



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla  
Centro Interdisciplinario de Posgrados  
Investigación y Consultoría  
Departamento de Ingeniería y Tecnologías de Información  
Doctorado en Ingeniería Biomédica

**“DISEÑO Y MANUFACTURA DE UN DISTRACTOR MANDIBULAR  
EXTERNO PARA EL BENEFICIO DE NIÑOS CON HIPOPLASIA  
MANDIBULAR”**

Tesis para obtener el Grado de Doctor en Ingeniería Biomédica

Presenta

Mtro. Horacio Alfonso Ramírez Reyes Montaña

Asesor:

Dr. Manuel González Pérez



**UPAEP – Secretaría General**

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

**Tesis Digitales Restricciones de uso:**

**DERECHOS RESERVADOS ©**

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Doy gracias a Dios por la bendición de la vida

A mis padres, hermanos y a mi novia por su apoyo incondicional y enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo son el camino perfecto para llegar al Éxito.

Quiero agradecer al Dr. Manuel González Pérez asesor de esta tesis y a mis coasesores, el Dr. Juan Manuel López Oglesby y el Dr. Aurelio Horacio Heredia Jiménez por el apoyo brindado para la realización de este proyecto.

***Muchas Gracias***

## **RESUMEN**

El presente trabajo describe el diseño y manufactura de un distractor mandibular externo para el beneficio de niños con hipoplasia mandibular.

La Distracción Ósea (DO) es un procedimiento quirúrgico para realizar la elongación gradual del tejido óseo. En la actualidad, la DO ha adquirido gran auge por ser un tratamiento eficaz que proporciona una mejor calidad de vida para el paciente.

En general la DO consta de tres periodos propiamente: 1) Periodo de latencia. Se determina como el tiempo que se espera para iniciar la distracción. 2) Periodo de distracción. Durante esta fase, los segmentos óseos son separados por pequeños incrementos, a un ritmo lento y constante. Obteniendo como resultado la formación de hueso nuevo en el lugar de la osteotomía. 3) Periodo de consolidación. Se produce cuando los segmentos de hueso se llevan a su posición de avance final. La duración de este periodo es de 4 a 8 semanas. Finalmente se retira el distractor.

Esta técnica, brinda resultados favorables en el tratamiento de los pacientes con problemas en el desarrollo mandibular.

Este proyecto ha sido propuesto, desarrollado y aplicado en un paciente del Hospital Infantil de Pachuca, Hgo. Tratado en conjunto con el servicio de cirugía maxilofacial.

En este documento se describen las acciones realizadas para la elaboración del prototipo el cual está integrado por: el Diseño del dispositivo, Fabricación y Pruebas de funcionamiento.

El diseño del prototipo se realizó mediante el software SolidWorks el cual nos permitió crear piezas, ensamblar y simular los mecanismos desarrollados, así mismo con los datos obtenidos, se rediseñó con el fin de optimizarlo.

En la fase de pruebas se involucra la construcción y evaluación de las múltiples versiones del prototipo que por lo general se construyeron con las mismas propiedades de material y geometría del producto final.

En este proceso pudimos determinar si el producto iba a funcionar tal como se diseñó o si el producto satisface las necesidades claves del paciente de tal manera se pudo responder a las preguntas sobre el desempeño y fiabilidad para identificar los cambios de ingeniería necesarios para el producto final.

Por último se incluye en este proyecto, los resultados de las pruebas realizadas al dispositivo así como el caso clínico y los resultados obtenidos.

# ÍNDICE

## RESUMEN

## ÍNDICE GENERAL

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b>                                      | <b>11</b> |
| 1.1 DESCRIPCION DEL TRABAJO                                 | 14        |
| 1.1.1 OBJETIVO GENERAL                                      | 14        |
| 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS                                 | 14        |
| 1.1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN                     | 15        |
| 1.1.4 ALCANCES DEL PROYECTO                                 | 16        |
| 1.1.5 LIMITACIONES                                          | 16        |
| <b>2. DISTRACCIÓN OSTEOGÉNICA</b>                           | <b>17</b> |
| 2.1 ANTECEDENTES DE LA DISTRACCIÓN OSTEOGÉNICA              | 18        |
| 2.2 DISTRACCIÓN OSTEOGÉNICA MANDIBULAR                      | 19        |
| 2.2.1 SÍNDROME DE PIERRE ROBIN                              | 19        |
| 2.2.2 SÍNDROME DE TREACHER COLLINS                          | 20        |
| 2.2.3 APNEA DEL SUEÑO/HIPOVENTILACIÓN OBSTRUCTIVA (AOS/HVO) | 21        |
| 2.2.4 MICROSOMIA HEMIFACIAL                                 | 21        |
| 2.3 PROTOCOLO PARA LA DISTRACCIÓN MANDIBULAR                | 22        |
| 2.3.1 OSTEOTOMÍA                                            | 22        |
| 2.3.2 LATENCIA                                              | 23        |
| 2.3.3 DISTRACCIÓN                                           | 23        |
| 2.3.4 CONSOLIDACIÓN                                         | 23        |
| 2.4 DISPOSITIVOS DE DISTRACCIÓN MANDIBULAR                  | 25        |
| 2.4.1 DISTRACTORES EXTERNOS                                 | 25        |
| 2.4.1 DISTRACTORES INTERNOS                                 | 27        |

|                                                                                                |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA</b>                                           | <b>28</b> |
| 3.1 ¿QUE ES MANUFACTURA?                                                                       | 29        |
| 3.2 DISEÑO DEL PROTOTIPO ASISTIDO POR COMPUTADORA                                              | 33        |
| 3.3 SISTEMAS DE DISEÑO ASISTIDOS POR COMPUTADORA (CAD)                                         | 35        |
| <b>4. METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DEL PROTOTIPO</b>                                        | <b>37</b> |
| 4.1 PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DEL PROTOTIPO                                            | 38        |
| 4.2 INFORMACIÓN DEL MERCADO                                                                    | 39        |
| 4.3 DETECCIÓN DE LAS NECESIDADES                                                               | 44        |
| 4.4 REQUERIMIENTOS                                                                             | 45        |
| 4.5 BOSQUEJO DEL PROTOTIPO                                                                     | 45        |
| <b>5. DESARROLLO DEL PROTOTIPO MEDIANTE EL DISEÑO E INGENIERÍA ASISTIDOS POR COMPUTADORA</b>   | <b>46</b> |
| 5.1 MODELADO GEOMÉTRICO DEL PROTOTIPO CON EL PAQUETE GRAFICO SOLIDWORKS                        | 47        |
| 5.1.1 DISEÑO DE LOS PINES                                                                      | 48        |
| 5.1.2 DISEÑO DEL PORTA PINES                                                                   | 48        |
| 5.1.3 ACTIVADOR DE DISTRACTOR Y FIJACIÓN                                                       | 49        |
| 5.1.4 METODOLOGÍA SOBRE LA COLOCACIÓN DEL DISTRACTOR MANDIBULAR UNIDIRECCIONAL EXTRAORAL EN 3D | 49        |
| <b>6. MANUFACTURA DEL DISTRACTOR MANDIBULAR</b>                                                | <b>52</b> |
| 6.1 MANUFACTURA DEL PROTOTIPO                                                                  | 53        |
| <b>7. ENSAYO CLÍNICO</b>                                                                       | <b>55</b> |
| 7.1 PRUEBAS CON EL DISPOSITIVO                                                                 | 56        |
| 7.2 HALLAZGOS                                                                                  | 59        |

