con la finalidad de tener conocimiento acerca de los proyectos de cada uno de ellos, así como de la contabilidad que se lleva a cabo.

Cuando el paciente es diagnosticado con un tumor, es el Departamento de Tumores Óseos es el encargado de analizar y detectar el mismo, estos datos se vacían en una base de datos del INR para dar seguimiento del caso.

Se le opera al paciente, después debe acudir Rehabilitación para su recuperación.

La relación entre el Departamento de Tumores Óseos y el Laboratorio de Biomecánica es que cuando existen problemas con el implante es el segundo el que puede revisar la prótesis y hacerle mejoras al mismo o proponer que se desarrollen otros para que se utilicen en las operaciones.

Para que se puedan realizar las pruebas y mejoras a la prótesis, el Laboratorio de Biomecánica debe de recibir apoyo de otras Instituciones.



**Sistemas y Subsistemas del Instituto Politécnico Nacional (Apoyo al Laboratorio de Biomecánica).**

<b>FACTOR</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<b>ESCUELA SUPERIOR DE MEDICINA</b>	Proporciona facilidades para las mediciones de húmero de cadáver para llevar a cabo la parametrización de la prótesis, así como el préstamo de piezas óseas para pruebas o ensayos biomecánicos.
<b>ESIME ZACATENCO SEPI SISTEMAS</b>	Proporciona herramientas que ayuden en la realización de nuevos diseños y rediseños de las prótesis y alumnos que aporten nuevas ideas al mismo.

El Instituto Nacional de Rehabilitación y en específico el Laboratorio de Biomecánica recibe apoyo de otras Instituciones en el sentido de que los alumnos de Posgrado y de las Universidades, realizan pruebas referentes a su Trabajo de Tesis y su Servicio Social. Además existen proyectos que se realizan conjuntamente.

### 3.3 Viabilidad del Modelo

En relación al caso de estudio, se elaboró una Tabla, la cual consta de dos columnas: en la primera se enumeran las actividades que necesitan un cambio y en la segunda se especifica el cambio que se quiere realizar. (Tabla 4)

**Matriz de Cambios Propuestos**

ACTIVIDAD	CAMBIOS PROPUESTOS
<b>Toma de Radiografías a tumores de los pacientes ingresados al INR para saber su longitud.</b>	<b>Además de las Radiografías tomadas a los pacientes, se debe realizar una tomografía del húmero para saber su diámetro y longitud.</b>
<b>Existe una serie de dimensiones en las cirugías de tumores de húmero que no se toman en cuenta, hasta que los cirujanos están en quirófano, se realiza la resección del área donde se encuentra el tumor y se ensambla la prótesis (fabricada a la medida), se dan cuenta que la prótesis presenta muchos problemas. Además solo existe el diseño de una prótesis en el INR.</b>	<b>Tomar en cuenta las longitudes de los tumores y las longitudes y diámetros de los húmeros para el diseño y desarrollo de un set de implantes en el INR.</b>



### 3.4 Diseño del Modelo Sistémico Cibernético

El Modelo Sistémico Cibernético propone una visión más amplia para el diseño del set de implantes para tumores de húmero, considerando las tomografías realizadas a los húmeros de los pacientes y las placas de Rayos X hechas a las mismas. Además de tomar en cuenta las medidas realizadas y los factores que afectan el caso de estudio. (Figura 3.5 Modelo Sistémico Cibernético)

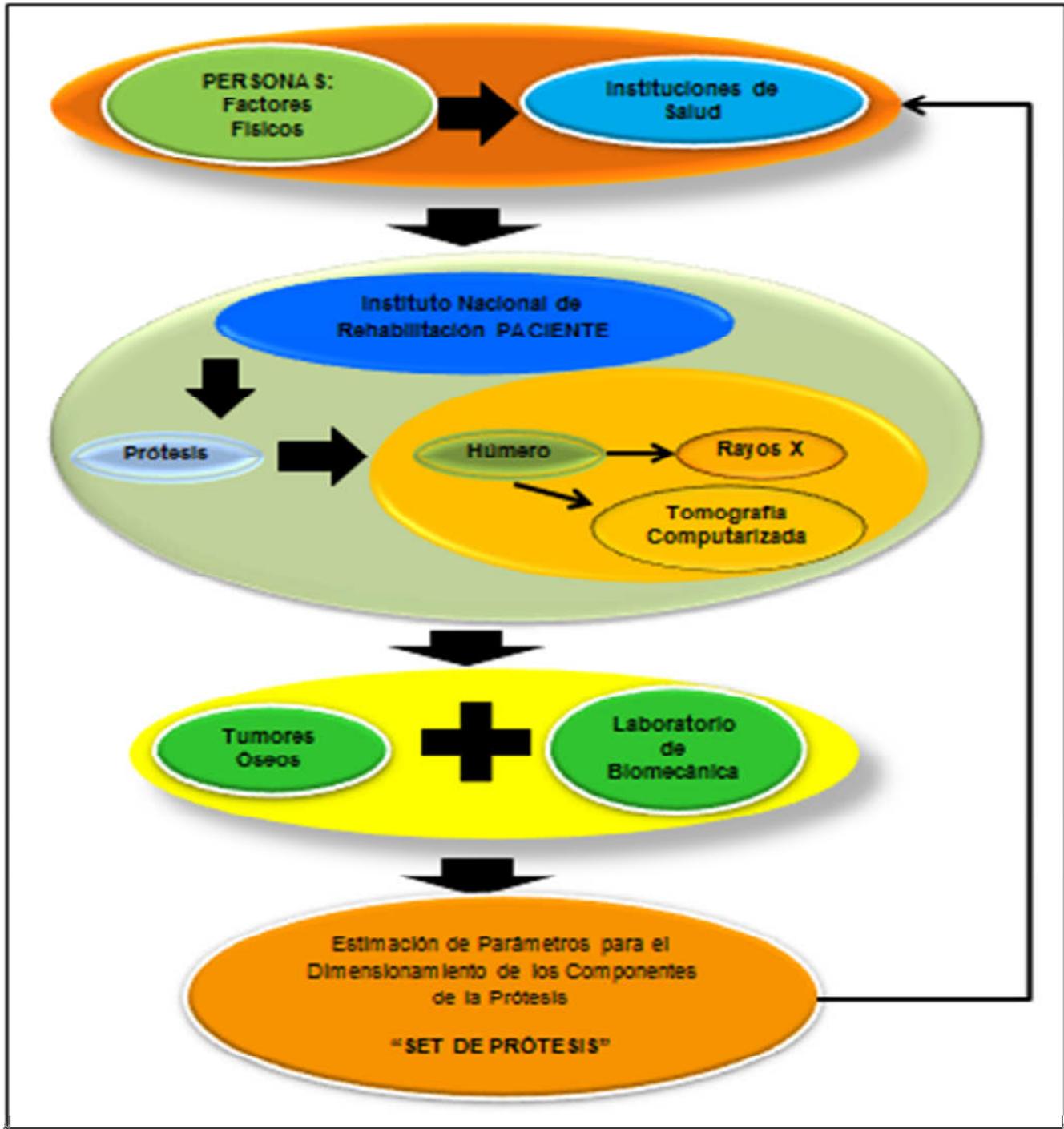


Figura 3.5 Modelo Sistémico Cibernético. Parametrización de una Prótesis Tumoral no Convencional de Hombro utilizando un Enfoque Sistémico. Araujo M. B., 2011.



El individuo es una entidad compleja, como tal tiene un conjunto de características que lo hace diferente en comparación con los otros, es por esto que se han desarrollado a través del tiempo ciertos factores con la finalidad de que se pueda desenvolver en un grupo (social o de trabajo), para la obtención de conocimiento y experiencias.

Para poder lograr lo anterior se han desarrollado disciplinas que han hecho que el individuo tenga más posibilidades de acrecentar su conocimiento, así como creado centros de estudio donde el individuo desarrolla las herramientas necesarias para poder lograr objetivos y metas.

Por otra parte tenemos la creación de instituciones y centros que ofrecen servicios al individuo, uno de estos es el de salud, que tiene como objetivo proporcionar servicios de calidad para el cuidado y rehabilitación de pacientes con enfermedades y secuelas discapacitantes del aparato locomotor.

Aunado a lo anterior, se desarrollan tecnologías tales como prótesis, implantes y técnicas de salvamento con el propósito de prevenir y detectar a tiempo enfermedades que aquejan al individuo.

Una de estas instituciones es el Instituto Nacional de Rehabilitación, el cual cuenta con servicios de diagnóstico y tratamiento de enfermedades, así como de tumores en cadera, rodilla y húmero.

Para dar tratamiento a los tumores de húmero, en el INR, se diseñó una prótesis, la cual dio respuesta a estos problemas que aquejan a las personas que ingresan al instituto con este tipo de problemas. El problema que se tiene es que sólo se realiza una placa de Rayos X a los pacientes para la resección del tumor y colocación del implante, dando como resultado la mala colocación y fijación de la prótesis.

Por esto se tienen que realizar tomografías y placas de Rayos X al paciente con la finalidad de que la información resultante de la medición de las tomografías sumado a la medición de las placas para saber la dimensión del tumor sirva tanto al Servicio de Tumores Óseos como al Laboratorio de Biomecánica para estimar los parámetros para el dimensionamiento de los componentes de la prótesis para el desarrollo del set de prótesis, con el objetivo de ocasionar el mínimo daño a los y poder brindar calidad de vida a los pacientes.

Para que se logre el Modelo Sistémico Cibernético debe de haber comunicación entre Departamentos para el logro de objetivos que beneficien al cliente más importante del proceso que es el paciente.



# CAPÍTULO IV

# IMPLANTACIÓN

# DEL MODELO

# SISTÉMICO

# CIBERNÉTICO



## **Capítulo IV. Implantación del Modelo Sistémico Cibernético para el Dimensionamiento de los Componentes de la Prótesis para el Desarrollo del Set de Implantes para Tumores de Húmero**

Para realizar el dimensionamiento de los Componentes de la Prótesis para el desarrollo del Set de Implantes para Tumores de Húmero se utilizó el Modelo Sistémico de Excelencia, para la elaboración de este se emplearon técnicas y metodologías tales como: Modelo de Sistemas Duros y Suaves, Metodología de Checkland, HOLOS, CATWOE, Modelos Conceptuales, Diagramas de Flujo, etc., de todo esto se obtuvo lo siguiente:

### **4.1 Evaluación del Modelo Sistémico Cibernético**

Para poder dimensionar los componentes de la Prótesis para desarrollar el Set de Implantes se realizaron diferentes etapas para lograr los resultados deseados, estas fueron acompañadas de tablas y figuras que muestran las pruebas realizadas a los huesos de los pacientes, así como el proceso que se sigue en el INR.

#### **4.1.1 Identificación del número de pacientes ingresados al Instituto Nacional de Rehabilitación con problemas en el miembro superior (húmero)**

En el Instituto Nacional de Rehabilitación, en el periodo comprendido de 2005-2010, se registraron 338 pacientes con padecimientos de salud en el hombro, de los cuáles 209 pacientes (61%) fueron hombres y 129 pacientes (39%) fueron mujeres, tuvieron problemas en el hombro derecho 146 pacientes, 152 pacientes en el hombro izquierdo y 40 pacientes no se sabe en qué hombro tiene problemas (para estos casos se necesitará cotejar con base de datos del INR).

Cabe mencionar que solo se realizaron pruebas en el húmero derecho de los pacientes, ya que se evitó la exposición de los pacientes a la radiación, ya que puede desencadenar problemas más graves. (Área de Tomografías. INR) (Anexo 3)



## 4.1.2 Clasificación y obtención de muestra de pacientes con tumores en húmero

### 4.1.2.1 Tomografía Computarizada

Las aplicaciones del equipo están enfocadas al estudio de padecimientos del sistema musculo esquelético y exámenes no invasivos, para la exploración de enfermedades de cabeza, cuello, tórax, abdomen, displasia de cadera, traumas y tumores y articulaciones pequeñas.

Se realizan procedimientos de intervención bajo guía tomográfica (drenaje, biopsias y colocación de catéter).

### 4.1.2.2 Equipo e Instalaciones

Sala de Tomografía Computarizada, en donde se cuenta con un equipo Multicorte GE Light Speed de 64 cortes. (Figura 4.1 a) y b))

Área azul con estación de trabajo y visualizadores de imagen.

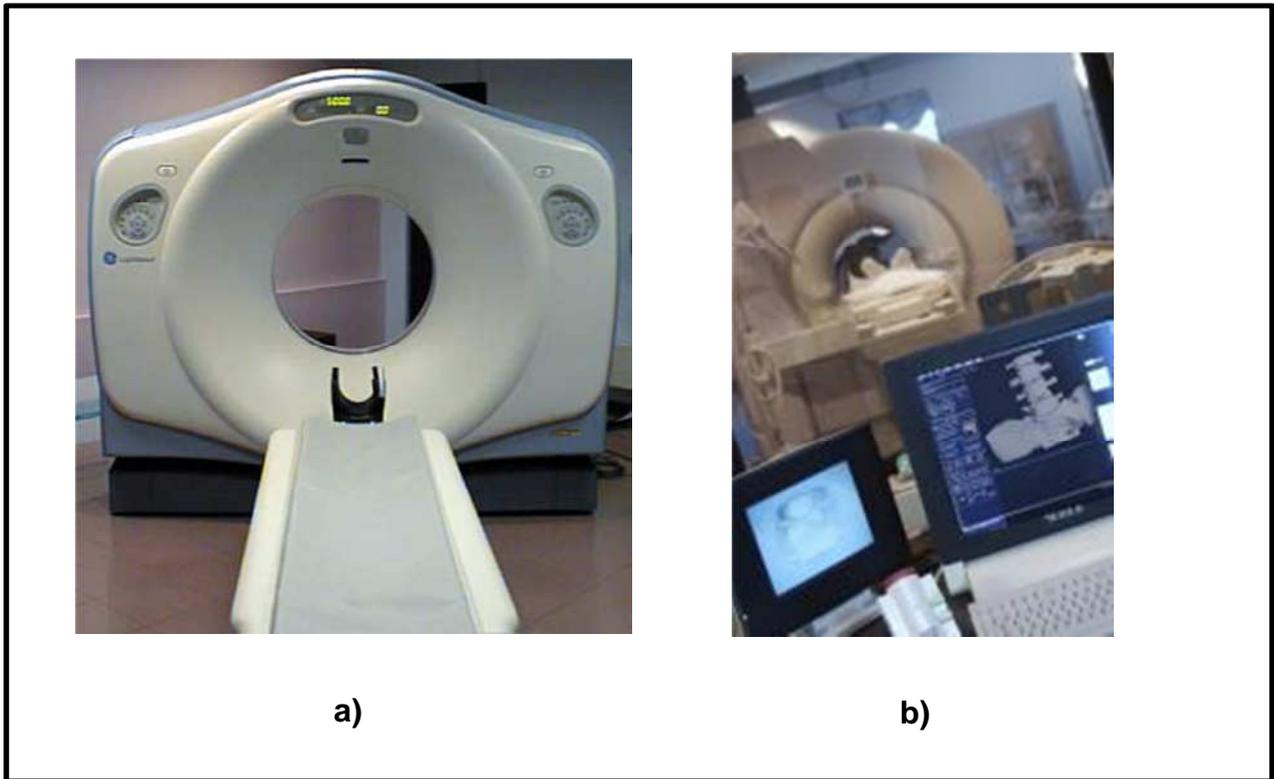
Área de recepción.

Baño de pacientes.

Vestidores.

Cuarto Oscuro.

Sala de Ultrasonido.



**Figura 4.1 Equipo e Instalaciones en el Instituto Nacional de Rehabilitación para la realización de tomografías computarizadas. 2011**

#### **4.1.2.3 Requisitos de Admisión**

Solicitud generada por cualquier servicio del instituto que solicite la realización de una tomografía computada simple o con medio de contraste.

#### **4.1.2.4 Pacientes o Líneas de investigación**

Protocolo que requiera el apoyo diagnóstico de una tomografía computada.



#### 4.1.2.5 Costos

##### Tomografía de hombro

Nivel	Costo sin medio de contraste (simple)	Costo con medio de contraste
1	77	100
2	232	301
3	386	502
4	773	1,004
5	1,159	1,506
6	1,545	2,009

Costo en laboratorio externo:

Sin contraste \$4,200

Con contraste \$5,250

Costo de la Fabricación de la Prótesis (Particular) \$40,000

De la información antes mencionada se clasificaron a los pacientes por el tipo de cáncer o tumor que tienen, de estos se tenían que realizar cálculos para saber la muestra con la que se trabajaría, lamentablemente, solo se pudo tener acceso a **nueve pacientes** para trabajar y realizar las pruebas pertinentes para el caso de estudio. [Anexo 3]

#### 4.2 Realización de tomografías a los húmeros de los pacientes

Tabla 5. Procedimiento para la Medición de las Tomografías realizadas a los húmeros.

FASE	DESCRIPCIÓN
Realización de Tomografía	Se realiza la tomografía de los húmeros derecho e izquierdo.
Preparación de la Tomografía	Por medio de un Software Informático se extrae la imagen hecha en el tomógrafo y se le da formato para poder utilizarlo en otro Software llamado MIMICS 10.1 [1]
Estimación de Mediciones	Las mediciones del canal medular se realizan a partir de 8 cm de la parte inferior (distal del húmero) y 6 cm de la parte superior (proximal del húmero). Cada 10 cortes a partir de las mismas.
	Por medio del Software se limpia el canal medular para su mejor medición y solo se dejan los cortes que tenemos que medir. (Figura 4.1 inciso a) (Anexo 4)
	Ya que se tienen limpios los cortes se diseñan polilineas y se crean curvas (imágenes) de los mismos. (Figura 4.1 inciso b)
	Estas imágenes se exportan a otro Software llamado Mechanical Desktop 6 Powered con el objetivo de poder tener una medición más exacta de los cortes y se tengan parámetros más cercanos a la realidad. (Figura 4.2 i) [2] (Anexo 4)
	Teniendo las imágenes en el software mencionado se realizan tres mediciones del canal medular: interna (para saber los diámetros de los vástagos), interna (para saber los diámetros de la corona) y externa (diámetro del implante). Y se mide la longitud del húmero. (Figura 4.2 ii - iv) (Anexo 4)
	Se realiza una base de datos de las mediciones realizadas. Ver formatos realizados



### **4.3 Obtención de Medidas y Clasificación de los Húmeros**

Para poder clasificar los húmeros se tuvo que realizar un cuestionario para recabar información que sirviera de guía. (Anexo 5)

Se realizaron mediciones a las tomografías: longitud del húmero para su clasificación. Los resultados fueron que los húmeros miden de 28 cm a 33 cm. (Anexo 6)

Se obtuvieron diámetros referentes a las medidas de los vástagos, coronas y diámetro total del húmero. (Anexo 7)



# CAPÍTULO V

# OBTENCIÓN DE

# PARÁMETROS

# “PRÓTESIS NO

# CONVENCIONAL

# PARA TUMORES

# DE HÚMERO”



## **Capítulo V Obtención de los Parámetros para la Prótesis Tumoral no Convencional para Tumores de Húmero (PROPUESTA)**

### **5.1 Obtención de los Parámetros para la Prótesis Tumoral no Convencional de Húmero**

Para la obtención de los parámetros se utilizó el software estadístico Statgraphics 5.0 incorporado a los otros softwares mencionados en el Capítulo IV, con la finalidad de dar un sentido más amplio al Modelo Sistémico Cibernético y estimar las medidas que se tienen que aplicar en el dimensionamiento de los componentes de la prótesis para el desarrollo del set de prótesis en general.

#### **5.1.1 Análisis Estadístico de las Mediciones Realizadas a las Tomografías de los Húmeros**

A continuación se muestran los pasos que se realizaron para el análisis estadístico de los datos.

1. Se realizó el vaciado de los datos del Anexo 7 en el Software antes mencionado. (Anexo 8 Figura 1-3)
2. Ya que se vaciaron los datos, se guardan en el Software para realizar las pruebas pertinentes del caso de estudio. (Anexo 8 Figura 4).
3. La primera prueba a realizar es saber si existe correlación entre los datos y obtener el modelo, a través de un análisis de regresión. (longitud de los húmeros vs estatura) (Anexo 8 Figura 5)
4. La segunda prueba es la correlación entre los diámetros de los vástagos y los diámetros externos o diámetros de la corona. (Anexo 8 Figura 6)
5. Estas pruebas se realizaron para los diámetros de los vástagos y los diámetros de la corona. (chico, mediano y grande)



6. Por último se realizó un análisis de estimación y prueba para poder saber los diámetros (vástago y corona) que se van a utilizar para la parametrización de la Prótesis. (Anexo 8)

## 5.2 Análisis de los Resultados.

Se realizaron las pruebas descritas en el punto anterior, además de la realización de medidas a placas de Rayos X para obtener la longitud de los tumores existentes en el INR, dando como resultado que se tienen tumores de 8, 10, 13, 15, 16, 17, 20 cm. [39]

En relación a las longitudes de los húmeros, se tiene que el húmero de menor longitud es de 28 cm y el de mayor longitud es de 33 cm, además cuando se coloca el implante se tiene que colocar a partir de 4 cm pasando la fosa olecraneana en la parte distal del húmero (codo). (Anexo 9)

Cuando el tumor exceda la medida de 33 cm, se tiene que implementar otro método para poder resolver el problema, este puede ser el de la desarticulación del miembro superior.

Para las longitudes de los vástagos, se tomó en consideración que la cuerda que tiene el implante debe de abrir 5 cm.

Los vástagos que se utilizaran para el set de prótesis no convencionales para tumores de húmero son ocho con diferentes longitudes y diámetros.

Las coronas a utilizar son dos, con diferentes longitudes y diámetros, así como tres camisas con las características antes mencionadas.

### 5.3 Parámetros para el Diseño del Set de Implantes no Convencionales para Tumores de Húmero

Con base en el análisis de los resultados, los parámetros que se utilizarán para el dimensionamiento de los Componentes de la Prótesis para el desarrollo del Set de Implantes son los siguientes (Anexo 9):

El número de vástagos con los que cuenta el set, son los siguientes (Tabla 5.1):

**Tabla 5.1 Longitudes y Diámetros para el diseño del Set.**

	LONGITUDES CM	DIÁMETROS MM
HÚMERO CHICO	24	6 y 7
HÚMERO MEDIANO	26	6 y 8
HÚMERO GRANDE	28	8 y 10
TOTAL		8

Los anteriores vástagos contarán con tres camisas con longitudes para húmeros chicos de 6 cm, húmeros medianos 8.5 cm y húmeros grandes 13 cm.

Además se contará con dos coronas, las cuales tienen las siguientes longitudes y diámetros:

- El diámetro de las coronas será de 1.3 cm
- Las longitudes son dos.- corona con cuerda 6.5 cm y 8.5 cm, corona sin cuerda 4.5 cm y 6.5 cm.

Las coronas de 4.5 y 6.5 cm se utilizarán para la camisa de 6 cm, la de 6.5 y 8.5 cm será para las camisas de 8.5 y 13 cm. También se contará con una tuerca con medida de 5 mm. (Queda a consideración de los médicos la elección de las piezas)



De la información antes mencionada se tiene que el Set de Prótesis Tumoral no Convencional de Hombro contará con 14 piezas, las cuales serán de utilidad para los médicos al momento de la realización de la operación con la finalidad de dar solución a los problemas existentes en este trabajo de tesis.



## CONCLUSIONES.

En base al trabajo realizado para la parametrización de la prótesis tumoral no convencional de hombro, resultó que el Modelo Sistémico Cibernético es una gran herramienta para poder entender de manera general la problemática del caso de estudio.

Este modelo fue de utilidad para el desarrollo de un estudio retrospectivo de los expedientes de los pacientes ingresados al INR en el periodo comprendido de 2005 a 2010, gracias a los psicólogos que laboran en el INR se pudo recopilar la información necesaria como: los números de los registros de los pacientes, los nombres, edades, padecimientos de cada paciente y tratamiento, ya que los datos que se manejan dentro de la institución son confidenciales.

De este estudio resultó que en el periodo 2005 – 2010 se registraron 338 pacientes con padecimientos de salud en el hombro, de los cuáles 209 pacientes (61%) fueron hombres y 129 pacientes (39%) fueron mujeres, tuvieron problemas en el hombro derecho 146 pacientes, 152 pacientes en el hombro izquierdo.

Cabe mencionar que cada año, aproximadamente 20 pacientes que ingresan al INR son diagnosticados con tumores de hombro y candidatos a operación.

En el INR se diseñó una prótesis tumoral no convencional de hombro con piezas que tienen diferentes longitudes y diámetros, como respuesta a los problemas de los pacientes ingresados en el instituto. Las piezas que contiene la prótesis son las siguientes: vástago, camisa, corona con cuerda, tuerca y cabeza humeral.

Por otra parte cuando el paciente ingresa al INR y se le diagnostica con un tumor de hombro, se le realizan pruebas pertinentes para operarlo, tales como la realización de una placa de Rayos X para identificar la magnitud del tumor, así como la longitud de resección. Estos tumores tienen una longitud que va desde 8 cm hasta los 20 cm.

Cuando el paciente está en quirófano y se le realiza la resección en la zona afectada, el médico se percató de que las mediciones que se realizaron no son las correctas, entonces se genera un problema, de dimensionamiento de la prótesis. Teniendo como resultado que se tenga que reprogramar la cirugía.



Esto quiere decir que las consecuencias de una mala medición tanto del tumor como de la zona de resección, conlleva a problemas psicológicos, físicos y económicos para el paciente y sus familiares, así como la imagen de la Institución.

La información anterior dio la pauta para desarrollar por medio del Modelo Sistémico Cibernético un diseño de un set de prótesis para que el médico tenga una gama de tamaños de prótesis para cada determinado tumor y húmero, con diferentes piezas de diferentes medidas.

En primera instancia se hizo uso de la información recopilada en el estudio retrospectivo para poder estimar la muestra con la que se tuvo que trabajar.

Se realizaron tomografías a cada uno de los húmeros para poder saber la longitud de cada uno de ellos y así poder proporcionar una clasificación de los mismos.

En base a las tomografías realizadas se obtuvieron longitudes de húmero de 28 cm a 33 cm.

Ya que se clasificaron los húmeros, por medio del Software de Diseño MIMICS 10.01 y Mechanical Desktop 6 Powered, se realizaron las mediciones del canal medular de cada húmero, para obtener los diámetros.

Las mediciones antes realizadas proporcionar las longitudes y los diámetros que tendrán cada una de las piezas o componentes con los que cuenta la prótesis, así como de la cantidad de piezas con que contará nuestro set.

Ya que se tuvieron las mediciones tanto de la longitud como del diámetro de los húmeros, así como las dimensiones de los tumores e información de los pacientes (Estatura, Peso). Se realizaron pruebas estadísticas en el Software Statgraphics 5.1.

Con los resultados del software se llegó a la conclusión de que si existe correlación entre las longitudes de húmero y la estatura de la muestra de estudio, pero no existe correlación de los diámetros de los húmeros con la longitud de los mismos, ya que se observó que existen diferentes tipos de canal medular.



Una vez que se realizaron las pruebas estadísticas en el Software, se obtuvieron los parámetros para el desarrollo del set, el cual queda de la siguiente manera:

- Se obtuvieron tres vástagos con longitudes de 24 cm, 26 cm, y 28 cm; con diámetros desde 6 mm hasta 10 mm;
- Tres espaciadores con longitudes de 6 cm hasta 13 cm y
- Dos coronas con longitudes con cuerda de 6.5 cm y 8.5 cm.

Finalmente el set contará con 14 piezas con diferentes longitudes y diámetros.



## RECOMENDACIONES.

- Se necesitan más pacientes para tener mayor información y realizar más pruebas con la finalidad de que el estudio se acerque a la realidad.
- Aplicar otras metodologías que ayuden a la estimación de un número mayor de factores que afectan nuestro caso de estudio y podamos dar una respuesta más confiable.
- En el caso donde no existe correlación entre los diámetros de los húmeros y las longitudes, se tienen que aplicar metodologías más específicas, así como un estudio más amplio de los pacientes.
- Tiene que haber mayor comunicación entre el cirujano y el investigador para que el flujo de información ayude a que se concreten los proyectos e investigaciones realizadas en el INR.



## REFERENCIAS

1. Moore KL, Dalley A. Anatomía con Orientación Clínica. Quinta Edición. Editorial Médica Panamericana. México 2008.
2. Jacob A, Francote M, Lossaw S. Anatomía y Fisiología Humana. Cuarta Edición. Editorial Interamericana- Mc Graw Hill, Madrid, España 1999.
3. Miralles Rull R. Biomecánica clínica de los tejidos y las articulaciones del aparato locomotor. Segunda Edición. Editorial Masson. Madrid, España 2000.
4. Tortora G, Grabowski S. Principios de Anatomía y Fisiología. Tercera Edición. Editorial Harcourt Brace. Madrid, España 1999.
5. Sobotta J. Atlas de Anatomía Humana Tomo 1. Vigésima Edición. Editorial Panamericana. Madrid, España 1994.
6. Pérez TR. Principios de Patología. Tercera Edición. Editorial Panamericana. México 1990.
7. Jacob A, Francote M, Lossaw S. Anatomía y Fisiología Humana. Cuarta Edición. Editorial Interamericana – McGrawHill. México 1985.
8. Tortora G, Grabowski S. Principios de Anatomía y Fisiología. Tercera Edición. Editorial Harcourt Brace. Madrid, España 1999.
9. Anthony C. Anatomía y Fisiología. Novena Edición. Editorial Iberoamérica. México, 1997.
10. Mandalunis PM. Remodelación ósea. Actualizaciones en Osteología. 2006. Vol 2, No 1, pp 16-18
11. Jovanovic JD, Jovanovic M Lj. Biomechanical model of vertebra based on bone remodeling. Medicine and Biology. 2004. Vol 11, No 1, pp 35-39.
12. Huiskes R. If bone is the answer, then what is the question? Orthopaedic Research Laboatory, 1999. pp. 145-156.



13. Muñoz GJ. Atlas de Mediciones Radiográficas en Ortopedia y Traumatología. Primera Edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. México 1999.
14. Fuentes R. Anatomía Humana General. Primera Edición. Editorial Trillas. México, 1997.
15. Kapandji AI. Fisiología Articular Miembro Superior. Quinta Edición. Editorial Panamericana. Madrid, España 2001.
16. Miralles RC. Biomecánica Clínica del Aparato Locomotor. Primera Edición. Editorial Masson. Barcelona 1998.
17. Cotran R, Kumar V, Collins T. Patología Estructural y Funcional. Sexta Edición. Editorial McGraw-Hill-Interamericana. México 2001.
18. Pérez R. Principios de Patología. Tercera Edición. Editorial Panamericana. México 1990.
19. Sepúlveda V. Tumores Óseos. Primera Edición. Editorial Prensa Medica Mexicana, S.A. México 1985.
20. Sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología.  
<http://www.pulso.com/secot/13.htm>
21. González-Almaraz G, Rosillo-Ruiz A, Cavazos-Gómez J. Distribución de los Tumores Óseos Primarios en el Instituto Nacional de Ortopedia. (1987 a 1998). Cir Ciruj 2002; 70:18-25.
22. Alma Ata. Atención Primaria de Salud. Ginebra, Septiembre 2-6, 1978.
23. [elmundosalud.com/conceptos\\_basicos](http://elmundosalud.com/conceptos_basicos)
24. Kaplan, R. M. Quality of Life and chronic illness. En Christensen, A.J. & Antoni, M.H. Chronic Physical Disorders. Behavioral Medicine's Perspective. Blackwell Publishing. Oxford UK, 2002.
25. Esteve, M. & Roca, J. Calidad de vida relacionada con la salud: un nuevo parámetro a tener en cuenta. Medicina Clínica, 108, 458-459, 1997.
26. Zeegen EN, Aponte-Tinao LA, Hornicek FJ, Gebhardt MC, Mankin HJ. Survivorship analysis of 141 modular metallic endoprostheses at early followup. Clin Orthop. 2004 Mar;(420):239-50.



27. Fabroni RH, Castagno A, Aguilera AL, Steverlynck AM, Zeballos J. Long-term results of limb salvage with the Fabroni custom made endoprosthesis. Clin Orthop. 1999 Jan;(358):41-52.
28. Frassica FJ, Chao EY, Shives TC, Sim FH. Resection of malignant bone tumors about the shoulder. A preliminary report of reconstruction with a new modular spacer. Clinrthop. 1991 Jun;(267):57-64.
29. Comín M, Dejoz R, Atienza C, Prat J, Peris J, Vera P, Gil A, Reig C. Biomecánica Articular y Sustituciones Protésicas. Primera Edición. Editorial Instituto de Biomecánica de Valencia. España 1998.
30. Meller I, Bickels J, Kollender Y, Ovadia D, Oren R, Mozes M. Malignant bone and soft tissue tumors of the shoulder girdle. Acta Orthop Scand. 1997 Aug;68(4):374-80.
31. Macdonald W, Thrum CB, Hamilton SG. Designing an implant by CT scanning and solid modelling. J Bone Joint Surg Br. 1986 Mar;68(2):208-12.
32. Sastre R, De Aza S, San Román J. Biomateriales. Primera Edición. Editorial CYTED. Italia 2004.
33. Callister W. Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales Tomo II. Tercera Edición. Editorial Reverté. España 2000.
34. Bauer TW, Smith ST. Bioactive materials in orthopaedic surgery: overview and regulatory considerations. Clin. Orthop. 2002 Feb;(395):11-22.
35. Livesley R. Elementos Finitos. Primera Edición. Editorial Limusa. México 1988.
36. Zienkiewicz O. El método de los elementos finitos. Primera Edición. Editorial Reverté. España 1982.
37. Manual de Patología General, Universidad Católica de Chile.  
[http://escuela.med.puc.cl/publ/patologiageneral/Patol\\_090.html#](http://escuela.med.puc.cl/publ/patologiageneral/Patol_090.html#)
38. Eder M, Gedik P (1979) Manual de Patología General y Anatomía Patológica. Traducción de la 30ª edición alemana. Editorial Científica-Médica, Barcelona.



39. Rojas J. Marisol, Estudio de Manufactura de una Prótesis Tumoral para Húmero por medio de CNC, Julio 2010

40. Engel, G. L. (1980). The clinical application of the biopsychosocial model. American Journal of Psychiatry, 137 (5), 535-543

41. Programa de Trabajo del Instituto Nacional de Rehabilitación 2005-2011. [www.inr.gob.mx](http://www.inr.gob.mx)

42. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Estadísticas de Cáncer 2008. [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)

43. Flores P. Nelly, Reporte de Experiencia Profesional “Intervención Psicológica de Pacientes Programados a Cirugía de Artrodesis de Rodilla”, México, D.F., 2009.

[www.monografias.com/conceptos\\_teoría\\_de\\_sistemas](http://www.monografias.com/conceptos_teoría_de_sistemas)

[www.monografiaas.com/conceptosistemas](http://www.monografiaas.com/conceptosistemas)

**Software MIMICS 10.01.**

**Mechanical Desktop 6 Powered.**

**Statgraphics 5.0**

**ANEXO 1.**

**Distribución porcentual de egresos hospitalarios por tipo de tumor maligno para cada sexo  
2008**

<b>Tipo de tumor maligno</b>	<b>Total</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>
<b>Total</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>
Leucemias	8.7	15.2	5.6
Mama	5.8	0.4	8.3
Cuello del útero	3.3	0.0	4.8
Ovario	2.1	0.0	3.1
Tráquea, bronquios y pulmón	2.0	4.1	1.0
Próstata	1.9	6.0	0.0
Del estómago	1.8	3.1	1.1
Del colon	1.8	3.2	1.2
Higado	1.2	1.9	0.8
Del rectosigmoides, recto y ano	1.1	2.0	0.7
Vejiga	1.0	2.2	0.4
Labio, cavidad bucal y faringe	0.9	1.9	0.5
Páncreas	0.9	1.5	0.7
Cuerpo del útero	0.8	0.0	1.1
Melanoma y otros tumores de la piel	0.5	0.6	0.3
Esófago	0.4	1.1	0.1
Otros	65.8	56.8	70.3

Fuente: SSA, DGIS (2008). Egresos Hospitalarios 2008. Procesó INEGI.