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>8. CASO CLÍNICO</b>                                                 | 61 |
| 8.1 CASO CLÍNICO                                                       | 62 |
| 8.2 DIAGNOSTICO CON ESTEROLITOGRAFÍA                                   | 63 |
| 8.3 COLOCACIÓN DEL VECTOR DEL DISTRACTOR EN EL MODELO DEL ESTEROLITO   | 64 |
| 8.4 MATERIAL QUIRÚRGICO                                                | 65 |
| 8.5 TRANSQUIRURGICO                                                    | 67 |
| 8.6 CUIDADOS POSQUIRÚRGICOS                                            | 69 |
| 8.7 CONTROL RADIOGRÁFICO INICIAL                                       | 69 |
| 8.8 RETIRO DEL DISTRACTOR ÓSEO MANDIBULAR                              | 72 |
| 8.9 DISTRACCIÓN OSTEOGÉNICA MANDIBULAR CONTROL POSQUIRURGICO A 6 MESES | 73 |

|                        |    |
|------------------------|----|
| <b>9. CONCLUSIONES</b> | 74 |
|------------------------|----|

## **ANEXOS**

## **REFERENCIAS**

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 2.1 ESQUEMA CRONOLÓGICO DE LAS FASES DE LA DISTRACCIÓN OSTEOGÉNICA<br>MANDIBULAR               | 23 |
| FIGURA 2.2 VISTA ESQUEMÁTICA DEL PROCESO DE DISTRACCIÓN POR OSTEOGÉNICA                               | 24 |
| FIGURA 3.1 PROCESO TÉCNICO                                                                            | 29 |
| FIGURA 3.2 PROCESO ECONÓMICO                                                                          | 30 |
| FIGURA 3.3 PASOS INVOLUCRADOS EN EL DISEÑO Y MANUFACTURA DE UN PRODUCTO                               | 32 |
| FIGURA 3.4 FASES DEL DISEÑO DE UN PROTOTIPO DESDE SU CONCEPCIÓN HASTA SU<br>DOCUMENTACIÓN             | 34 |
| FIGURA 3.5 PRO/ENGINEER                                                                               | 36 |
| FIGURA 3.6 CATIA                                                                                      | 36 |
| FIGURA 3.7 SOLIDWORKS                                                                                 | 36 |
| FIGURA 3.8 AUTODESK INVENTOR                                                                          | 36 |
| FIGURA 4.1 PASOS INVOLUCRADOS EN EL DISEÑO Y MANUFACTURA DE UN PRODUCTO                               | 39 |
| FIGURA 4.2 PACIENTE FEMENINO CON DIAGNÓSTICO DE MICROSOMÍA HEMIFACIAL                                 | 39 |
| FIGURA 4.3 TRANSQUIRÚRGICO: COLOCACIÓN DE DISTRACTOR MANDIBULAR INTERNO                               | 40 |
| FIGURA 4.4 SEGUNDA INTERVENCIÓN: RETIRO DE DISTRACTOR INTERNO MANDIBULAR                              | 40 |
| FIGURA 4.5 DISTRACTOR EXTRAORAL MANDIBULAR BIDIRECCIONAL Y LLAVE DE ACTIVACIÓN                        | 41 |
| FIGURA 4.6 TRANSQUIRÚRGICO: COLOCACIÓN DE DISTRACTOR MANDIBULAR BIDIRECCIONAL<br>BILATERAL            | 41 |
| FIGURA 4.7 DISTRACTOR UNIDIRECCIONAL Y BIDIRECCIONAL EXTRAORALES BIOMET , CON<br>ACTIVADOR TIPO ALLEN | 42 |
| FIGURA 4.8 COLOCACIÓN DEL DISTRACTOR                                                                  | 43 |
| FIGURA 4.9 CONGRESO CIALACIBU 2015                                                                    | 44 |
| FIGURA 4.10 BOSQUEJO DEL PROTOTIPO                                                                    | 45 |
| FIGURA 5.1 DISEÑO DEL DISTRACTOR                                                                      | 47 |
| FIGURA 5.2 PINES                                                                                      | 48 |
| FIGURA 5.3 PORTA PINES                                                                                | 48 |
| FIGURA 5.4 ACTIVADOR DE DISTRACCIÓN Y FIJACIÓN                                                        | 49 |
| FIGURA 5.5 COLOCACIÓN DE LOS PINES PERCUTÁNEOS POR MEDIO DEL PORTA PIN                                | 49 |
| FIGURA 5.6 VISTA LATERAL DEL DISTRACTOR                                                               | 50 |
| FIGURA 5.7 FIJACIÓN DEL DISTRACTOR POR MEDIO DE LOS PINES PERCUTÁNEOS                                 | 50 |
| FIGURA 5.8 ACTIVACIÓN DE DISTRACTOR EXTRAORAL POR MEDIO DE TORNILLO ACTIVADOR                         | 51 |
| FIGURA 5.9 ACTIVACIÓN DE DISTRACTOR EXTRAORAL POR MEDIO DE TORNILLO ACTIVADOR                         | 51 |
| FIGURA 6.1 BARRAS DE ACERO INOXIDABLE GRADO MEDICO (DIFERENTES DIÁMETROS)                             | 53 |