**Tasa observada de mortalidad por tumores según tipo de tumor maligno y grandes grupos de edad 2008**

Por cada 100 mil habitantes

Tipo de tumor maligno	Grandes grupos de edad			
	0 - 14	15 - 29	30 - 59	60 años y más
Cavidad bucal y de la faringe	0.02	0.05	0.78	7.02
Esófago	0.00	0.02	0.59	7.79
Estómago	0.01	0.29	4.56	42.3
Colon, del recto y del ano	0.01	0.29	3.44	30.08
Hígado y de las vías biliares intrahepáticas	0.14	0.14	2.87	44.11
Páncreas	0.00	0.08	2.44	30.47
Laringe	0.00	0.01	0.5	7.59
Tráquea, de los bronquios y del pulmón	0.01	0.19	3.58	60.19
Vejiga urinaria	0.01	0.01	0.54	9.42
Meninges, del encéfalo y de otras partes del sistema nervioso central	0.72	0.53	1.92	8.72
Leucemia	2.55	2.49	2.93	13.23
Linfoma no Hodgkin	0.29	0.58	1.92	13.31
Mieloma múltiple y tumores malignos de células plasmáticas	0.00	0.01	0.72	6.31
Melanoma	0.01	0.03	0.49	3.32
Mama	0.01	0.18	7.24	23.61
Cuello del útero <sup>1</sup>	0.00	0.35	10.24	41.82
Útero <sup>1</sup>	0.00	0.06	1.23	7.95
Ovario <sup>1</sup>	0.05	0.31	4.03	17.98
Próstata <sup>2</sup>	0.00	0.01	1.47	121.57

<sup>1</sup>/ Por cada 100 mil mujeres.

<sup>2</sup>/ Por cada 100 mil hombres.

Fuente: INEGI. Estadísticas Vitales. Defunciones 2008. Base de datos.

<b>1. Tumores formadores de tejido óseo.</b>	<b>2. Tumores formadores de cartilago.</b>	<b>3. Tumores de Células Gigantes.</b>
A.- Benignos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Osteoma</li> <li>- Osteoma osteoide</li> <li>- Osteoblastoma</li> </ul>	A.- Benignos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Condroma</li> <li>- Osteocondroma</li> <li>- Condrioblastoma</li> <li>- Fibroma condromixioide</li> </ul>	<b>4. Tumores formadores de médula ósea:</b> A.- Sarcoma de Ewing B.- Reticulosarcoma óseo
B.- Malignos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Osteosarcoma</li> <li>- Osteosarcoma yuxtacortical</li> </ul>	B.- Malignos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Condrosarcoma</li> <li>- Condrosarcoma yuxtacortical</li> <li>- Condrosarcoma mesenquimal</li> </ul>	C.- Linfosarcoma óseo D.- Mieloma múltiple
<b>5. Tumores vasculares.</b>	<b>6. Otros tumores de tejido conjuntivo</b>	<b>7. Otros tumores</b>
A.- Benignos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hemangioma</li> <li>- Linfangioma</li> </ul>	A.- Benignos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fibroma desmoide</li> <li>- Lipoma</li> </ul>	A.- Cordoma
B.- Intermedios o indeterminados: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hemangioendotelioma</li> <li>- Hemangiopericitoma</li> </ul>	B.- Malignos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fibrosarcoma</li> <li>- Liposarcoma</li> <li>- Mesenquimoma maligno</li> <li>- Sarcoma indiferenciado</li> </ul>	B.- Adamantinoma de huesos largos
C.- Malignos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Angiosarcoma</li> </ul>		C.- Neurilenoma (Schanoma) D.- Neurofibroma
<b>8. Tumores no clasificados.</b>	<b>9. Lesiones Pseudotumorales</b>	
	A.- Quiste óseo solitario B.- Quiste óseo Aneurismático C.- Quiste óseo Yuxtaarticular D.- Defecto fibroso cortical E.- Fibroma no osificante F.- Granuloma eosinófilo G.- Displasia fibrosa H.- Miositis osificante I.- Tumores pardos del hiperparatiroidismo J.- Quiste epidermoide intraóseo	

<b>Características Esquemáticas Habituales de los Tumores Óseos</b>				
<b>TUMOR</b>	<b>EDAD</b>	<b>MAYOR FRECUENCIA</b>	<b>TOPOGRAFIA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<u>Condroma</u>	10-30	Manos y pies	Diáfisis	Puede ser múltiple
<u>Osteocondroma</u>	< 30	Rodilla, húmero	Metáfisis	Puede ser múltiple
<u>Condrioblastoma</u>	< 20	Húmero, fémur, tibia	Epífisis	Frecuencia mayor en varones
<u>Fibroma condromixóide</u>	< 20	Tibia, fémur, tarso	Metáfisis	Puede recidivar
<u>Condrosarcoma</u>	> 35	Huesos axiales, fémur	Diáfisis	Puede ser secundario a osteocondroma
<u>Osteoma</u>	< 25	Huesos faciales, calota	Senos paranasales	No en otros huesos
<u>Osteoma osteoide</u>	< 30	Huesos largos, vértebras	Intracortical	
<u>Osteoblastoma</u>	< 30	Vértebras, huesos largos	Metáfisis	
<u>Osteosarcomas</u>				
<u>Genuino</u>	< 25	Rodilla, húmero	Metáfisis	
<u>Paraostal</u>	> 25	Fémur, húmero	Metáfisis	Rx típico
<u>Posradiación</u>	muy variable	Sitio de radiación	Sitio de radiación	> 3 años > 3000 r
<u>Sarcoma de Ewing</u>	3-20	Fémur, tibia, pelvis	Diáfisis	A veces múltiple
<u>Linfomas</u>	20-45	Cualquiera	Diáfisis	
<u>Mieloma</u>	> 40	Cualquiera	Múltiples	
<u>Tumor de células gigantes</u>	> 20	Rodilla, extremo inferior del radio	Epífisis	Recidiva. Frecuencia mayor en mujeres
<u>Fibroma</u>	20-40	Huesos largos	Metáfisis	
<u>Histiocitoma fibroso maligno</u>	> 20	Huesos largos, pelvis	Metáfisis	Hay dos cúspides en edad

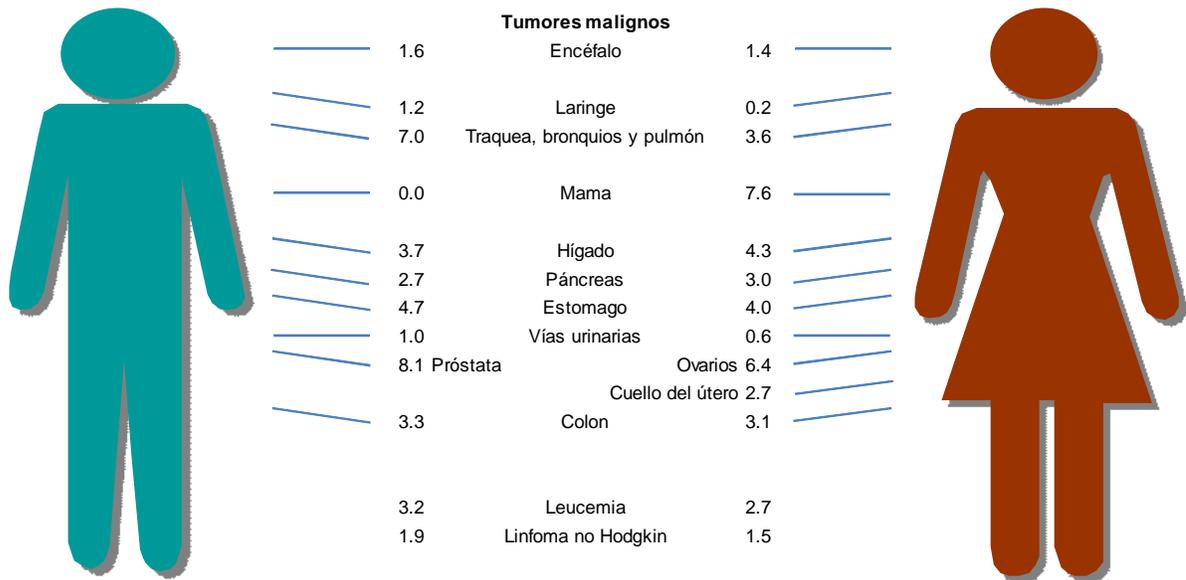


**Parametrización de una Prótesis Tumoral no Convencional de Hombro utilizando un Enfoque Sistémico**



<u>Hemangioma</u>	muy variable	Calota, vértebras		Rx. típica
<u>Cordoma</u>				
Jóvenes y adultos	< 20 y > 40	Región cervical y sacrococcígea	Intervertebral	
<b>LESION</b>				
<b>EDAD</b>				
<b>MAYOR FRECUENCIA</b>				
<b>TOPOGRAFIA</b>				
<b>OBSERVACIONES</b>				
Defecto fibroso	< 15	Fémur, húmero, tibia	Metáfisis	Involución espontánea
Quiste óseo solitario	< 20	Húmero, fémur	Metáfisis	Recidiva frecuente en menores de 10 años
Quiste óseo aneurismático	< 25	Cualquiera	Cualquiera	Hay secundarios a otra lesión esquelética
Histiocitosis de Langerhans	< 25	Cualquiera	Cualquiera	Puede ser múltiple
Displasia fibrosa	< 20	Cualquiera	Diáfisis, metáfisis	Puede ser múltiple

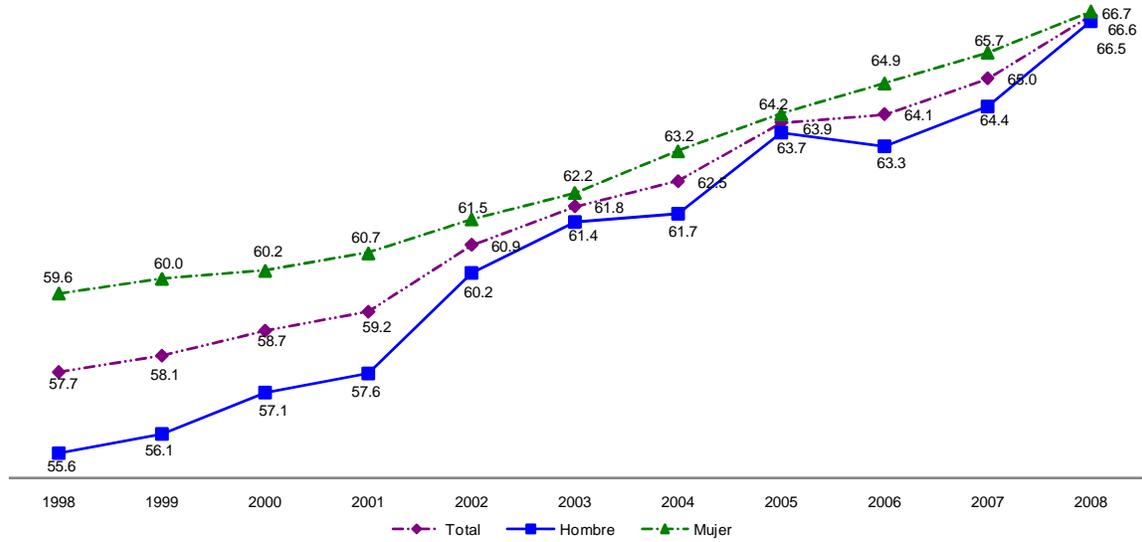
Porcentaje de defunciones por tumores malignos para cada sexo  
2008



Fuente: INEGI. Estadísticas Vitales. Defunciones 2008. Base de datos.

**Tasa observada de defunciones por tumores malignos por sexo según año de ocurrencia 1998-2008**

Por cada 100 mil habitantes



Fuente: INEGI. Estadísticas Vitales, 1998-2008. Bases de datos.

## **ANEXO 2.**

### **Composición ósea**

El tejido óseo es el principal componente del hueso y del sistema esquelético. Ejerce funciones de soporte a las partes blandas del cuerpo, contiene las articulaciones y proporciona inserciones a los músculos implicados en la locomoción. La composición del tejido óseo se divide en dos componentes: la matriz ósea y sus células [2, 3].

### **Matriz ósea**

Es el sitio en donde se encuentran dos componentes: el inorgánico y el orgánico. La porción inorgánica del hueso es del 50%, compuesto por calcio y fosfato en forma de pequeños cristales de hidroxapatita, lo que provoca que el tejido sea duro y rígido.

Mientras que el componente orgánico proporciona al hueso su flexibilidad y elasticidad. La composición del hueso depende de la edad de la persona, si presenta algún padecimiento o bien su herencia genética. El 85% de agua se encuentra en la matriz orgánica, alrededor de las fibras de colágeno las cuáles forman el 25% del peso seco del hueso, el 15% restante de agua se aloja en las cavidades en donde se encuentran las células óseas, las cuáles transportan nutrientes al tejido óseo. La matriz ósea tiene una gran durabilidad y estabilidad, pudiendo permanecer prácticamente inalterable y mantiene su resistencia durante siglos después de que el organismo haya muerto [2].

### **Células óseas**

Este tejido consta de cuatro tipos celulares: células osteógenas u osteoprogenitoras, osteoblastos, osteocitos y osteoclastos, de las cuáles las tres primeras son una misma estirpe celular en distintas etapas madurativas, Figura 2.2.

**a) Célula osteoprogenitora.** Proviene de la célula mesenquimal del tejido conjuntivo, la cual presta la potencialidad de convertirse en osteoblasto. Se encuentra en el endostio y capa interna del periostio de los huesos, así como en las superficies internas de los conductos de Havers y Wolkmann, siendo su función principal la reserva celular capaz de diferenciarse cuando sea preciso en osteoblastos u osteocitos.

Son más activas durante la fase de crecimiento óseo y en aquellas situaciones en las que es necesaria la formación de tejido óseo, como es la reparación de fracturas.

**b) Osteoblastos.** Proceden de las células osteoprogenitoras y son los encargados de la formación del hueso, su principal función es la síntesis y segregación de los componentes orgánicos de la matriz ósea, como son: los precursores de las fibras colágenas, proteoglicanos y glicoproteínas para la remodelación y resistencia del hueso.

**c) Osteocitos.** Son las células principales del tejido óseo debido a que lo mantienen vivo, residen en las lagunas u osteoplasmas formadas en el centro de la matriz calcificada, son los encargados de construir la matriz ósea (sólida y mineralizada). Más del 90% de las células óseas de una persona adulta son osteocitos. Las dos funciones fundamentales de los osteocitos son:

1) Detectar cambios en los estímulos mecánicos a los que el hueso es expuesto, emitiendo señales a las células encargadas del remodelado óseo (osteoblastos y osteoclastos). Permitiendo que el hueso se adapte a las necesidades mecánicas, respondiendo a los cambios de formación ósea.

2) Detectar el microdaño en el hueso, inducido por fatiga.

**d) Osteoclastos.** Célula de gran tamaño que se forma en la médula ósea, cuya función consiste en absorber y eliminar el tejido no deseado. Se ubican principalmente en el endostio formando pequeñas depresiones llamadas Lagunas de Howship. El papel fundamental del osteoclasto es la degradación del tejido óseo, con esto se evita que el hueso llegue a ser muy grueso y pesado [2, 4-6].

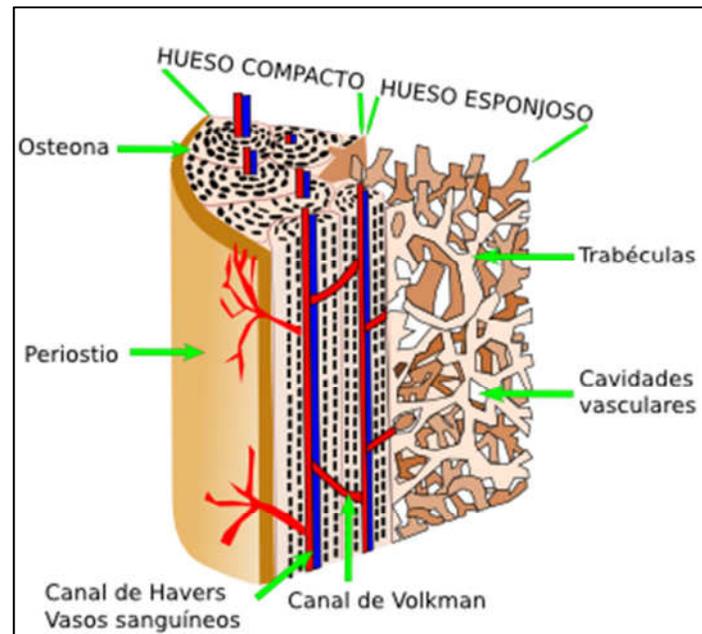


Figura a) Tejido óseo esponjoso. b) Detalle del corte transversal de una trabécula. (Tortora G, Grabowski S. Principios de Anatomía y Fisiología. Tercera edición. Editorial Harcourt Brace, Madrid, España 1999)<sup>4</sup>.

### Estructura del hueso.

Estructuralmente, el sistema esquelético está formado por cartílago, tejido óseo (hueso), médula ósea y periostio. (Figura 2.3)

El **cartílago articular** es una fina capa de cartílago hialino que recubre la epífisis en las zonas donde el hueso forma la articulación con otro hueso. El cartílago reduce la fricción y absorbe las fuerzas de choque en las articulaciones que se mueven libremente.

La **médula ósea** consta principalmente de células sanguíneas y sus precursores. Su función primordial, la hematopoyesis, es la formación de células sanguíneas rojas y blancas y megacariocitos, que se fragmentan para formar plaquetas (necesarias para la coagulación de la sangre).

El **periostio** es la cubierta de tejido conectivo que cubre a la superficie externa del hueso, excepto en las superficies articulares. Está compuesta por dos capas, la capa fibrosa externa y la capa osteogénica interna. El periostio es esencial para el crecimiento en diámetro, la reparación y la nutrición del hueso. También sirve como punto de unión para los ligamentos y tendones.

Además la estructura del hueso está conformada por el endostio y la médula amarilla.

El **endostio** es una membrana delgada y frágil, que cubre todas las cavidades del hueso, incluyendo la cavidad de la médula ósea de los huesos largos, los espacios medulares del hueso esponjoso y los conductos de Havers.