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 6.2 FABRICACIÓN DE LAS PIEZAS EN EL CENTRO DE MAQUINADO                                   | 53 |
| FIGURA 6.3 REALIZACIÓN DE PIEZA ACTIVA DEL DISTRACTOR                                            | 53 |
| FIGURA 6.4 TORNILLO FIJADOR                                                                      | 53 |
| FIGURA 6.5 ENSAMBLE DEL DISTRACTOR                                                               | 54 |
| FIGURA 6.6 DISTRACTOR                                                                            |    |
| FIGURA 6.7 PORTA PINES                                                                           | 54 |
| FIGURA 6.8 ACTIVADOR PARA DISTRACCIÓN                                                            | 54 |
| FIGURA 7.1 ASEPSIA Y ANTISEPSIA DE REGIÓN MANDIBULAR                                             | 56 |
| FIGURA 7.2 INCISIÓN Y EXPOSICIÓN DE CUERPO Y RAMA MANDIBULAR                                     | 56 |
| FIGURA 7.3 COLOCACIÓN DE 1ER PIN PERCUTÁNEO                                                      | 57 |
| FIGURA 7.4 VERIFICACIÓN DE POSICIÓN DE PIN EN CUERPO MANDIBULAR                                  | 57 |
| FIGURA 7.5 COLOCACIÓN DE 2DO PIN PERCUTÁNEO                                                      | 57 |
| FIGURA 7.6 COLOCACIÓN DE TORNILLO DISTRACTOR                                                     | 57 |
| FIGURA 7.7 AJUSTE DE DISTRACTOR EXTRAORAL                                                        | 58 |
| FIGURA 7.8 DISTRACTOR MANDIBULAR EN POSICIÓN, SE VERIFICA QUE ESTE EN ESTADO                     | 58 |
| FIGURA 7.9 PRUEBA DE ACTIVACIÓN DE DISTRACTOR MANDIBULAR.                                        | 58 |
| FIGURA 7.10 PRUEBA DE CIERRE DE DISTRACTOR MANDIBULAR.                                           | 58 |
| FIGURA 7.11 DISEÑO EN 3D DEL PORTA PIN                                                           | 59 |
| FIGURA 7.12 PORTA PIN DE ACERO INOXIDABLE                                                        | 59 |
| FIGURA 7.13 DISEÑO EN 3D DEL ACTIVADOR DE DISTRACCIÓN                                            | 60 |
| FIGURA 7.14 ACTIVADOR DE DISTRACCIÓN DE ACERO INOXIDABLE                                         | 60 |
| FIGURA 8.1 VISTA FRONTAL ASIMETRÍA FACIAL IZQUIERDA                                              | 62 |
| FIGURA 8.2 VISTA FRONTAL, SE OBSERVA DESVIACIÓN DE LA APERTURA MANDIBULAR HACIA EL LADO AFECTADO | 62 |
| FIGURA 8.3 VISTA CAUDOCEFÁLICA ÁNGULO Y RAMA MANDIBULAR                                          | 62 |
| FIGURA 8.4 VISTA LATERAL                                                                         | 62 |
| FIGURA 8.5 ESTERIOLOGRAFÍA MANDIBULAR DEL PACIENTE                                               | 63 |
| FIGURA 8.6 VISTA FRONTAL ESTERIOLOGRAFÍA MANDIBULAR.                                             | 64 |
| FIGURA 8.7 VISTA LATERAL DE ESTERIOLOGRAFÍA MANDIBULAR.                                          | 64 |
| FIGURA 8.8 VISTA FRONTAL ESTERIOLOGRAFÍA MANDIBULAR, COLOCACION DE PINES                         | 64 |
| FIGURA 8.9 KIT PARA DISTRACCIÓN OSTEOGÉNICA MANDIBULAR                                           | 65 |
| FIGURA 8.10 MATERIAL PREVIAMENTE ESTERILIZADO PARA ACTO QUIRÚRGICO                               | 66 |
| FIGURA 8.11 Charola quirúrgica general para cirugía menor maxilofacial                           | 66 |
| FIGURA 8.12 MARCAJE EXTRAORAL DE ZONA DE OSTEOTOMÍA Y COLOCACIÓN DE PINES PERCUTÁNEOS            | 67 |
| FIGURA 8.13 INCISIÓN INTRAORAL EN ZONA RETROMOLAR POR MEDIO DE ELECTROBISTURÍ                    | 67 |

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 8.14 OSTEOTOMÍA DE LA CORTICAL EXTERNA.                     | 68 |
| FIGURA 8.15 COLOCACIÓN DE 1° PIN TRANSCUTANEO EN CUERPO MANDIBULAR | 68 |
| FIGURA 8.16 VERIFICACIÓN DE POSICIÓN DE PIN.                       | 68 |
| FIGURA 8.17 COLOCACIÓN DE 2° PIN                                   | 68 |
| FIGURA 8.18 POSICIÓN PARALELA DE PINES EN CUERPO MANDIBULAR.       | 68 |
| FIGURA 8.19 COLOCACIÓN DE TORNILLO DE FIJACIÓN AL DISTRACTOR       | 68 |
| FIGURA 8.20 DISTRACTOR EN POSICIÓN VISTA LATERAL                   | 68 |
| FIGURA 8.21 RADIOGRAFÍA LATERAL DE CRÁNEO POSQUIRÚRGICA INMEDIATA  | 69 |
| FIGURA 8.22 TOMOGRAFÍA CONE BEAM CONTROL                           | 70 |
| FIGURA 8.23 TOMOGRAFÍA CONE BEAM EN FASE DE DISTRACCIÓN            | 70 |
| FIGURA 8.24 TOMOGRAFÍA RECONSTRUCCIÓN 3D DEL MACIZO FACIAL         | 71 |
| FIGURA 8.25 BAJO SEDACIÓN, SE RETIRA DISTRACTOR                    | 72 |
| FIGURA 8.26 SUTURA                                                 | 72 |
| FIGURA 8.27 VISTA FRONTAL DEL ANTES Y DESPUÉS                      | 73 |
| FIGURA 8.28 VISTA CAUDOCEFÁLICA DEL ANTES Y DESPUÉS                | 73 |
| FIGURA 8.29 VISTA LATERAL DEL ANTES Y DESPUÉS                      | 73 |

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUCCIÓN**

*"El tiempo es el mejor autor: Siempre encuentra un final perfecto "*  
**CHARLES CHAPLIN**

## 1. INTRODUCCIÓN

La distracción osteogénica es considerada como un procedimiento descrito originalmente para el alargamiento de huesos largos<sup>1</sup>, que toma como base el mecanismo reparativo natural del cuerpo humano<sup>2</sup>, estos principios también son empleados para la mandíbula y los demás huesos faciales, para la formación de nuevo tejido óseo, el callo óseo, lográndose a través de la aplicación de una fuerza de tracción lenta y gradual<sup>2</sup>, lo cual permite el manejo de diferentes patologías craneofaciales, debido a los avances en las técnicas quirúrgicas, así como en los distractores óseos empleados<sup>1</sup>.

En la actualidad la distracción osteogénica ha adquirido un papel importante en las anomalías craneofaciales y sobre todo, en el tratamiento de la disfunción respiratoria<sup>3</sup>.

Hoy en día la tecnología ha avanzado de forma gradual, la cual ha permitido el desarrollo de nuevas tecnologías y la mejora de los procesos mediante el uso de la manufactura, ya que el éxito o el fracaso de un producto dependen en gran medida de que sepa responder funcional y formalmente a las expectativas del usuario<sup>4</sup>. Por tal motivo se necesita realizar un prototipo, el cual lo podemos definir como una aproximación hacia el producto final junto con una o más dimensiones de interés<sup>5</sup>. En general los prototipos se pueden clasificar en dos dimensiones:

1.-Prototipos físicos.- Son artefactos creados para realizar una aproximación al producto, por ejemplo se incluyen modelos que se pueden ver y sentir como el producto, prototipos de prueba de conceptos utilizados para probar una idea de manera más rápida.