La **médula amarilla** es tejido conectivo formado en su mayor parte por células grasas, y se encuentra principalmente en la diáfisis de huesos largos, dentro de la cavidad medular. [7- 9]

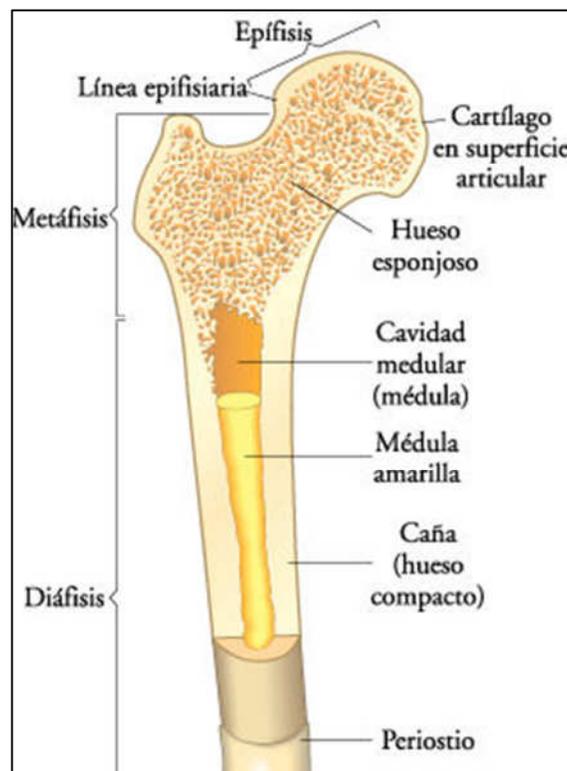


Figura Estructura del hueso (Anthony C. Anatomía y Fisiología. Novena Edición. Editorial Iberoamérica. México 1997)<sup>9</sup>

## **Tipos de tejido óseo**

Existen dos tipos de tejido óseo: el hueso cortical o compacto y el hueso esponjoso o trabecular, distinguiéndose por la cantidad de materia sólida y por el número de trabéculas que contienen (Figura 2.4).

### **Hueso cortical o compacto**

Está formado por una cubierta externa sólida o corteza del hueso. Proporciona una estructura resistente a cargas mecánicas que se ejercen sobre el hueso, permitiéndole cumplir funciones de protección y soporte. Tiene una estructura de láminas o anillos concéntricos alrededor de canales centrales llamados canales de Havers que se extienden longitudinalmente. Los canales de Havers están conectados con otros canales llamados canales de Volkmann que perforan el periostio.

Ambos canales son utilizados por los vasos sanguíneos, linfáticos y nervios para extenderse por el hueso. La mayor parte del tejido óseo compacto se concentra en la diáfisis de los huesos largos.

### **Hueso esponjoso o trabecular**

Se compone de trabéculas las cuáles forman una estructura esponjosa dejando huecos que están llenos por médula ósea roja. En las paredes de las trabéculas están los osteocitos, los cuales permiten el intercambio de nutrientes con los vasos sanguíneos penetrando directamente en el hueso esponjoso. Quien es el principal constituyente de la epífisis de los huesos largos y del interior de la mayor parte de los huesos [1, 2, 5]

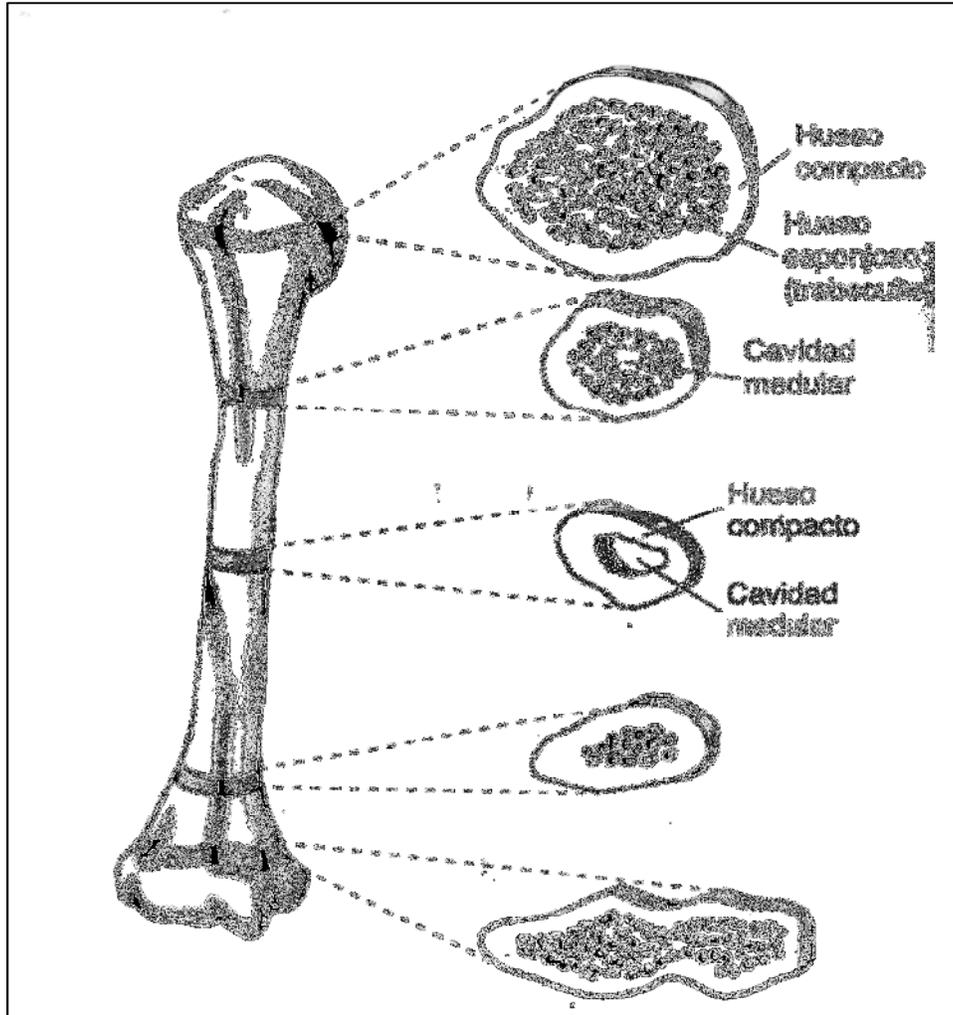


Figura Secciones transversales del húmero. (Keith L. Moore, Arthur F. Dalley II. Anatomía con Orientación Clínica. Quinta Edición. Editorial Médica Panamericana. México 2008)<sup>16</sup>.

### Clasificación de los huesos.

Los huesos del esqueleto se dividen según su forma, en cinco tipos: largos, cortos, planos, irregulares y sesamoideos.

Los **huesos largos** constan de una zona cilíndrica, la diáfisis, y dos extremos, llamados cada uno epífisis.

La diáfisis está formada básicamente por tejido compacto, el cual está engrosado en la porción media del hueso, donde el esfuerzo sobre él es mayor.

La resistencia de un hueso largo está asegurada, además, por una ligera curvatura en su porción cilíndrica.

El interior de la misma es la cavidad de la médula, llamado también conducto medular.

Las porciones más anchas de cada extremo de la diáfisis y las epífisis están formadas de un núcleo central de hueso esponjoso rodeado de una capa delgada de hueso compacto.

Las extremidades son, en general, anchas y extendidas, comparadas con la diáfisis, para facilitar la articulación con otros huesos y proporcionar una superficie más grande para la unión muscular. (Figura 2.5)

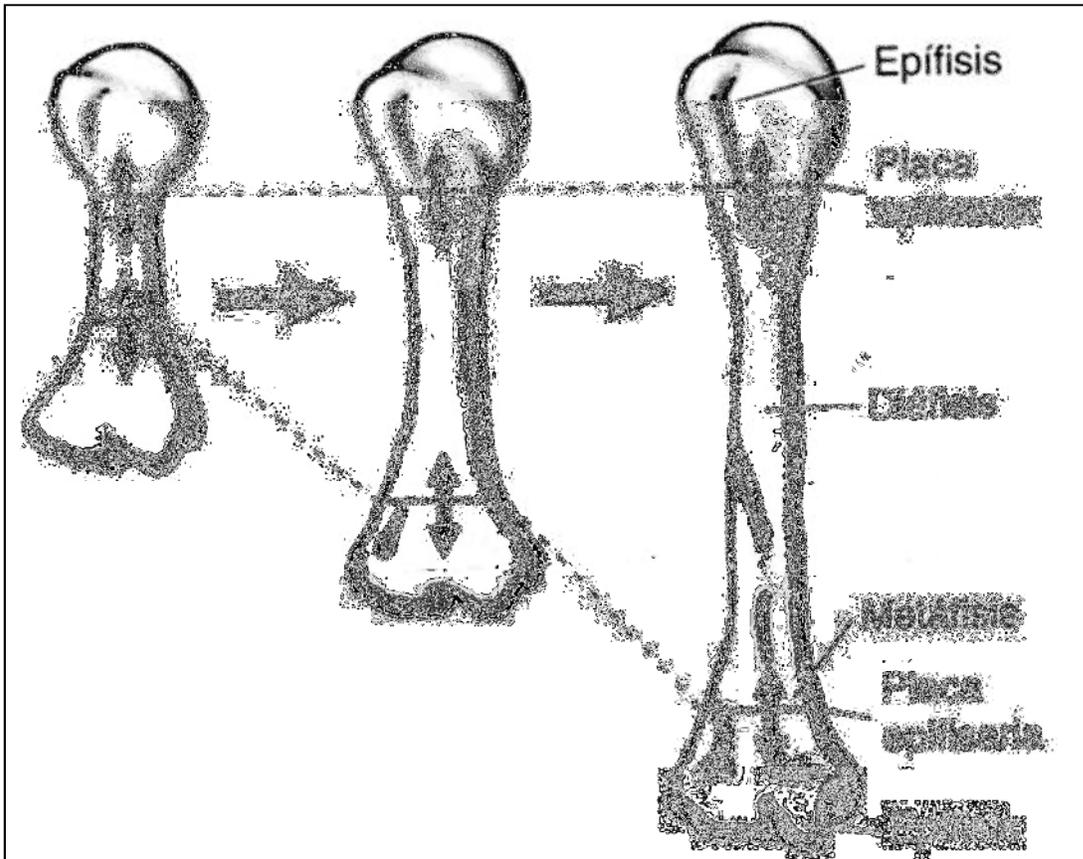


Figura 2.5 Desarrollo y crecimiento de un hueso largo. (Keith L. Moore, Arthur F. Dalley II. Anatomía con Orientación Clínica. Quinta Edición. Editorial Médica Panamericana. México 2008)<sup>8</sup>

Los **huesos cortos**, tienen forma irregular, volumen restringido y sus tres ejes son semejantes. Solamente una capa delgada de tejido compacto cubre el tejido esponjoso de un hueso corto típico.

Los **huesos planos** se encuentran dondequiera que se necesite protección de partes blandas del cuerpo o un lugar para inserción muscular extensa. Estos huesos se componen de dos láminas planas de tejido compacto que encierran una capa de hueso esponjoso.

Los **huesos irregulares** tienen la misma composición y estructura básicas que los cortos y planos; sin embargo este último grupo comprende huesos de forma característica y diferente, como son las vértebras y los huesillos del oído.

Los **huesos sesamoideos** en general se consideran como una categoría aparte, ya que son huesos pequeños, redondeados. Están incluidos en tejido tendinoso y aponeurótico, y se encuentran junto a articulaciones.

Se cree que su función es incrementar la función de palanca de los músculos. La rótula es el más grande y más definido de los huesos sesamoideos. [7- 9]

### Clavícula.

Es un hueso largo que se extiende entre el esternón y la escápula, con los que se articula. De dirección transversal y encorvado dos veces sobre su eje en forma de **S**, es convexo ventralmente en su mitad medial y cóncavo en la lateral. Como todo hueso largo, la clavícula presenta un cuerpo y dos extremidades. (Figura 2.9)

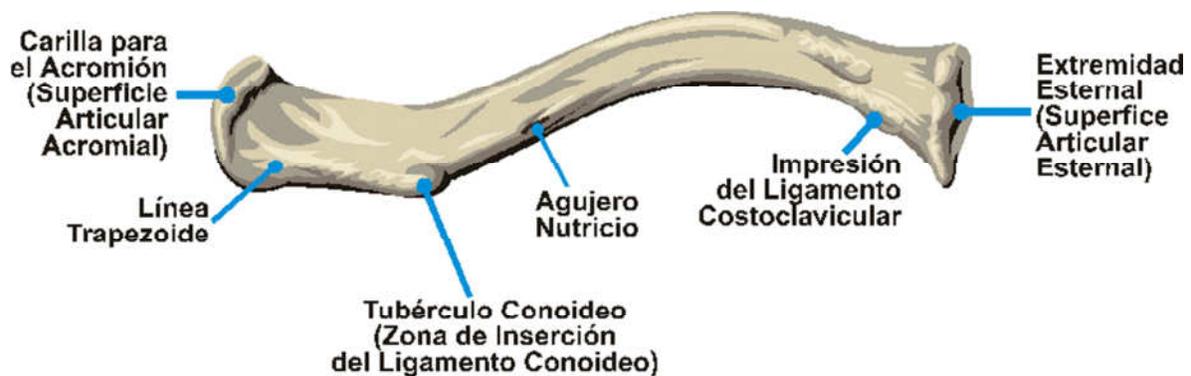


Figura 2.8 Vista inferior de la clavícula derecha. (Fuentes R. Anatomía Humana General. Primera Edición. Editorial Trillas. México 1997)<sup>14</sup>

### Escápula (omóplato).

Hueso plano, par y simétrico, está colocado en la parte craneodorsolateral del tronco, sirviendo de enlace entre éste y la extremidad superior. De forma triangular, con base craneal, la escápula presenta en su cara anterior o costal, llamada también fosa subescapular, una serie de crestas más o menos marcadas que, partiendo del ángulo lateral, divergen en dirección caudomedial para dar inserción al músculo subescapular. (Figuras 2.9 a y b)

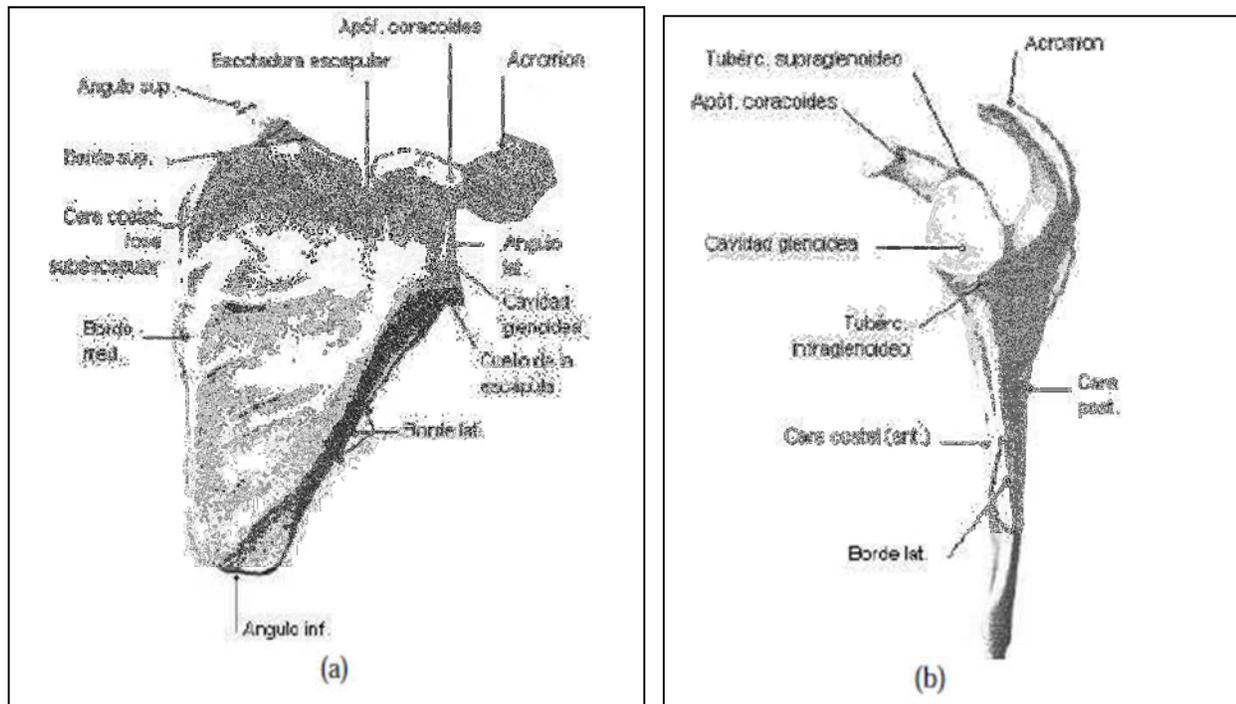


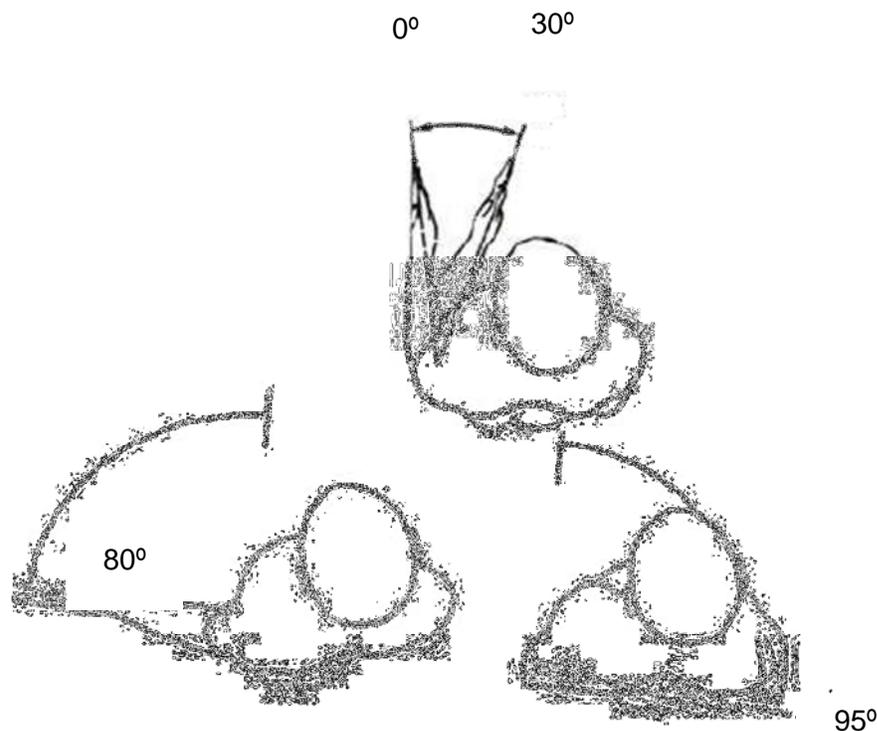
Figura 2.9 (a) Vista posterior de la escápula. (b) Vista lateral de la escápula. (Fuentes R. Anatomía Humana General. Primera Edición. Editorial Trillas. México 1997)<sup>14</sup>

### Rotación Interna y Externa del brazo.

La Rotación del brazo sobre su eje longitudinal puede realizarse en cualquier posición del hombro. Se trata de la rotación voluntaria o adjunta de las articulaciones con tres ejes y tres grados de libertad.