2.-Prototipos integrales.- Implementan los atributos de un producto, es decir es una versión totalmente operacional y a escala completa del producto. Un ejemplo integral es aquel que se proporciona a los clientes con el fin de identificar cualquier defecto antes de producirlo.

Los prototipos los podemos utilizar para responder a las preguntas “¿funcionará?” Y “hasta qué grado cumplirá de manera satisfactoria con las necesidades del cliente”, el prototipo nos va ayudar como una herramienta de aprendizaje. Pero también podemos asegurar que los componentes y subsistemas funcionen en conjunto como se espera. Esto quiere decir que los prototipos nos ayudan a integrar las perspectivas de las diversas funciones representadas en un equipo de desarrollo de un producto<sup>4</sup> y al final demostrar que el producto ha alcanzado el nivel deseado de funcionalidad. Con lo cual podemos decir que la manufactura es el proceso de coordinación de personas, herramientas y máquinas para convertir materias primas en productos útiles<sup>6</sup>.

## **1.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO**

### **1.1.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar y fabricar un distractor mandibular externo para niños con hipoplasia mandibular

### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Beneficiar a niños que requieren del uso de un distractor óseo mandibular.
- Realizar una investigación de mercado acerca de los dispositivos que hay en la actualidad que son utilizados para la distracción ósea.
- Diseñar el prototipo de tal manera que sea lo más fácil de operar y de fácil mantenimiento
- Investigar y generar posibles alternativas para la mejora del mismo.

### **1.1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Hoy en día se puede comprobar mediante casos clínicos el buen funcionamiento del uso de la distracción osteogénica para pacientes con hipoplasia mandibular. La desventaja de estos dispositivos es el costo ya que oscilan entre los 2000 dólares + IVA por cada dispositivo, es decir, si hay un paciente con hipoplasia de rama mandibular bilateral se necesitaría el uso de 2 dispositivos por lo cual estaríamos hablando de un estimado de 4000 dólares + IVA, sin contemplar el desatornillador y el activador los cuales su costo aproximado por los dos está alrededor de los 800 dólares.

La ventaja de realizar un prototipo por medio del diseño asistido por computadora (CAD) es la de visualizar fácilmente la forma tridimensional del diseño, corroborar la funcionalidad del diseño del distractor, el análisis del mecanismo, la realización de los planos para la fabricación del mismo, economizando costos de producción. Cabe mencionar que los pines que se van a colocar al paciente son de titanio el cual no va a representar ningún riesgo para el mismo.

#### **1.1.4 ALCANCES DEL PROYECTO**

- Diseño detallado del prototipo.
- Creación y presentación de planos del diseño y ensamble
- Construcción del distractor extraoral.

#### **1.1.5 LIMITACIONES**

- El distractor es unidireccional
- Uso solo en pacientes pediátricos con diagnóstico de hipoplasia mandibular: Síndrome de Pierre Robin, Treacher Collins, Microsomía Hemifacial entre otros.

## **CAPÍTULO 2**

### **DISTRACCIÓN**

### **OSTEOGÉNICA**

*"La alegría de ver y entender es el más perfecto don de la naturaleza."*  
**ALBERT EINSTEIN**

## 2.1 ANTECEDENTES DE LA DISTRACCIÓN OSTEOGÉNICA

La distracción osteogénica fue clínicamente documentada por primera vez por el traumatólogo italiano Alessandro Codivilla<sup>9, 43</sup> en 1905, reportando un alargamiento de femur<sup>8</sup>. Otros autores afirman que esta técnica ya había sido descubierta por Von Langenbeck en 1869 de forma experimental al llevar acabo elongaciones óseas en animales<sup>43</sup>. En 1927 Abbot<sup>36</sup> aplica el mismo concepto en el alargamiento de una tibia, la técnica empleada no tuvo éxito ya que se reportaron casos con una alta incidencia de complicaciones, como fueron infección de la herida quirúrgica, necrosis e impredecibilidad de mineralización<sup>13</sup>. Después de varios años se retoma esta técnica por el Dr. Ilzarov<sup>10</sup> en 1950, el cual hizo una contribución en el desarrollo de la técnica para explicar los principios biológicos y mecánicos en la formación de hueso nuevo<sup>37</sup>, demostrando que la tracción gradual crea un estrés el cual estimula la regeneración y el crecimiento de los tejidos vivos, lo cual se conoce como la ley de tensión-estrés<sup>35,39</sup>. En 1973 Snyder<sup>11</sup> describe la técnica de la distracción ósea llevando a cabo el primer estudio experimental en la mandíbula de un perro<sup>40</sup>. En 1992 Mc. Carthy<sup>42</sup> reporta la primera distracción ósea aplicada en pacientes pediátricos con hipoplasia mandibular<sup>37,40</sup>. En 1995 Molina y Ortiz Monasterio<sup>13</sup> aplican este procedimiento en pacientes con deficiencia mandibular uni y bilateral reportándose grandes ventajas y resultados. En 2001 McCarthy y cols<sup>7</sup> reportaron 11 años de experiencia clínica y experimental con DO mandibular, concluyendo que a nivel del macizo craneofacial da resultados de neoformación de tejido oseo<sup>35</sup>

En la actualidad muchas investigaciones han sido realizadas para evaluar el uso y funcionamiento de la distracción ósea encontrando que es un método de tratamiento alternativo para la corrección de hipoplasia mandibular además se recomienda el uso de DOM, como un medio efectivo, con menos riesgos y complicaciones, si se compara con osteotomías e injertos óseos tradicionales<sup>39,41</sup>.

## 2.2 DISTRACCIÓN OSTEOGÉNICA MANDIBULAR

La mandíbula fue el primer hueso del esqueleto facial en el que se practicó la distracción ósea a finales del siglo XX<sup>43</sup>.

Al comienzo de la historia de éste procedimiento, tomó gran auge debido a ser la opción de tratamiento. para ensanchar una mandíbula demasiado estrecha, en 1992, Mc. Carthy reportó una serie de 4 pacientes jóvenes, a quienes se les realizó distracción osteogénica mandibular, sin embargo utilizaba grandes distractores externos, que ofrecían resultados satisfactorios, sin embargo eran muy incómodos para los pacientes<sup>12</sup>.

A pesar de que estos voluminosos aparatos externos todavía ocupan un lugar en la utilización de ciertos casos, ahora hay disponibles una amplia variedad de distractores más pequeños y compactos con una mejoría en el confort de los pacientes y su aceptación<sup>45</sup>.

La distracción osteogénica es en la actualidad una posibilidad de tratamiento sencillo, tanto para pacientes infantiles como para adultos que cursen con diagnósticos de hipoplasia mandibular unilateral ó bilateral. También es un tratamiento alternativo para el manejo de la obstrucción respiratoria severa de la vía aérea. (Apnea Obstructiva del Sueño (OSA).

Existen numerosas causas que originan una deficiencia en el desarrollo mandibular<sup>22</sup> entre ellas podemos encontrar: síndrome de Pierre Robin, Síndrome de Treacher Collins, Apnea del sueño/hipoventilación Obstructiva (AOS/HVO), microsomnia hemifacial entre las mas comunes.

### **2.2.1 SÍNDROME DE PIERRE ROBIN**

Fue descrito por el estomatólogo francés Pierre Robin en 1923 y 1934<sup>28</sup>, la cual es una afección presente al nacer que está asociada a una anomalía causada por afección al desarrollo del primer arco braquiocefálico<sup>32</sup>, se caracteriza por la tríada micrognatia, glosoptosis, paladar hendido y obstrucción respiratoria<sup>30,31,32</sup>.

Como consecuencia de la micrognatia, la lengua se desplaza hacia atrás produciendo la obstrucción respiratoria que puede causar hipoxemia, hipercapnea, edema pulmonar, dificultad de la alimentación, vómitos, desnutrición, neumonías por aspiración y ocasionalmente la muerte<sup>26</sup>, con un índice de mortalidad asociada cercana al 40%<sup>31</sup> que estaba directamente relacionado al grado de dificultad respiratoria en el recién nacido<sup>17,18,31,33</sup>. La prevalencia varía entre 1 de cada 8.500 nacidos<sup>25,27,28,30</sup>, siendo igualmente común en hombres y mujeres.

La distracción mandibular ha demostrado eficacia como una alternativa a la traqueotomía en pacientes con obstrucción de la vía respiratoria neonatal en la secuencia de Pierre Robin (SPR)<sup>18,29</sup>.

### **2.2.2 SÍNDROME DE TREACHER COLLINS**

Fue descrito por Berry en 1889, también conocido como disostosis mandibulofacial<sup>24</sup>. Es un trastorno del desarrollo craneofacial debido a una alteración en el desarrollo de las estructuras faciales derivadas del primer y segundo arcos branquiales. Tiene una prevalencia de 1/50 000 recién nacidos vivos, se caracteriza por anomalías diferentes del pabellón auricular, hendiduras palpebrales antimongolianas y colobomas del párpado inferior, oído externo, macrotomias, anomalías en la inserción de la línea pilosa, ausencia de pestañas en el tercio medial del párpado inferior, y poco desarrollo en mandíbula y huesos faciales<sup>23,24</sup>.

Se han mostrado excelentes resultados con la distracción osteogénica mandibular como tratamiento de pacientes con obstrucción respiratoria severa<sup>23</sup>.

### **2.2.3 APNEA DEL SUEÑO/HIPOVENTILACIÓN OBSTRUCTIVA (AOS/HVO)**

Se considera apnea del sueño cuando se produce un episodio de apnea por hora de más de 10 segundos, con saturación menor del 87% e incremento del CO<sub>2</sub><sup>19,20</sup>. Esta anomalía presenta un alto riesgo de muerte neonatal debido a la obstrucción respiratoria. Este síndrome se puede tratar mediante la aplicación de osteogénesis por distracción ya que es un tratamiento bien tolerado por parte del paciente, corto periodo de duración, buenos resultados y sin reportes de recidivas<sup>21</sup>. El no conocimiento de la distracción mandibular para resolver de forma definitiva la apnea obstructiva es un factor de riesgo que favorece la alta morbilidad y mortalidad en estos pacientes en las unidades neonatales<sup>19</sup>.

### **2.2.4 MICROSOMIA HEMIFACIAL**

El término de microsomia hemifacial fue utilizado por primera vez por los siguientes investigadores: Arlt(1881), Gorlin y Pindborg en 1964. La microsomia hemifacial corresponde a la malformación congénita más común después del labio y paladar hendido<sup>49, 50, 51</sup>. Se caracteriza por malformaciones de estructuras que se derivan del primer y segundo arco braquial junto con el núcleo del hueso temporal. Afecta el esqueleto facial, los músculos de la región facial, y las estructuras neuromusculares, en ocasiones afectan el oído (microtia, macrostomia y malformaciones de rama, cuerpo o cóndilo mandibular)<sup>52</sup>.

La mayoría de estas afecciones son unilaterales pero también se encuentran algunas muy complejas y bilaterales, viéndose asociadas a síndromes. En los casos unilaterales la mandíbula esta desviada bajo el lado afectado

En el año de 1969 Pruzansky otorga el nombre de síndrome otocraneocefálico<sup>52</sup> Clasificándolo según las deformidades mandibulares en<sup>51</sup>:

- Grado 1. El paciente presenta una hipoplasia minima mandibular, todas las estructuras se encuentran presentes.
- Grado 2. El cóndilo y la rama mandibular son mas pequeños, la cabeza del cóndilo es plana con ausencia de cavidad glenoidea; el proceso coronoides puede estar ausente.
- Grado 3. La rama mandibular puede estar reducida a una muy delgada lámina de hueso o no existir.

## **2.3 PROTOCOLO PARA LA DISTRACCIÓN ÓSEA MANDIBULAR**

Para realizar una correcta distracción ósea es necesario complementar 4 fases (Fig. 2), las cuales en orden cronológico son: osteotomía, latencia, distracción y consolidación, finalizando con una serie de controles posoperatorios con el fin de garantizar el éxito de la cirugía.

### **2.3.1 OSTEOTOMÍA**

En esta primera etapa se realiza un corte inicial para lograr una separación en tallo verde; nivelar los segmentos y colocar el distractor. Para posteriormente finalizar la osteotomía (incluyendo el periostio, cortical y hueso medular).

### 2.3.2 LATENCIA

Tiempo de espera tras la realización de la osteotomía, el cual va de 2 a 7 días, siendo generalmente menor en pacientes pediátricos.

### 2.3.3 DISTRACCIÓN

La distracción se refiere al número de milímetros que se tensiona el segmento óseo, habitualmente dividido en 0.5mm X 2 veces al día (1mm diario), a ritmo continuo. No se recomienda tasas de distracción mayores a 2mm por día para evitar la consolidación prematura<sup>43</sup>.

### 2.3.4 CONSOLIDACIÓN

Durante la fase de consolidación, la remodelación ósea comienza y el tejido fibroso se madura con el tiempo en el tejido óseo<sup>41</sup>. Una vez conseguida la longitud deseada, el distractor se mantiene fijo durante un periodo que va de las 4 a las 12 semanas, lo cual permite la osificación estable del callo de distracción. Posteriormente se retira el distractor.