Para medir la amplitud de los movimientos de rotación es obligatoria la flexión del codo a  $90^\circ$ , de este modo el antebrazo está inserto en un plano sagital y en rotación  $0^\circ$ .

Dirige los movimientos de rotación externa con una amplitud de  $80^\circ$ , no llega a los  $90^\circ$ , es realizado por los músculos supraespinoso, infraespinoso y redondo menor y los movimientos de rotación interna con una amplitud de  $95^\circ$ , para lograrlo es imprescindible cierto grado de retropulsión para que el antebrazo se coloque detrás del tronco; es realizado por el músculo subescapular y el redondo mayor. (Figura 2.16)



**Figura 2.16 Rotación interna y externa del brazo. (Kapandji AI. Fisiología Articular Miembro Superior. Quinta Edición. Editorial Panamericana. Madrid, España 2001)<sup>15</sup>**

### Circunducción.

La Circunducción combina los movimientos elementales en torno a tres ejes (Figura 2.17); cuando la Circunducción alcanza su máxima amplitud el brazo describe en el espacio un cono irregular: **el Cono de Circunducción**.

Dicho cono delimita, en la esfera cuyo centro es el hombro y cuyo radio es igual a la longitud del miembro superior, **un sector esférico de accesibilidad**, en cuyo interior la mano puede tomar objetos sin desplazamiento del tronco. [15]

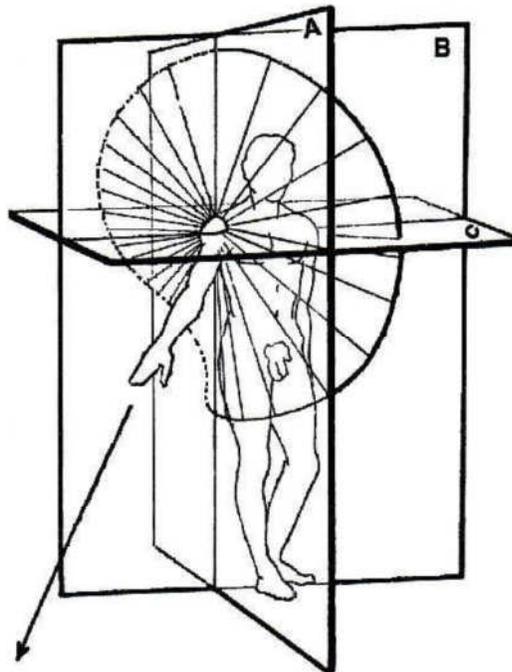


Figura 2.17 Movimiento de Circunducción. (Kapandji AI. Fisiología Articular Miembro Superior. Quinta Edición. Editorial Panamericana. Madrid, España 2001)<sup>15</sup>

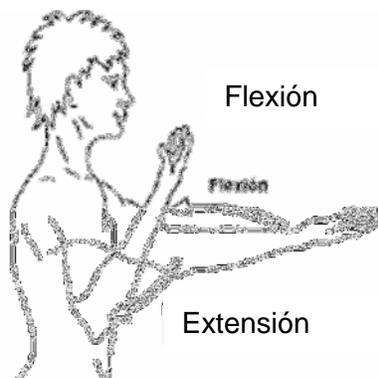
## Fisiología del codo.

### Complejo articular del codo.

El codo es la articulación intermedia del miembro superior: al realizar la unión mecánica entre el primer segmento –**el brazo**- y el segundo –**el antebrazo**- del miembro superior. Le posibilita, orientado en los tres planos del espacio gracias al hombro, desplazar más o menos lejos del cuerpo su extremidad activa: **la mano**.

El complejo articular del codo comprende tres articulaciones: **la humerocubital, la humeroradial** y **la radiocubital proximal**. Permitiendo dos tipos de movimiento, **flexión-extensión** y **pronación-supinación**.

La flexión-extensión tiene un rango funcional de movimiento de 30° a 145°, siendo la mayoría de las actividades de la vida diaria acometidas dentro de este rango. (Figura 2.18) [5, 15]



**Figura 2.18 Flexoextensión del codo. (Kapandji AI. Fisiología Articular Miembro Superior. Quinta Edición. Editorial Panamericana. Madrid, España 2001)<sup>15</sup>**



### Flexión del codo.

Los músculos motores de la flexión del codo incluyen: **el braquial anterior, el bíceps braquial y el supinador largo.**

El músculo braquial anterior va desde la cara anterior del húmero hasta la apófisis coronoides del cúbito y es exclusivamente flexor del codo. El bíceps se origina por dos cabezas: la porción larga se inserta en el tubérculo supraglenoideo de la escápula y la porción corta en la apófisis coracoides. La inserción distal se realiza en la tuberosidad bicipital del radio. Es un músculo biarticular, ya que salta las articulaciones del hombro y del codo.

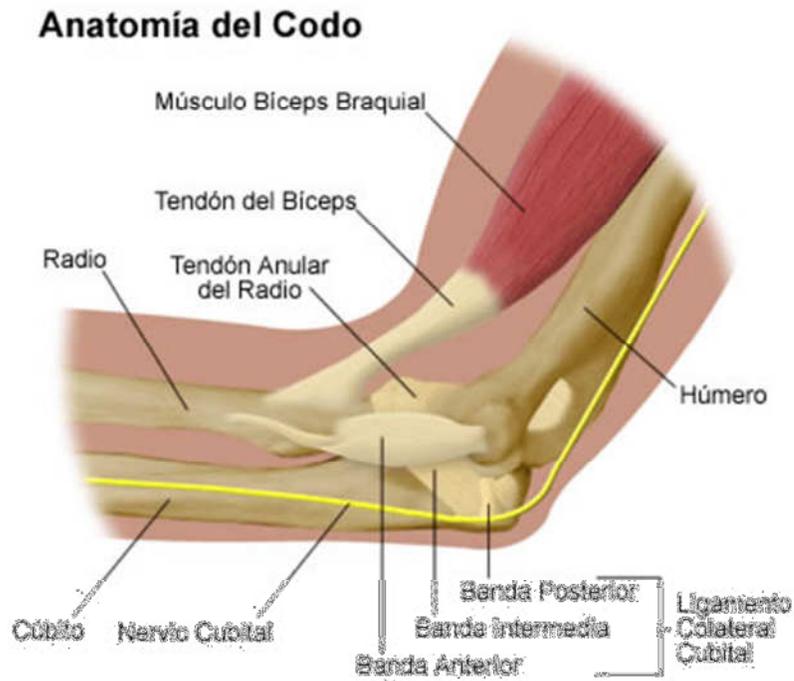
El músculo supinador largo se extiende desde el borde externo de la parte distal del húmero hasta la apófisis estiloides del radio. Tiene como misión principal flexionar el codo.

La eficacia de los músculos flexores es máxima con el codo en flexión de  $90^\circ$ , ya que, cuando están en extensión, la fuerza muscular es paralela al antebrazo y el brazo de palanca es más corto. (Figura 2.19)

El pico de potencia flexora del bíceps es mayor en extensión, pero su potencia supinadora es menor. Con la semiflexión la eficacia de la fuerza para la flexión aumenta, siendo máxima para el bíceps en  $80-90^\circ$  y para el supinador largo en  $100-110^\circ$ .

Por lo tanto la posición del codo y del antebrazo influye en el momento de los músculos del codo.

La extensión del codo está determinada por la acción de un solo músculo, **el tríceps braquial.** Como su nombre lo indica, está formado por tres porciones que se funden en un tendón común que se inserta en la parte posterosuperior del olecranon.



**Figura 2.19** Músculos flexores del codo. (Miralles RC. Biomecánica Clínica del Aparato Locomotor. Primera Edición. Editorial Masson. Barcelona 1998)<sup>16</sup>



### ANEXO 3.

#### FORMATO PARA LA RECOPIACIÓN DE LOS EXPEDIENTES DE LOS PACIENTES INGRESADOS AL INR 2005 – 2010. (Realización Propia 2011)

NOMBRE	EDAD	REGISTRO	DIAGNÓSTICO	ETAPA

#### Forma en que se realiza el examen

A usted se le solicitará que se acueste en una mesa estrecha que se desliza hacia el centro del tomógrafo.

Una vez que usted está dentro del escáner, el haz de rayos X de la máquina rota a su alrededor. (Los escáneres modernos en "espiral" pueden realizar el examen sin detenerse).

Una computadora crea imágenes separadas del área del cuerpo, llamadas cortes. Estas imágenes se pueden almacenar, observar en un monitor o imprimirse en una película. Se pueden crear modelos tridimensionales del área del cuerpo juntando los cortes.

Usted debe permanecer quieto durante el examen, ya que el movimiento ocasiona imágenes borrosas. Igualmente, le pueden solicitar que contenga la respiración por períodos de tiempo breves.

Generalmente, los exámenes completos toman sólo unos cuantos minutos. Los escáneres más nuevos pueden tomar imágenes de todo el cuerpo, de los pies a la cabeza, en menos de 30 segundos.

Ciertos exámenes requieren un colorante especial, llamado medio de contraste, que se introduce en el cuerpo antes de que el examen comience. El medio de contraste ayuda a que ciertas áreas se vean mejor en las radiografías.



El medio de contraste se puede administrar de varias maneras y depende del tipo de tomografía computarizada que se lleve a cabo.

- Se puede administrar a través de una vena (IV) en la mano o en el antebrazo.
- Se puede administrar a través del recto utilizando un enema.
- Usted se lo podría tomar antes de la tomografía. El momento para beber el medio de contraste depende del tipo de examen que se vaya a realizar. El medio de contraste líquido puede tener un sabor a tiza, aunque algunos vienen con sabores para que sepan un poco mejor. El medio de contraste finalmente sale del cuerpo a través de las heces.

Si se utiliza un medio de contraste, es posible que también se le solicite no comer ni beber nada durante 4 a 6 horas antes del examen.

Antes de recibir el medio de contraste, coménteles al médico si toma el medicamento para la diabetes metformina (Glucophage), debido a que puede ser necesario tomar precauciones adicionales.

Si usted pesa más de 300 libras (141 kilos), averigüe si el tomógrafo tiene un límite de peso. Demasiado peso puede causar daño a las partes funcionales del equipo.

A usted se le solicitará quitarse las joyas y ponerse una bata de hospital durante el estudio.

Algunas personas pueden sentir incomodidad por el hecho de permanecer acostadas sobre una mesa dura.

El medio de contraste administrado a través de una vía intravenosa puede causar una ligera sensación de ardor, un sabor metálico en la boca y un calor súbito en el cuerpo. Estas sensaciones son normales y usualmente desaparecen al cabo de unos pocos segundos.



Es por esto que se recomienda este método de realización de la tomografía computarizada (TC), ya que crea rápidamente imágenes detalladas del cuerpo, incluyendo el cerebro, el tórax, la columna y el abdomen. El examen se puede utilizar para:

- Diagnosticar una infección
- Guiar a un cirujano hacia el área correcta durante una biopsia
- Identificar masas y tumores, incluyendo cáncer
- Estudiar los vasos sanguíneos

Por otro lado los resultados se consideran normales si los órganos y las estructuras que se examinan son normales en apariencia.

Los resultados anormales dependen de la parte del cuerpo a examinar. Consulte con el médico si tiene cualquier tipo de preguntas e inquietudes.

Los riesgos de las tomografías computarizadas abarcan:

- Exposición a la radiación.
- Reacción alérgica al medio de contraste.

Las tomografías computarizadas en realidad lo exponen a uno a una mayor radiación que las radiografías regulares. El hecho de tomar muchas radiografías o tomografías computarizadas con el tiempo puede aumentar el riesgo de cáncer. Sin embargo, el riesgo de cualquier tomografía es pequeño. Usted y el médico deben sopesar el riesgo frente a los beneficios de obtener un diagnóstico correcto para un problema de salud.

Algunas personas tienen alergias al medio de contraste. Coméntele al médico si usted alguna vez ha tenido una reacción al medio de contraste inyectado.

- El tipo más común de medio de contraste administrado por vía intravenosa contiene yodo. Si a una persona alérgica al yodo se le administra este tipo de medio de contraste, puede experimentar náuseas o vómitos, estornudos, picazón o urticaria.

- Si definitivamente se le tiene que administrar este medio de contraste, el médico le puede dar antihistamínicos (como Benadryl) o esteroides antes del examen.
- Los riñones ayudan a sacar el yodo del cuerpo. Aquellas personas que padecen nefropatía o diabetes posiblemente necesiten recibir líquidos adicionales después del examen para ayudar a eliminar el yodo del cuerpo.

En raras ocasiones, el medio de contraste puede ocasionar una respuesta alérgica potencialmente mortal llamada anafilaxia. Si usted presenta alguna dificultad para respirar durante el examen, debe notificárselo al operador del escáner inmediatamente. Estos aparatos traen un intercomunicador y parlantes, de tal manera que el operador puede escucharlo en todo momento.

Las tomografías computarizadas y otros procedimientos de rayos X se controlan y regulan estrictamente para garantizar el uso mínimo de radiación. Las tomografías computarizadas en realidad crean niveles bajos de radiación ionizante, la cual tiene el potencial de ocasionar cáncer y otros defectos. Sin embargo, el riesgo asociado con cualquier tomografía individual es pequeño, pero aumenta a medida que se llevan a cabo numerosos estudios adicionales.

En algunos casos, se puede aún realizar una TC si los beneficios superan con creces a los riesgos. Por ejemplo, puede ser más riesgoso no realizar el examen, especialmente si el médico piensa que usted podría tener cáncer.

Una tomografía computarizada abdominal generalmente no se recomienda para mujeres embarazadas, porque puede causarle daño al feto. Las mujeres que están o pueden estar en embarazo deben hablar con su médico para determinar si en vez de esto se puede utilizar una ecografía.

El tipo más común de medio de contraste administrado por vía intravenosa contiene yodo. Si a una persona alérgica al yodo se le administra este medio de contraste, se puede presentar náuseas, vómitos, estornudos, picazón o urticaria. En raras ocasiones, el medio de contraste puede ocasionar una respuesta alérgica potencialmente mortal llamada anafilaxia. Si usted presenta alguna dificultad para respirar durante el examen, debe notificárselo al operador del escáner inmediatamente. Estos aparatos traen un intercomunicador y parlantes, de tal manera que el operador puede escucharlo en todo momento.



En personas con problemas renales, el medio de contraste puede tener efectos tóxicos sobre los riñones. En estas situaciones, se pueden tomar medidas especiales para hacer que la TC sea más segura. [4]

ANEXO 4.