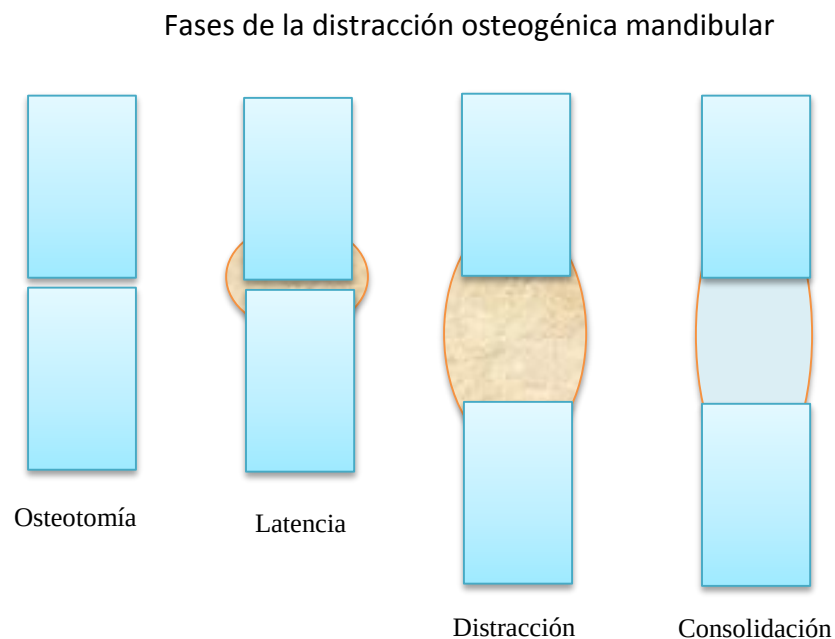


Fig. 2.1 Esquema cronológico de las fases de la distracción osteogénica mandibular

El proceso de distracción ósea mandibular se puede resumir en la figura 2.1

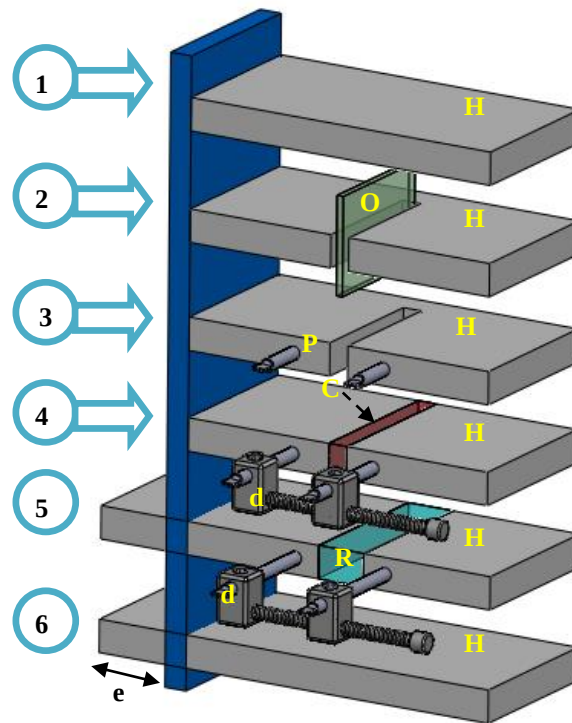


Fig.2.2. Vista esquemática del proceso de distracción por osteogénica 1.- La letra (H) representa al hueso hipoplásico el cual presenta la necesidad de ser alargado. 2.- Se realiza el proceso de osteotomía (o), el cual es la creación de un segmento de hueso móvil separada del resto del hueso. 3.- se colocan los clavos o pines (p) en los segmentos del hueso. 4.- El distractor (d) se coloca en con el fin de que se forme el callo óseo(c). 5.- La activación del distractor mueve el segmento paralelo hueso móvil al vector de distracción el cual va a regenerar el tejido recién formado (R), que con el tiempo se calcifica. 6-. Después de la mineralización del hueso nuevo, el alargamiento total (e) depende de la duración del período de distracción y el ritmo de distracción.

## **2.4 DISPOSITIVOS DE DISTRACCIÓN MANDIBULAR**

El distractor, es un instrumento o aparato (metálico o de material absorbible), con el que se realiza la movilización de hueso. Estos pueden clasificarse de diferente forma según el soporte, ubicación, por su mecanismo, entre otros<sup>46,47</sup>.

Con los avances tecnológicos, los distractores son cada vez más pequeños y más sofisticados que las primeras versiones.

Los dispositivos para la distracción mandibular pueden ser externos o internos los cuales pueden tener un único vector de distracción (distractor unidireccional) o múltiples vectores (distractor multidireccional).

Éstos pueden encontrarse en presentaciones metálicas (titanio/acero inoxidable) o reabsorbibles (ácido poliláctico y/o poliglicólicos<sup>43</sup>), dependiendo la necesidad del paciente.

Una de las consideraciones de planificación primaria en la distracción ósea maxilofacial es el uso de cualquiera de los dos tipos de distractores: externos o un dispositivo interno.

### **2.4.1 DISTRACTORES EXTERNOS**

El sistema de distracción mandibular externo está compuesto por pines y Tornillo fijador, estos fabricados de diferentes tamaños con el fin de guiar deficiencias o deformidades de la mandíbula hacia un desarrollo natural, gradual y controlado.

## Ventajas

- Los dispositivos externos tienen las ventajas de permitir que la distracción ósea sea en tres planos, permitiendo al cirujano modificar la dirección o vector, del proceso de distracción mientras que la distracción está avanzando, sin necesidad de retirar el dispositivo
- Permiten la fácil adaptación de la dirección de la distracción.
- Presentan una mayor longitud de expansión ósea. (expansiones de 40 mm o mayor han sido obtenidas de forma fiable). Siendo utilizados también en defectos postraumáticos que requieran una prolongación ósea tridimensional gradual, con el fin de dar mayor estabilidad.
- Pueden ser utilizados en pacientes recién nacidos que presenten alteraciones como síndrome de Pierre-Robin, que requieren de distracción mandibular urgente.

## Desventajas

- La creación de una cicatriz facial debido a la perforación del tejido blando por los pines percutáneos.
- Mayor posibilidad de desalojo, rotura y/o deformación de alguno de los componentes del sistema.
- Necesidad de "cuidados del distractor" por parte del paciente y familiares en las áreas de los pines percutáneos (Gosain et al. 2002)
- Infección
- Reacción de rechazos a cuerpos extraños

### **2.4.2 DISTRACTORES INTERNOS**

El desarrollo tan pequeño, de los dispositivos internos para distracción osteogénica mandibular han hecho de este, que sea clínicamente factible y práctico para el paciente y el cirujano. El objetivo de realizar distracción con dispositivos internos es generalmente más modesta, en el sentido que el parámetro de distancia para la distracción es tan solo hasta de 25 mm aproximadamente como límite.

Esto es una consecuencia de las limitaciones de ser colocado intraoralmente y del tamaño físico del dispositivo. Además, la dirección de la distracción no puede ser alterada una vez colocado el dispositivo.

#### **Ventajas**

- Ausencia de cicatrices faciales visibles
- Cosméticos y de confort( Mejor aceptación Social)

#### **Desventajas**

- Doble intervención y riesgo quirúrgico (colocación y retiro)
- No se puede modificar el vector una vez colocado el distractor.
- Poca longitud de expansión ósea.
- Infección por comunicación intraoral
- Reacción de rechazo a cuerpo extraño.