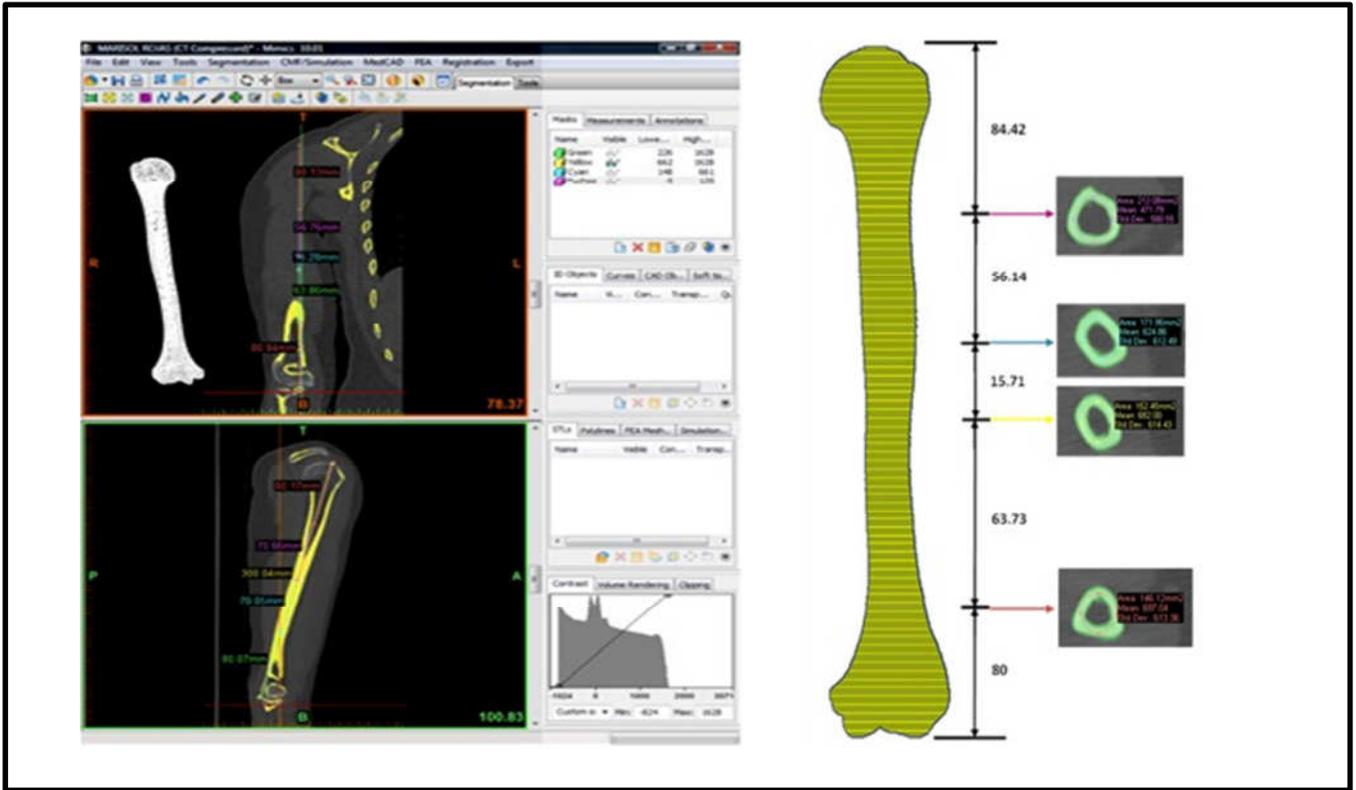


Figura 4.2 inciso a) Tomografía realizada a los húmeros y utilización del Software MIMICS 10.1

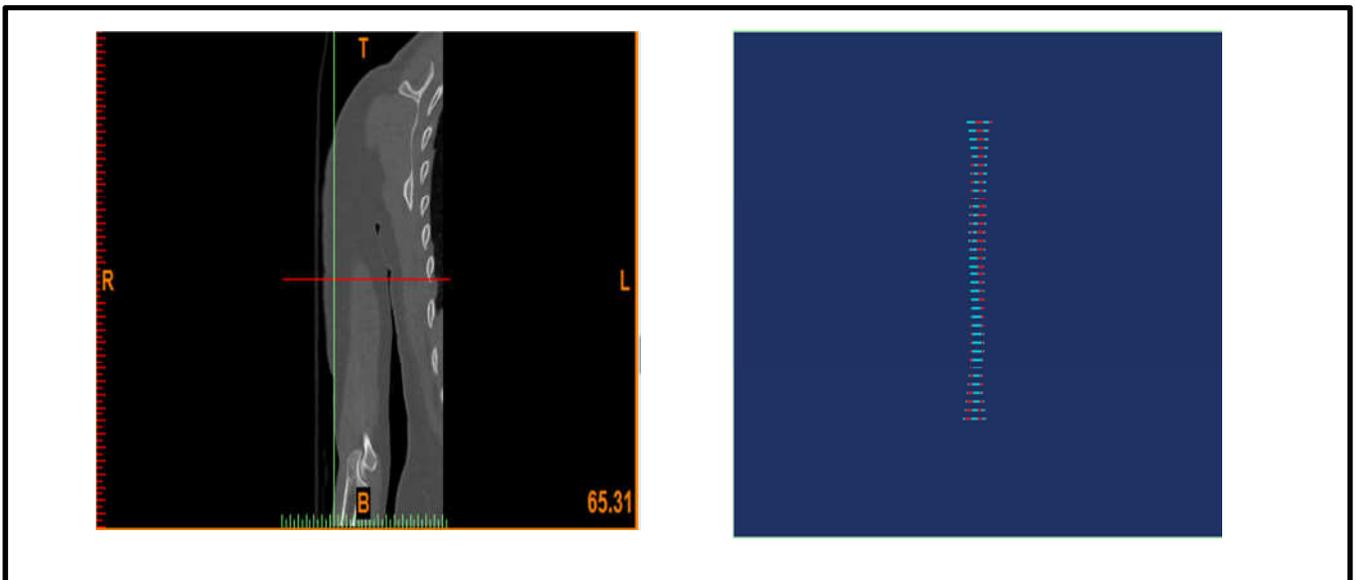
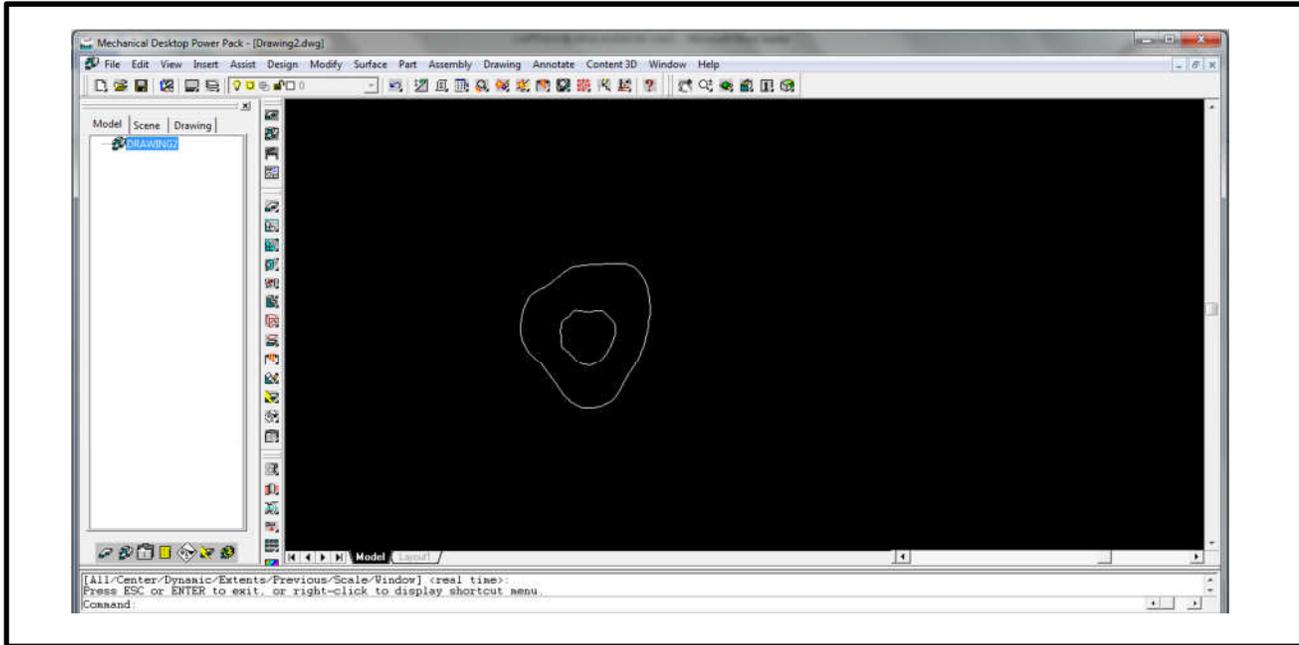
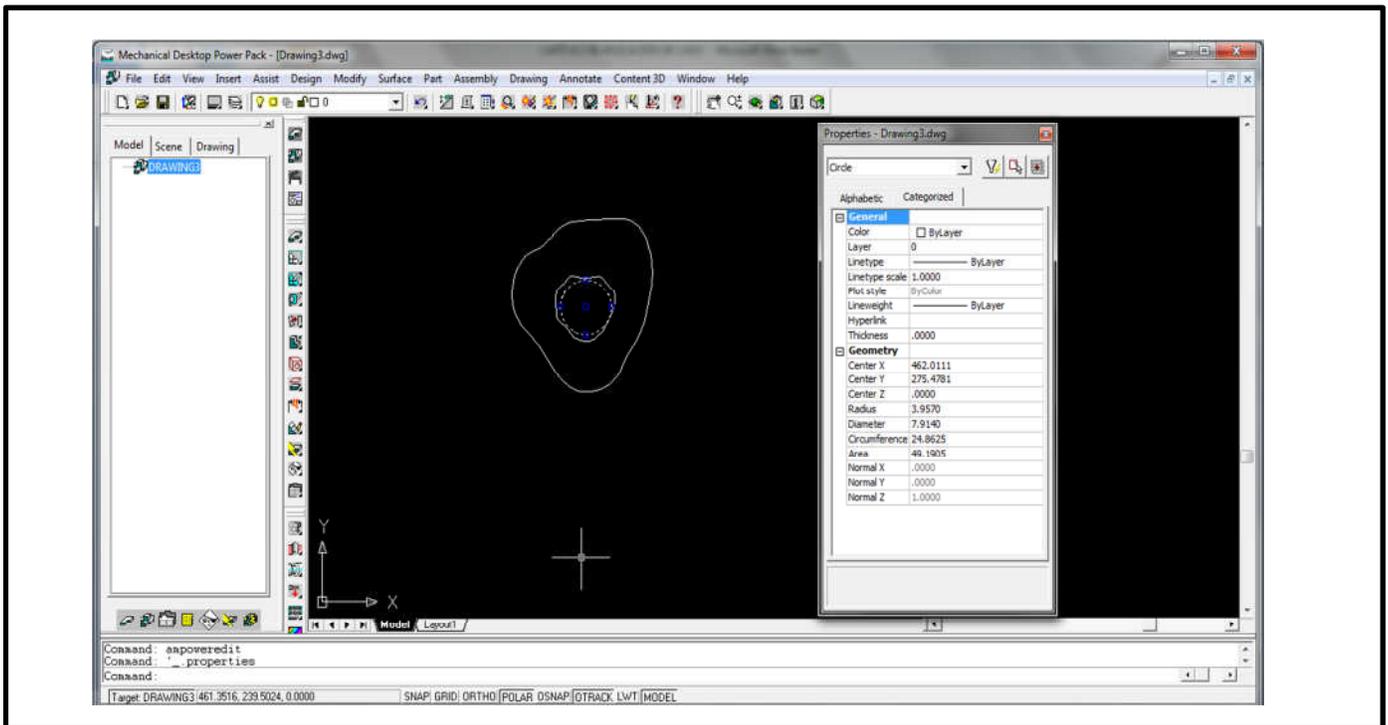


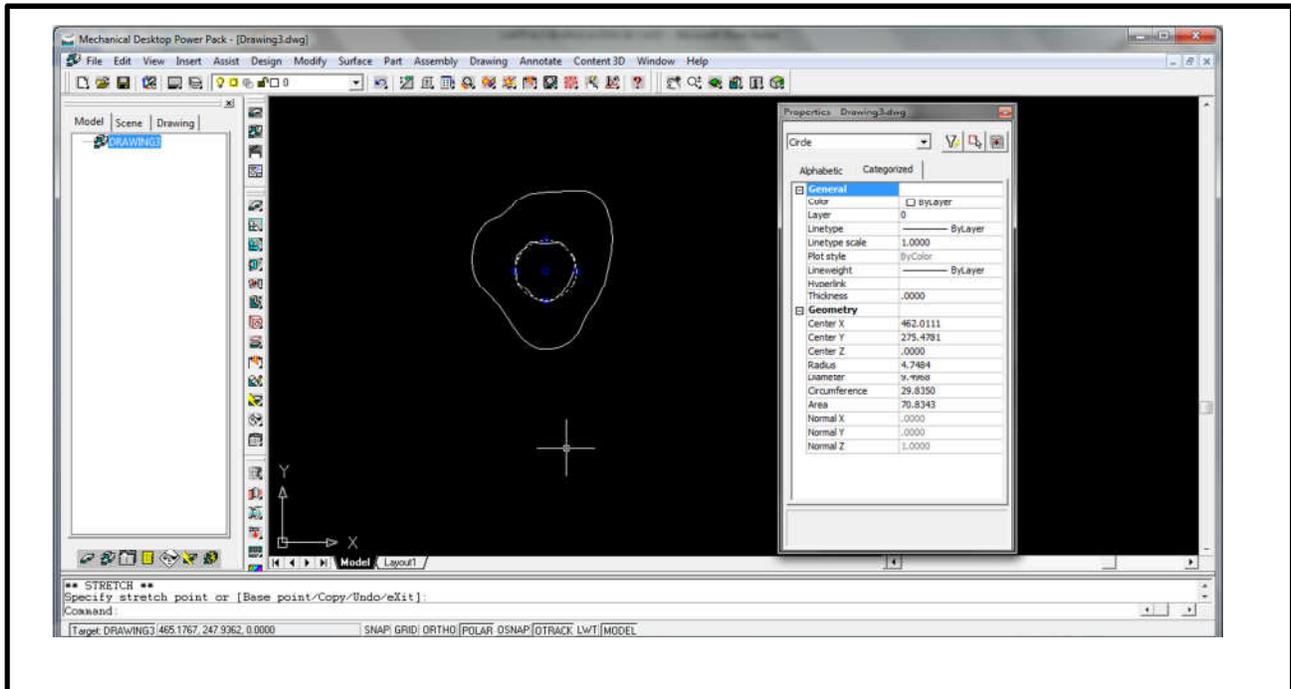
Figura 4.2 inciso b) Tomografía realizada a los húmeros y utilización del Software MIMICS 10.1



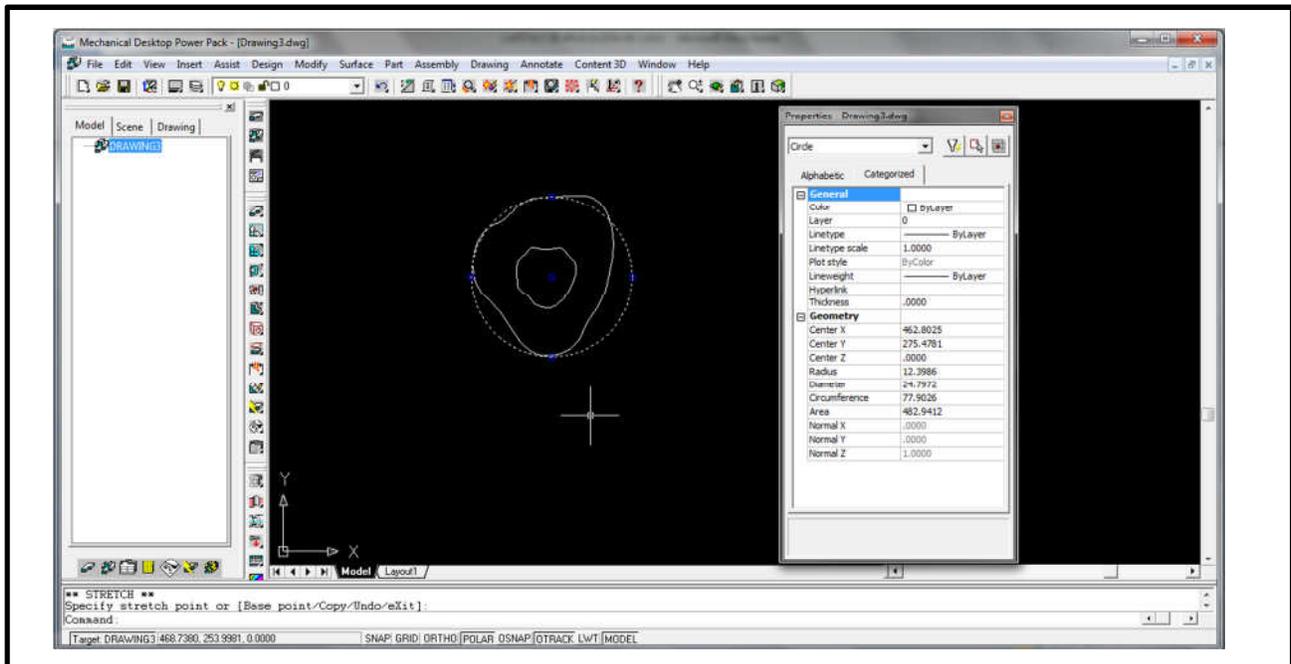
**Figura 4.3 i Utilización del Software Mechanical Desktop 6 Powered. Vista de la imagen importada del Software MIMICS 10.1**



**Figura 4.3 ii Utilización del Software Mechanical Desktop 6 Powered. Medición de la imagen importada del Software MIMICS 10.1 (Diámetro del Vástago)**



**Figura 4.3 iii Utilización del Software Mechanical Desktop 6 Powered.  
Medición de la imagen importada del Software MIMICS 10.1  
(Diámetro de la Corona)**



**Figura 4.3 iv Utilización del Software Mechanical Desktop 6 Powered.  
Medición de la imagen importada del Software MIMICS 10.1  
(Diámetro del Implante)**



**ANEXO 5.**

<b>RECOPIACIÓN DE DATOS</b>		
<b>NOMBRE:</b>		<b>EDAD:</b>
<b>ESTATURA:</b>	<b>PESO:</b>	<b>SEXO:</b> (M) (F)
<b>LUGAR DE NACIMIENTO (LN):</b>		
<b>LN PADRE:</b>		
<b>LN ABUELO PATENO:</b> <b>LN ABUELA PATERNA:</b>		
<b>LN MADRE:</b>		
<b>LN ABUELO MATERNO:</b> <b>LN ABUELA MATERNA:</b>		
<b>ACTIVIDADES FÍSICAS</b> <b>TIPO DE ACTIVIDAD FÍSICA:</b> <b>TIEMPO DE DESARROLLO:</b>		

**Cuestionario 1. Recopilación de Datos. Realización Propia 2011.**



**ANEXO 6.**

**FORMATO PARA LA RECOPIACIÓN DE LA MEDIDAS REALIZADAS A LAS TOMOGRAFÍAS DE LOS HÚMEROS (2005 – 2010) INR.  
(Realización Propia. 2011)**

<b>NOMBRE DEL PACIENTE:</b>		<b>FECHA:</b>
<b>NÚMERO DE EXPEDIENTE (REGISTRO):</b>		
<b>TIPO DE TUMOR:</b>		
<b>HÚMERO:</b>		
<b>MEDICIÓN HÚMERO DERECHO</b>	<b>MEDICIÓN HÚMERO IZQUIERDO</b>	<b>INTERNO / EXTERNO</b>

## ANEXO 7.

### Húmeros Chicos

Longitud del húmero: 285 mm
Edad 28 años
Peso: 74 kg.
Estatura: 1.60 m
LN: Tacubaya D.F.
Corte Tomográfico: 2.5 mm

VÁSTAGO	CORONA	EXTERNO	CORTE TOMOGRÁFICO
DV	DC	DE	
5.46	6.89	22.95	1
7.37	9.49	22.01	2
6.93	9.28	21.33	3
7.09	9.42	20.97	4
7.54	9.43	20.38	5
6.52	8.76	20.62	6
6.33	9.35	20.59	7
6.6	9.38	21.79	8
7.45	9.87	21.35	9
7.62	10.26	22.28	10
8	10.49	22.32	11
8.23	10.89	22.44	12
9.42	12.55	22.16	13
9.93	12.34	22.31	14
10.89	13.23	22.7	15
12.69	15.11	24.52	16
15.36	18.87	27.66	17
22.31	26.48	36.87	18