# **CAPÍTULO 3**

## **INTRODUCCIÓN**

### **A LOS SISTEMAS**

### **DE MANUFACTURA**

*“Cuando hay una tormenta los pajaritos se esconden,  
pero las águilas vuelan más alto”*

**MAHATMA GANDHI**

### 3.1 ¿QUE ES MANUFACTURA?

La mayor parte de los objetos como pueden ser los bolígrafos (inventado en 1938), los tostadores (1926), las lavadoras (1910), los equipos de aire acondicionado (1928), los refrigeradores (1931), fotocopadoras (1949), el Ipod (2001) entre miles más, han sido contruidos mediante el ensamble de distintas piezas fabricadas de diversos materiales. La manufactura es el proceso de convertir la materia prima en un producto. El término manufactura apareció en el año de 1567 y la palabra manufacturar en 1683<sup>15</sup>.

La manufactura se puede definir de dos maneras:

- a) Tecnológicamente: Es la aplicación de procesos químicos y físicos que alteran, la geometría, las propiedades, o el aspecto de un determinado material para elaborar partes o productos terminados.

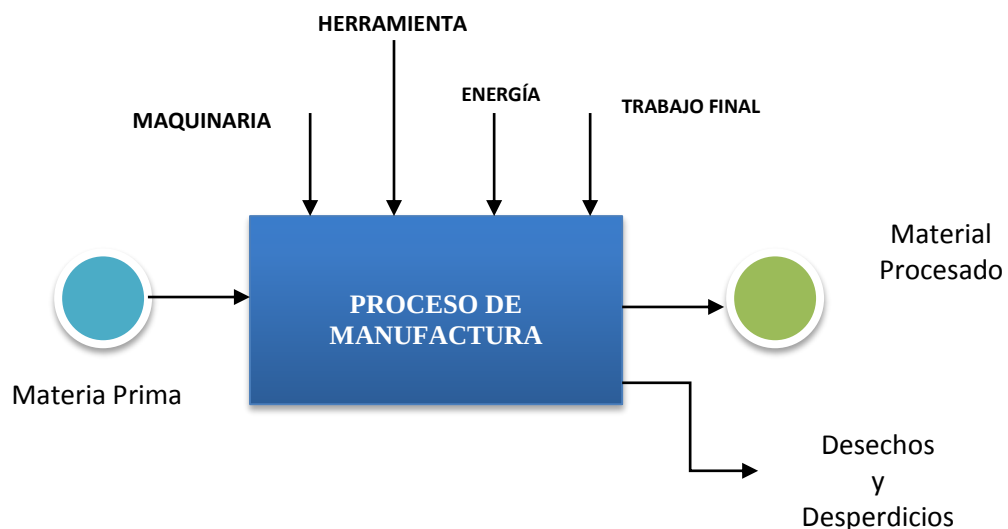


Fig. 3.1 Proceso Técnico

b) Económicamente: Es la transformación de materiales en artículos de mayor valor, a través de una o más operaciones o procesos de ensamble.

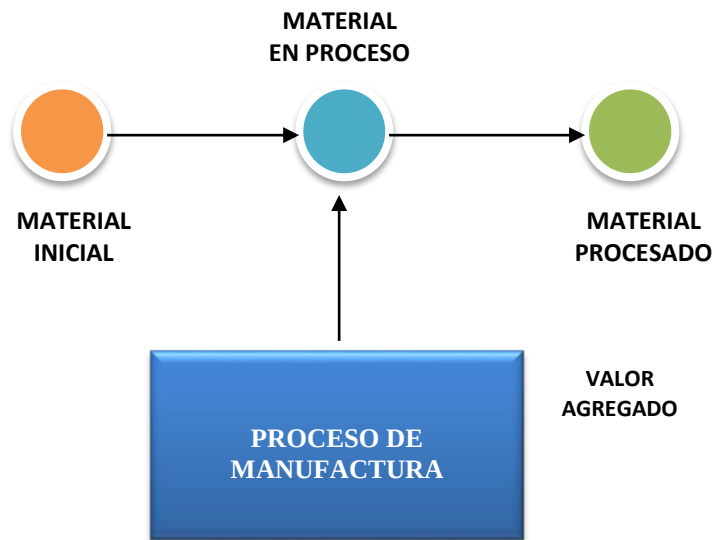


Fig. 3.2 Proceso Económico

La manufactura se puede decir que es el proceso de convertir la materia prima en productos.

El cual incluye:

- 1.- Diseño del producto
- 2.- Selección de la materia prima
- 3.- La secuencia de procesos a través de los cuales será manufacturado el producto.

Las actividades de Manufactura deben contener lo siguiente <sup>5</sup>:

**1.-** Un producto debe satisfacer los requerimientos del diseño, especificaciones y estándares del producto.

**2.-** Un producto debe ser manufacturado utilizando ambiental y económicamente los métodos más amigables.

**3.-** La calidad debe ser incorporada en el producto, desde el diseño hasta el ensamble.

**4.-** Los métodos de producción deben ser lo suficientemente flexibles como para responder a los cambios en la demanda del mercado, en los tipos de productos, en las tasas de producción, en las cantidades de producción y en los requerimientos de entrega a tiempo.

**5.-** Se debe estar evaluando de manera constante los nuevos desarrollos en materiales, métodos de producción e integración por computadora, tanto en las actividades tecnológicas como en las administrativas.

**6.-** Las actividades de manufactura deben ser enfocadas como un gran sistema, estando interrelacionadas sus partes. Estos sistemas se pueden modelar, a fin de estudiar los efectos de factores tales como fluctuación de la demanda en el mercado, en el diseño de los productos y en los materiales.

**7.-** Una organización de manufactura debe tratar de alcanzar los más altos niveles de calidad y de productividad (uso óptimo de los recursos: materiales, máquinas, energía, capital, mano de obra y tecnología)