Longitud del húmero: 285 mm
Edad 34 años
Peso: 68 kg.
Estatura: 1.60 m
LN: D.F.
Corte Tomográfico: 2.5 mm

VÁSTAGO	CORONA	EXTERNO	CORTE TOMOGRÁFICO
DV	DC	DE	
5.94	8.3	22.47	1
5.78	7.44	20.48	2
6.28	8	20.32	3
6.35	8.12	20.12	4
6.27	8.24	19.67	5
6.66	8.17	20.3	6
6.38	8.01	20.12	7
5.8	7.65	20.44	8
5.49	6.9	20.59	9
5.88	7.41	20.45	10
6.52	8.23	20.35	11
6.71	8.66	20.66	12
7.09	8.97	21.38	13
8.3	10.34	21.08	14
9.22	11.06	21.2	15
11.11	13.33	22.11	16
14.59	17.85	27.1	17
23.34	28.8	36.56	18



Longitud del húmero: 300 mm
Edad 27 años
Peso: 76 kg.
Estatura: 1.63 m
LN: D.F.
Corte Tomográfico: 0.63 mm

VÁSTAGO	CORONA	EXTERNO	CORTE TOMOGRÁFICO
DV	DC	DE	
7.81	9.47	24	1
8.85	10.29	22.35	2
7.34	9.41	22.52	3
8.18	10.51	21.5	4
7.63	9.48	20.17	5
8.03	9.7	20.82	6
8.32	9.86	19.59	7
7.04	8.99	20.45	8
6.77	8.72	19.85	9
6.44	8.76	19.45	10
7.07	8.95	19.32	11
6.66	8.87	20.4	12
6.46	8.77	19.76	13
6.21	8.07	21.3	14
6.83	8.96	20.29	15
7.06	8.98	20.11	16
7.15	9.08	20.29	17
7.58	9.11	19.7	18
7.87	9.72	20.6	19
8.21	10.18	21.2	20
8.44	10.29	21.04	21
8.51	10.49	21.43	22
9.19	11.86	21.31	23
9.73	11.84	21.96	24
9.75	11.83	21.43	25
9.3	11.79	20.99	26
9.74	12.25	21.45	27
9.72	12.52	21.56	28
10.48	12.65	21.51	29



**Parametrización de una Prótesis Tumoral no Convencional de Hombro utilizando un Enfoque Sistémico**

---

10.97	13.6	21.79	30
11.4	13.88	22.51	31
11.91	15.29	23.02	32
13.95	16.79	24.8	33
14.94	18.81	26.65	34
17.37	21.52	29.04	35
21.82	25.71	32.72	36

### Húmeros Medianos

Longitud del húmero: 307 mm
Edad 30 años
Peso: 73 kg.
Estatura: 1.70 m
LN: D.F.
Corte Tomográfico: 2.5 mm

VÁSTAGO	CORONA	EXTERNO	CORTE TOMOGRÁFICO
DV	DC	DE	
7.46	10.9	28.12	1
7.08	10.69	25.8	2
7.04	11.49	23.52	3
7.24	10.95	22.8	4
7.8	10.71	21.67	5
7.39	10.2	21.15	6
7.3	10.5	22.12	7
7.17	10.85	21.94	8
7.11	10.85	22.8	9
7.41	11.34	23.02	10
7.92	12.25	23.59	11
8.6	12.44	23.3	12
8.97	12.49	23.56	13
9.04	13.2	23.42	14
9.41	13.83	23.62	15
10.32	14.79	24.58	16
11.26	15.32	25.09	17
13.4	17.72	25.92	18
16.95	22.54	31.2	19
24.22	29.83	39.88	20



Longitud del húmero: 315 mm
Edad 32 años
Peso: 82 kg.
Estatura: 1.75 m
LN: D.F.
Corte Tomográfico: 0.63 mm

VÁSTAGO	CORONA	EXTERNO	CORTE TOMOGRÁFICO
DV	DC	DE	
6.77	8.4	23.24	1
5.77	7.64	22	2
5.2	7.18	22.23	3
5.57	7.38	21.63	4
5.58	7.51	21.44	5
5.65	7.42	21.66	6
5.54	7.39	21.1	7
5.82	7.65	21.34	8
5.8	7.73	20.99	9
5.82	7.45	20.41	10
6.16	7.8	20.69	11
6.7	8.33	20.94	12
5.84	7.46	21.09	13
5.86	7.6	21.26	14
5.82	7.2	21.02	15
5.44	7.39	21.5	16
5.23	7.06	21.58	17
5.24	7.19	21.39	18
6.35	7.76	21.59	19
5.46	7.01	21.2	20
5.92	8.01	22.19	21
6.14	8.35	22.11	22
6.07	7.82	21.52	23
6.39	8.16	22.05	24
7.62	9.63	22.41	25
7.77	9.99	21.97	26
8.97	10.12	22.76	27
8.89	10.67	21.79	28



VÁSTAGO	CORONA	EXTERNO	CORTE TOMOGRÁFICO
DV	DC	DE	
9.71	11.37	22.32	29
9.74	12.42	22.3	30
10.14	12.01	22.85	31
11.3	13.47	22.36	32
11.69	14.09	22.84	33
12.62	15.17	24.04	34
13.42	16.14	25.57	35
15.27	17.75	26.75	36
17.57	19.96	28.92	37
22	25.01	34.9	38



Longitud del húmero: 320 mm
Edad 30 años
Peso: 80 kg.
Estatura: 1.75 m
LN: D.F.
Corte Tomográfico: 2.5 mm

VÁSTAGO	CORONA	EXTERNO	CORTE TOMOGRÁFICO
DV	DC	DE	
5.01	7.04	22.73	1
6	7.63	21.64	2
5.77	7.4	20.6	3
6.5	8.25	20.76	4
6.63	8.66	20.52	5
6.33	8	20.61	6
6.61	8.17	20.81	7
6.41	7.98	21.31	8
6.29	7.91	21.36	9
6.58	8.44	22.16	10
7.34	8.94	22.23	11
7.86	9.98	22.99	12
8.63	10.79	22.34	13
9.08	11.15	23.15	14
9.49	11.74	23.01	15
10.48	13.13	23.71	16
11.65	14.81	23.3	17
12.35	16.28	24.14	18
16.75	19.45	28.62	19
25.94	29.83	39.19	20

### Húmeros Grandes

Longitud del húmero: 323 mm
Edad 30 años
Peso: 85 kg.
Estatura: 1.83 m
LN: D.F.
Corte Tomográfico: 0.62 mm

VÁSTAGO	CORONA	EXTERNO	CORTE TOMOGRÁFICO
DV	DC	DE	
8.66	11.2	26.69	1
7.68	9.72	25.46	2
7.1	9.65	24.98	3
7.59	9.33	24.82	4
7.32	9.55	23.89	5
7.52	9.66	23.28	6
7.8	9.72	23.78	7
7.44	9.6	23.49	8
7.49	9.48	23.82	9
7.62	9.82	23.23	10
7.8	10.19	23.41	11
8.29	10.7	23.72	12
8.47	10.58	23.77	13
8.76	11.09	24.02	14
8.6	10.28	23.93	15
8.11	10.61	23.84	16
7.9	10.19	23.95	17
8.17	10.61	24.32	18
8.48	10.7	24.32	19
8.4	11.07	24.88	20
7.93	10.4	24.82	21
9.15	10.98	24.54	22
9.03	11.22	25.4	23
9.46	11.43	24.71	24
9.49	11.54	23.4	25
9.72	11.81	23.85	26
9.11	11.31	26.02	27
9.35	12.46	24.68	28



VÁSTAGO	CORONA	EXTERNO	CORTE TOMOGRÁFICO
DV	DC	DE	
10.2	12.42	25.79	29
10.69	13.13	25.68	30
10.6	13.42	26.42	31
10.95	13.74	26.65	32
12.49	15.42	27.46	33
13.8	16.3	27.16	34
14.2	16.65	27.56	35
15.56	17.92	28.39	36
16.5	19.27	29.17	37
18.38	21.89	31.52	38
19.38	25.26	36.32	39
23.4	30.3	46.3	40



Parametrización de una Prótesis Tumoral no Convencional de Hombro utilizando un Enfoque Sistémico



Longitud del húmero: 325 mm
Edad 28 años
Peso: 87 kg.
Estatura: 1.85 m
LN: D.F.
Corte Tomográfico: 2.5 mm

VÁSTAGO	CORONA	EXTERNO	CORTE TOMOGRÁFICO
DV	DC	DE	
5.27	7.01	21.88	1
5.74	7.7	23.35	2
5.91	7.99	20.66	3
6.28	8.12	21.6	4
6.23	8.07	20.62	5
6.99	9.09	20.34	6
7.15	9.04	21.12	7
6.63	8.63	21.63	8
6.65	8.9	21.75	9
6.8	9.04	21.39	10
7.48	9.38	21.82	11
7.61	9.72	21.94	12
8.16	10.51	22.93	13
8.65	10.96	23.74	14
9.94	12.45	23.81	15
10.67	13.21	24.09	16
11.79	14.66	24.16	17
12.97	15.33	25.01	18
15.76	18.26	27.96	19
20.24	23.9	34.25	20
31.18	35.98	42.32	21



Parametrización de una Prótesis Tumoral no Convencional de Hombro utilizando un Enfoque Sistémico



Longitud del húmero: 332 mm
Edad 43 años
Peso: 100 kg.
Estatura: 1.87 m
LN: D.F.
Corte Tomográfico: 2.5 mm

VÁSTAGO	CORONA	EXTERNO	CORTE TOMOGRÁFICO
DV	DC	DE	
6.02	7.89	24.67	1
6.54	8.24	25.06	2
6.93	9.15	24.15	3
7.3	9.37	23.54	4
7.7	9.63	23.22	5
8.35	10.48	23.86	6
8.56	10.68	23.1	7
9.3	11.4	24.19	8
9.55	12.12	24.18	9
9.28	12.44	25.04	10
9.61	12.98	27.37	11
10.6	13.78	26.41	12
10.85	14.66	25.71	13
10.81	14.11	25.65	14
11.13	13.7	25.24	15
11.52	14.83	25.02	16
11.3	14.71	24.7	17
12.42	16.05	25.47	18
14.48	18.05	26.78	19
18.06	22.15	29.6	20
26.8	31.3	38.71	21



ANEXO 8.

C:\Windows\system32\cmd.exe

Cursor at Row: 1 Column: 10 Data Editor File: SETT Maximum Rows: 162 Number of Cols: 11

Row	dvchico	dumed	dvgrande	dechico	demed
1	5.46	7.04	7.30	22.95	23.52
2	7.37	7.24	7.70	22.01	22.80
3	6.93	7.80	8.35	21.33	21.67
4	7.09	7.39	8.56	20.97	21.15
5	7.54	7.30	9.30	20.38	22.12
6	6.52	7.17	9.55	20.62	21.94
7	6.33	7.11	9.28	20.59	22.80
8	6.60	7.41	9.61	21.79	23.02
9	7.45	7.92	10.60	21.35	23.59
10	7.62	8.60	10.85	22.28	23.30
11	8.00	8.97	10.81	22.32	23.56
12	8.23	9.04	11.13	22.44	23.42
13	9.42	9.41	11.52	22.16	23.62
14	9.93	10.32	11.30	22.31	24.58

Length 54 54 54 54 54  
 Typ/Wth N/13 N/13 N/13 N/13 N/13

Press the F6 key to save updated data or the F5 key for other options.

1Help 2Edit 3Save 4Prtscr 5Opts 6Go 7Vars 8Cmd 9Device 10Quit  
 INPUT 12/ 7/11 20:27 STATGRAPHICS Vers.5.0 Display FILE

C:\Windows\system32\cmd.exe

Cursor at Row: 1 Column: 11 Data Editor File: SETT Maximum Rows: 162 Number of Cols: 11

Row	dumed	dvgrande	dechico	demed	degrande
1	7.04	7.30	22.95	23.52	23.54
2	7.24	7.70	22.01	22.80	23.22
3	7.80	8.35	21.33	21.67	23.86
4	7.39	8.56	20.97	21.15	23.10
5	7.30	9.30	20.38	22.12	24.19
6	7.17	9.55	20.62	21.94	24.18
7	7.11	9.28	20.59	22.80	25.04
8	7.41	9.61	21.79	23.02	27.37
9	7.92	10.60	21.35	23.59	26.41
10	8.60	10.85	22.28	23.30	25.71
11	8.97	10.81	22.32	23.56	25.65
12	9.04	11.13	22.44	23.42	25.24
13	9.41	11.52	22.16	23.62	25.02
14	10.32	11.30	22.31	24.58	24.70

Length 54 54 54 54 54  
 Typ/Wth N/13 N/13 N/13 N/13 N/13

Press the F6 key to save updated data or the F5 key for other options.

1Help 2Edit 3Save 4Prtscr 5Opts 6Go 7Vars 8Cmd 9Device 10Quit  
 INPUT 12/ 7/11 20:27 STATGRAPHICS Vers.5.0 Display FILE



```

C:\Windows\system32\cmd.exe
The following variables are currently in the file SETT:
Variable      Width Type Rank Length      Date      Time      Comment
-----
longhum       13  N    1    9      12/ 7/11  20:34
estatura      13  N    1    9      12/ 7/11  20:34
codhum        13  N    1   162    12/ 7/11  20:34
dv            13  N    1   162    12/ 7/11  20:34
de            13  N    1   162    12/ 7/11  20:34
dvchico       13  N    1    54     12/ 7/11  20:34
dvmed         13  N    1    54     12/ 7/11  20:34
dvgrande      13  N    1    54     12/ 7/11  20:34
dechico       13  N    1    54     12/ 7/11  20:34
demed         13  N    1    54     12/ 7/11  20:34
degrande      13  N    1    54     12/ 7/11  20:34

Press ENTER key for each variable to be edited, or press A=All D=Display.
1Help  2Edit  3Savscr 4Prtscr 5      6Go    7Vars  8Cmd   9Device 10Quit
INPUT  12/ 7/11  20:34  STATGRAPHICS Vers.5.0      Display  FILE
  
```

ESTA FIGURA QUIERE DECIR QUE SI EXISTE CORRELACIÓN ENTRE LA LONGITUD DE LOS HÚMEROS Y LA ESTATURA DE CADA INDIVIDUO. **COEFICIENTE DE CORRELACIÓN (93 %)**, EL MODELO SERÍA

$$\text{LONGITUD TOTAL DEL HÚMERO} = 22.0971 + 3.40 (\text{ESTATURA})$$

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Regression Analysis - Linear model: Y = a+bX
Dependent variable: PROHUMER.longhumero Independent variable: PROHUMER.estaturah
Parameter      Estimate      Standard Error      T Value      Prob. Level
Intercept      1.83265      4.38179      0.418243      .68830
Slope          17.0415      2.52764      6.74206      .00027

Analysis of Variance
Source          Sum of Squares      Df      Mean Square      F-Ratio      Prob. Level
Model          22.097109      1      22.097109      45.45539      .00027
Residual       3.4028914      7      .4861273

Total (Corr.)  25.500000      8
Correlation Coefficient = 0.930000      R-squared = 86.66 percent
Std. Error of Est. = 0.697228

Press ENTER to continue.
1Help  2Edit  3Savscr 4Prtscr 5      6Go    7Vars  8Cmd   9Device 10Quit
INPUT  12/12/11  18:39  STATGRAPHICS Vers.5.0      Display  REG
  
```



Correlación de los Datos. Longitud de los húmeros y longitud de tumor.

ESTA FIGURA QUIERE DECIR QUE SI EXISTE CORRELACIÓN ENTRE LA LONGITUD DE LOS HÚMEROS Y LA ESTATURA DE CADA INDIVIDUO. **COEFICIENTE DE CORRELACIÓN (90 %)**, EL MODELO SERÍA

$$\text{LONGITUD TOTAL DEL HÚMERO} = 20.8650 + 4.63 (\text{TUMOR})$$

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Regression Analysis - Linear model: Y = a+bX
Dependent variable: PROHUMER.longhumero Independent variable: PROHUMER.longtumor
Parameter      Estimate      Standard      T      Prob.
                Error      Uvalue      Level
Intercept      27.3305      0.762925     35.8232  .00000
Slope          0.225162     0.0401108    5.6135  .00080

Analysis of Variance
Source          Sum of Squares  Df  Mean Square  F-Ratio  Prob. Level
Model          20.865011      1   20.865011   31.51142  .00080
Residual      4.6349892     7   .6621413

Total (Corr.)  25.500000     8
Correlation Coefficient = 0.904564      R-squared = 81.82 percent
Std. Error of Est. = 0.813721

Press ENTER to continue.
1Help  2Edit  3Savscr  4Prtscr  5      6Go  7Uars  8Cmd  9Device  10Quit
INPUT  12/12/11  18:42  STATGRAPHICS Vers.5.0      Display  REG
  
```



Diámetro de los vástagos. Análisis múltiple de rangos

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Multiple range analysis for PROHUMER.longhumero by PROHUMER.diamevasta
Method: 95 Percent LSD
Level   Count   Average   Homogeneous Groups
-----
6       2       30.250000 X
7       3       30.500000 X
8       2       32.000000 X
9       1       33.000000 X
10      1       33.000000 X

contrast           difference +/-   limits
6 - 7              -0.25000  4.84809
6 - 8              -1.75000  5.31081
6 - 9              -2.75000  6.50439
6 - 10             -2.75000  6.50439
7 - 8              -1.50000  4.84809
7 - 9              -2.50000  6.13240
7 - 10             -2.50000  6.13240
8 - 9              -1.00000  6.50439

* denotes a statistically significant difference.

Press Esc, Cursor keys or Page Number:
1Help 2Edit 3SaveScr 4PrtScr 5Prtopt 6Go 7Uars 8Cmd 9Device 10Quit
INPUT 12/12/11 18:31 STATGRAPHICS Vers.5.0 Display ONEMAY
  
```

Diámetro de las coronas. Análisis múltiple de rangos.

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Multiple range analysis for PROHUMER.longhumero by PROHUMER.diamecoron
Method: 95 Percent LSD
Level   Count   Average   Homogeneous Groups
-----
8       2       30.250000 X
9       3       30.833333 X
7       1       32.000000 X
11      2       32.000000 X
13      1       33.000000 X

contrast           difference +/-   limits
7 - 8              1.75000  7.27420
7 - 9              1.16667  6.85818
7 - 11             0.00000  7.27420
7 - 13            -1.00000  8.39952
8 - 9             -0.58333  5.42187
8 - 11            -1.75000  5.93936
8 - 13            -2.75000  7.27420
9 - 11            -1.16667  5.42187

* denotes a statistically significant difference.

Press Esc, Cursor keys or Page Number:
1Help 2Edit 3SaveScr 4PrtScr 5Prtopt 6Go 7Uars 8Cmd 9Device 10Quit
INPUT 12/12/11 18:36 STATGRAPHICS Vers.5.0 Display ONEMAY
  
```



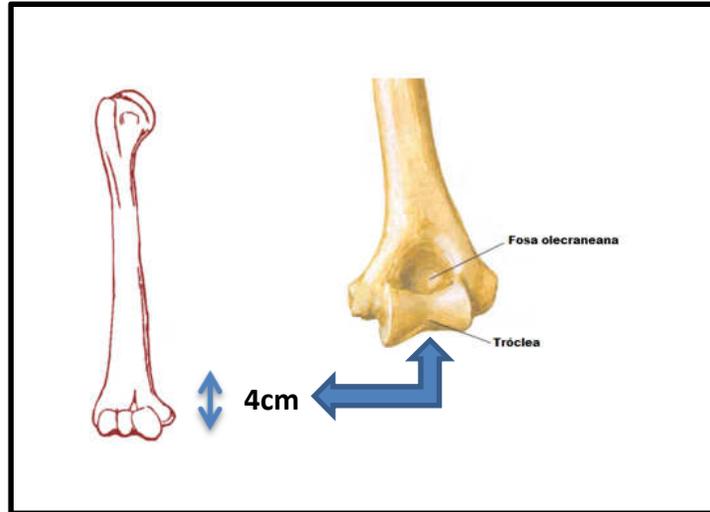
Diámetro de los Vástagos y Diámetro de las Coronas. Análisis múltiple de rangos.

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Multiple range analysis for PROHUMER.diamevasta by PROHUMER.diamecoron
Method: 95 Percent LSD
Level      Count      Average      Homogeneous Groups
7          1          6.0000000    X
8          2          6.5000000    X
9          3          7.3333333    XX
11         2          8.5000000    XX
13         1          10.0000000   X

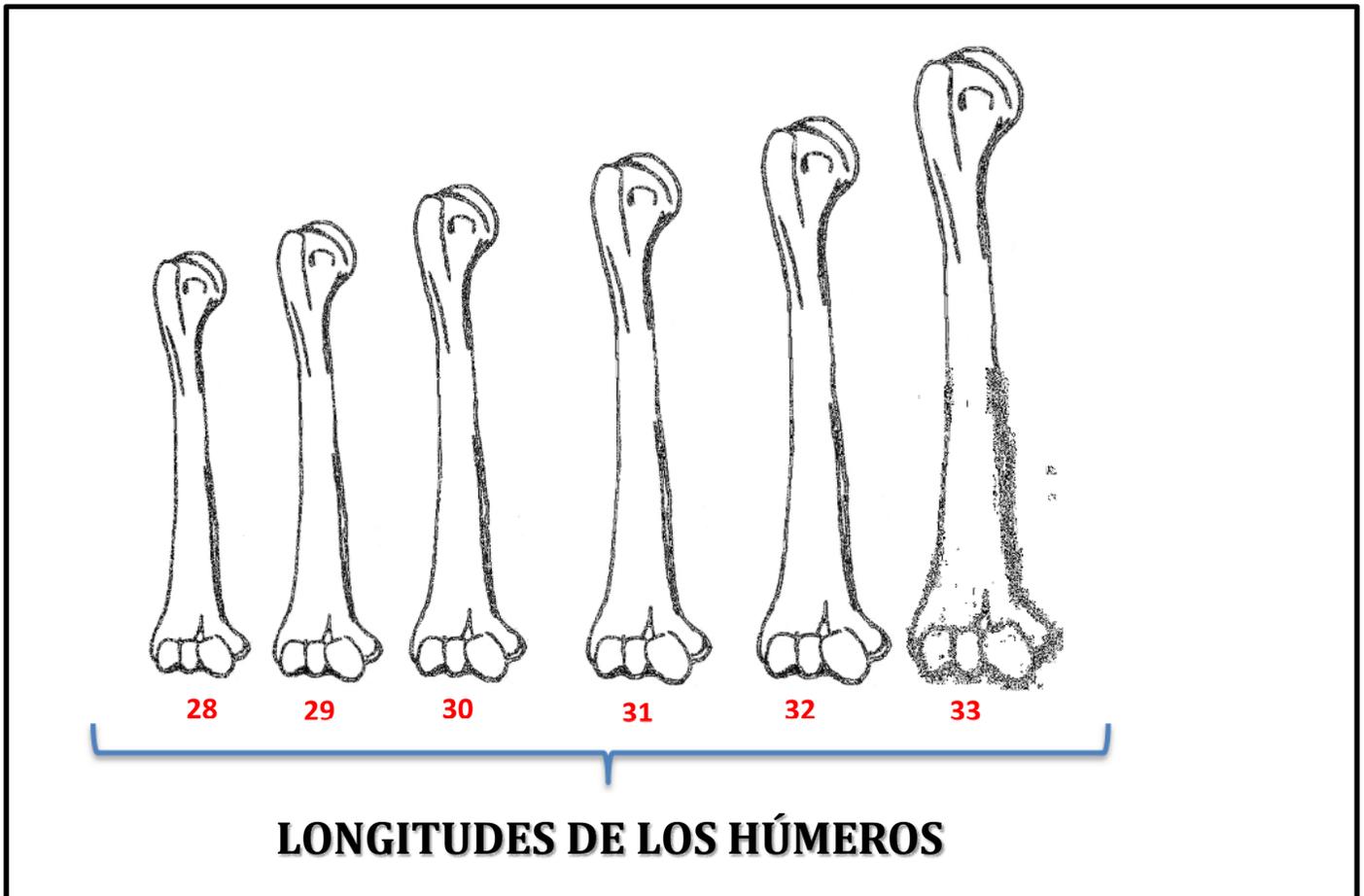
contrast          difference +/-      limits
7 - 8              -0.50000  2.19575
7 - 9              -1.33333  2.07017
7 - 11             -2.50000  2.19575 *
7 - 13             -4.00000  2.53543 *
8 - 9              -0.83333  1.63662
8 - 11             -2.00000  1.79282 *
8 - 13             -3.50000  2.19575 *
9 - 11             -1.16667  1.63662
* denotes a statistically significant difference.

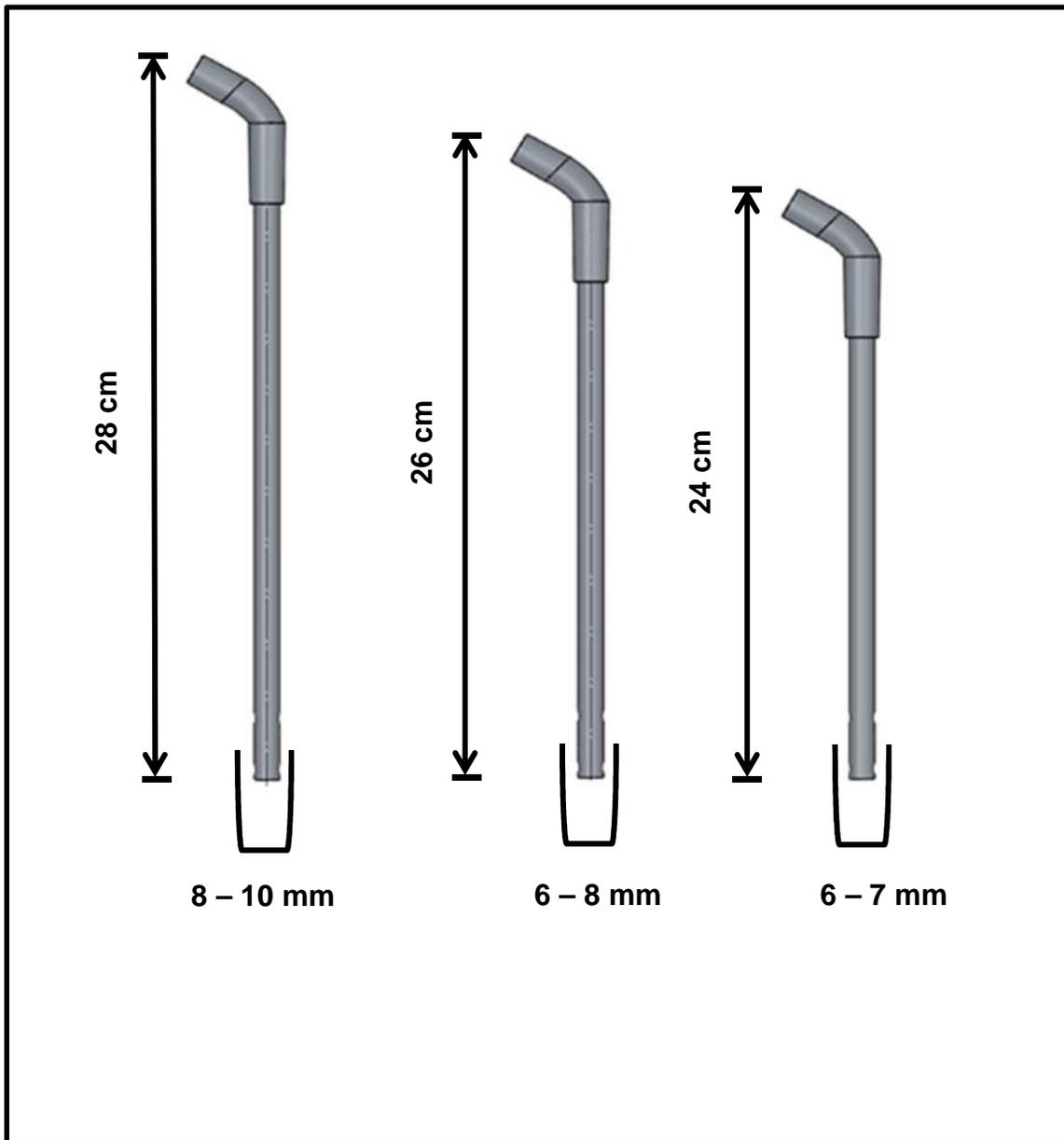
Press Esc, Cursor keys or Page Number: Page 1.1 of 2.1
1Help 2Edit 3Save 4Prtscr 5Prtopt 6Go 7Uars 8Cmd 9Device 10Quit
INPUT 12/12/11 18:48 STATGRAPHICS Vers.5.0 Display ONEMAY
```

ANEXO 9.

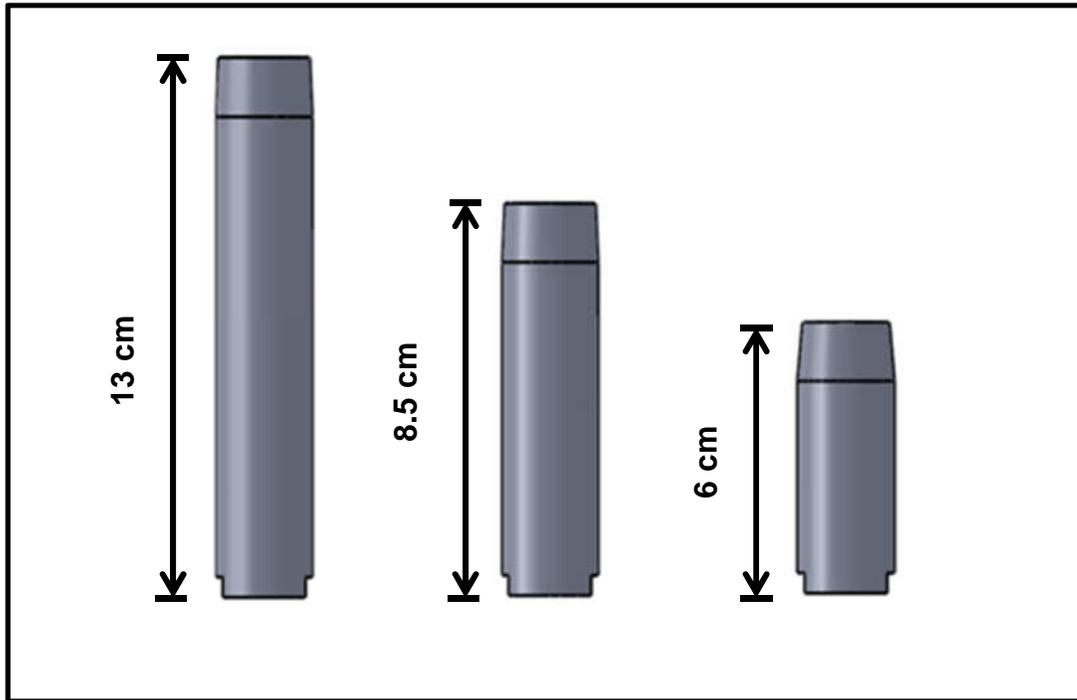


Tope del vástago donde se debe colocar la prótesis.

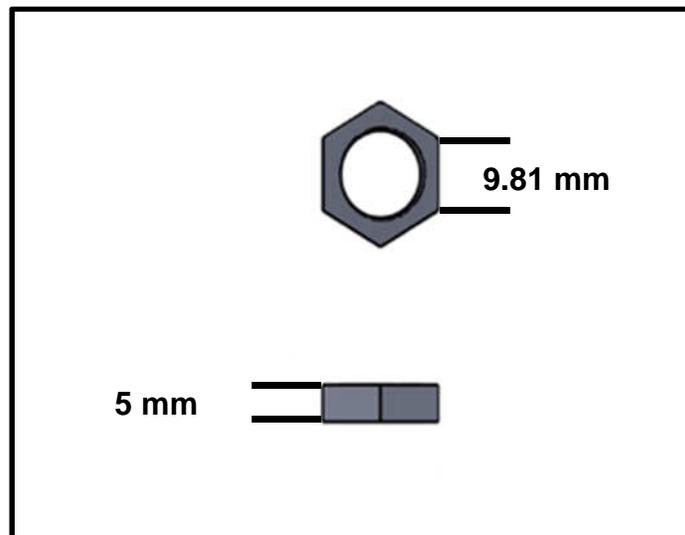




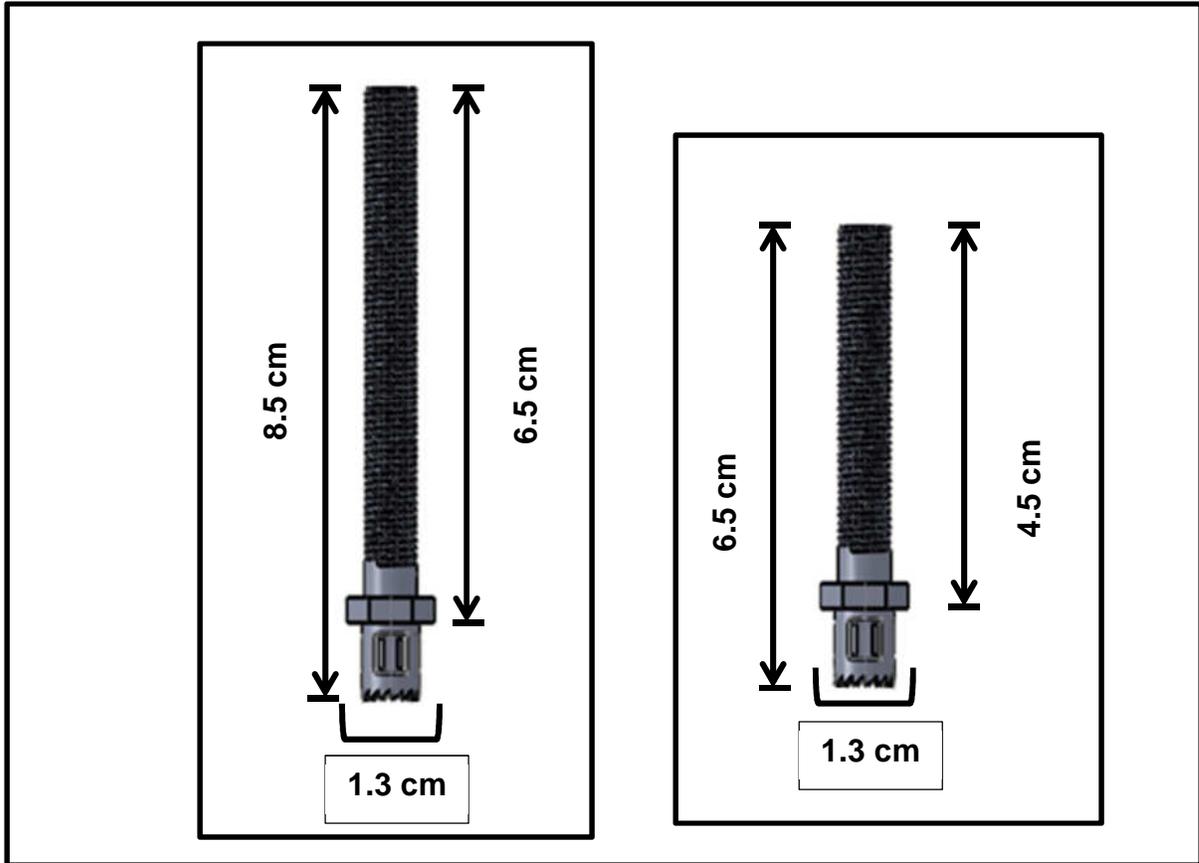
Clasificación de los Vástagos. Longitud y diámetro



Clasificación de las Camisas. Longitud



Tuerca Ajustable.



Clasificación de las Coronas con Cuerda. Longitud y Diámetro.