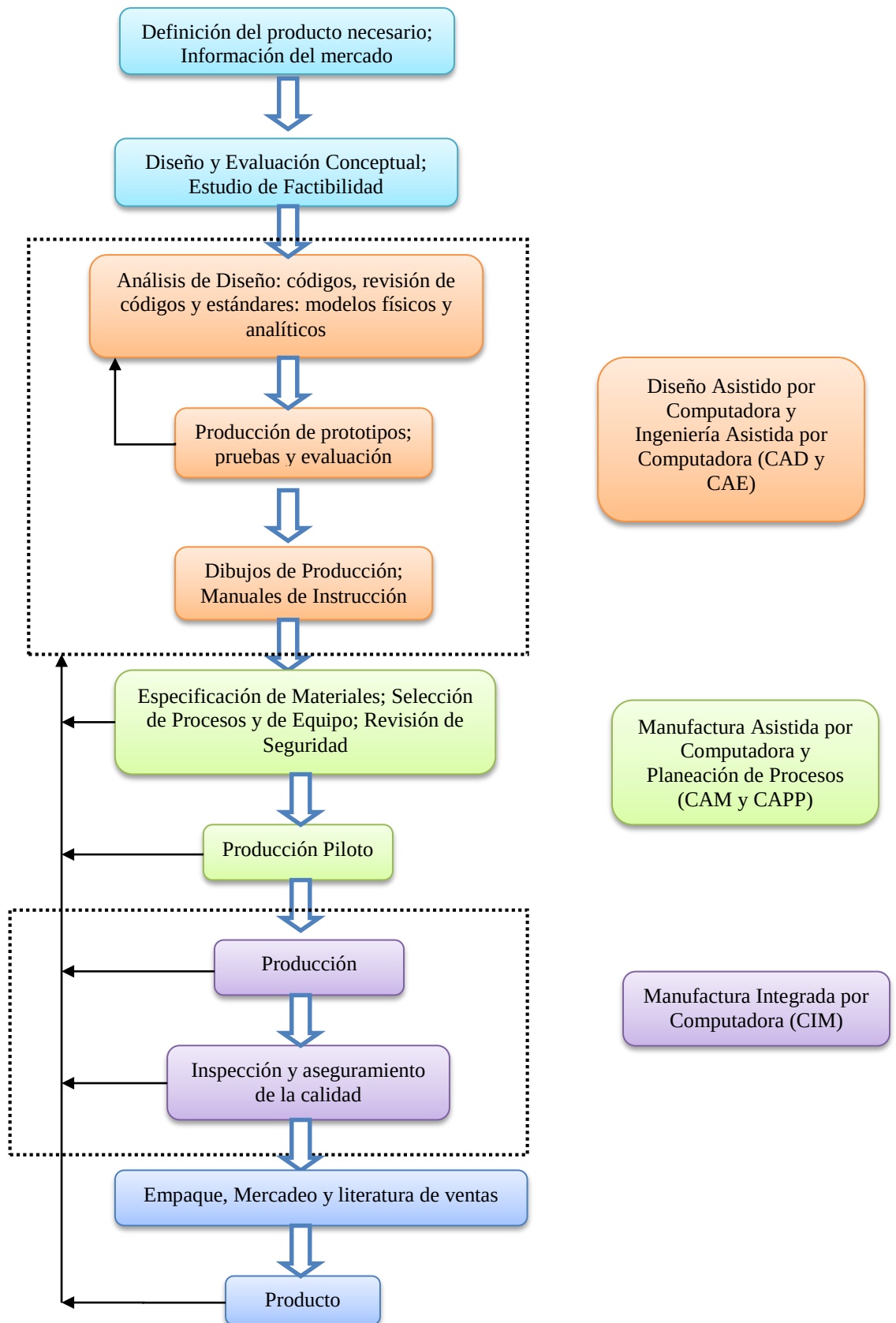


Fig. 3.3 Pasos involucrados en el diseño y manufactura de un producto

### 3.2 DISEÑO DEL PROTOTIPO ASISTIDO POR COMPUTADORA

La aplicación correcta del CAD, permite obtener importantes aumentos de productividad, mejor calidad del diseño y un tiempo más corto<sup>5</sup>.

El proceso de diseño del prototipo se compone de las siguientes etapas:

- Definición del Producto.- intervienen todas las áreas de la empresa:
  - Marketing, aporta las necesidades del mercado.
  - Ingeniería, el conocimiento de la tecnología en uso.
  - Fabricación, las posibilidades de obtención y aplicación de nuevas tecnologías de proceso.
  - Finanzas, costes y rentabilidad.

Se especifican las características físicas y funcionales del producto, sus prestaciones, y es donde definimos que producto es el que queremos.

- Creación del Modelo.- Se definen las formas, dimensiones y el material que se va a utilizar y es donde definimos el cómo se va a realizar el producto final.
- Análisis y optimización del modelo.- Se aplican al modelo creado los métodos de simulación y cálculo de características que nos van a permitir prever su comportamiento en la realidad.
- Construcción de un prototipo
- Ensayos y optimización del prototipo.- se realiza de dos maneras:

<sup>15</sup> Kalpakjian, S. & Schmid S. R. (2004).

- Mediante pruebas de simulación
- Sometiendo al prototipo a las mismas condiciones que será utilizado en la realidad.

Esto nos ayuda para comprobar si el producto va a cumplir con las especificaciones. Si tiene fallos se corrigen en los modelos y se modifican en el prototipo, y se vuelve a probar hasta conseguir el producto deseado.

- Documentación.- Se emite la información necesaria para la fabricación y comercialización:
  - Planos de conjunto y detalle
  - Lista de materiales
  - Manuales de uso y mantenimiento
  - Fichas de características técnicas



Fig. 3.4 Fases del diseño de un prototipo desde su concepción hasta su documentación

### 3.3 SISTEMAS DE DISEÑO ASISTIDOS POR COMPUTADORA (CAD)

En la actualidad existe una gran competitividad y no se conocen los límites del avance de la tecnología; Por el cual fue necesario aumentar la capacidad productiva y el rendimiento de los equipos de diseño. A continuación se muestran las siguientes características relacionadas con la tecnología CAD<sup>4</sup>.

- Capacidades de diseño de 3D en forma más rápida y en aplicaciones directas (Visualización, representación en tiempo real y en sombreado, secciones, vistas auxiliares, operaciones booleanas, etc.).
- Ensamblaje de piezas (unión de piezas bajo ciertas condiciones de posición).
- Elaboración de dibujos en 2D y 3D.
- Desarrollos de piezas y sistemas virtuales
- Ingeniería Concurrente (trabajo con objetos virtuales en todas las etapas del proyecto)
- Arquitectura abierta del software (posibilidad de personalizar y generar programas complementarios)
- Ingeniería inversa
- Utilización de la dimensión tiempo (movimiento, animación y sonido)
- Desarrollo de aplicaciones con entornos orientados a objetos.

La principal característica de un sistema CAD es que permite diseñar en forma interactiva y al mismo tiempo facilitar la definición y construcción de un prototipo.

Una gran ventaja es que los programas CAD se están integrando con los sistemas (CAE / CAM, ingeniería y fabricación asistida por computadora) de forma que están formando parte de la automatización integrada en los procesos industriales y pasan a convertirse en un medio de gestión de acceso y control de la información.

Existe una gran gama de software para la realización del CAD, en los cuales podemos encontrar:

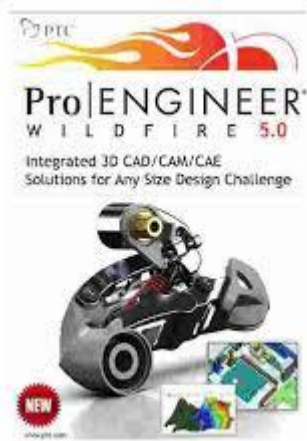


Fig. 3.5 Pro/ENGINEER



Fig. 3.6 CATIA



Fig. 3.7 SolidWorks



Fig. 3.8 Autodesk Inventor

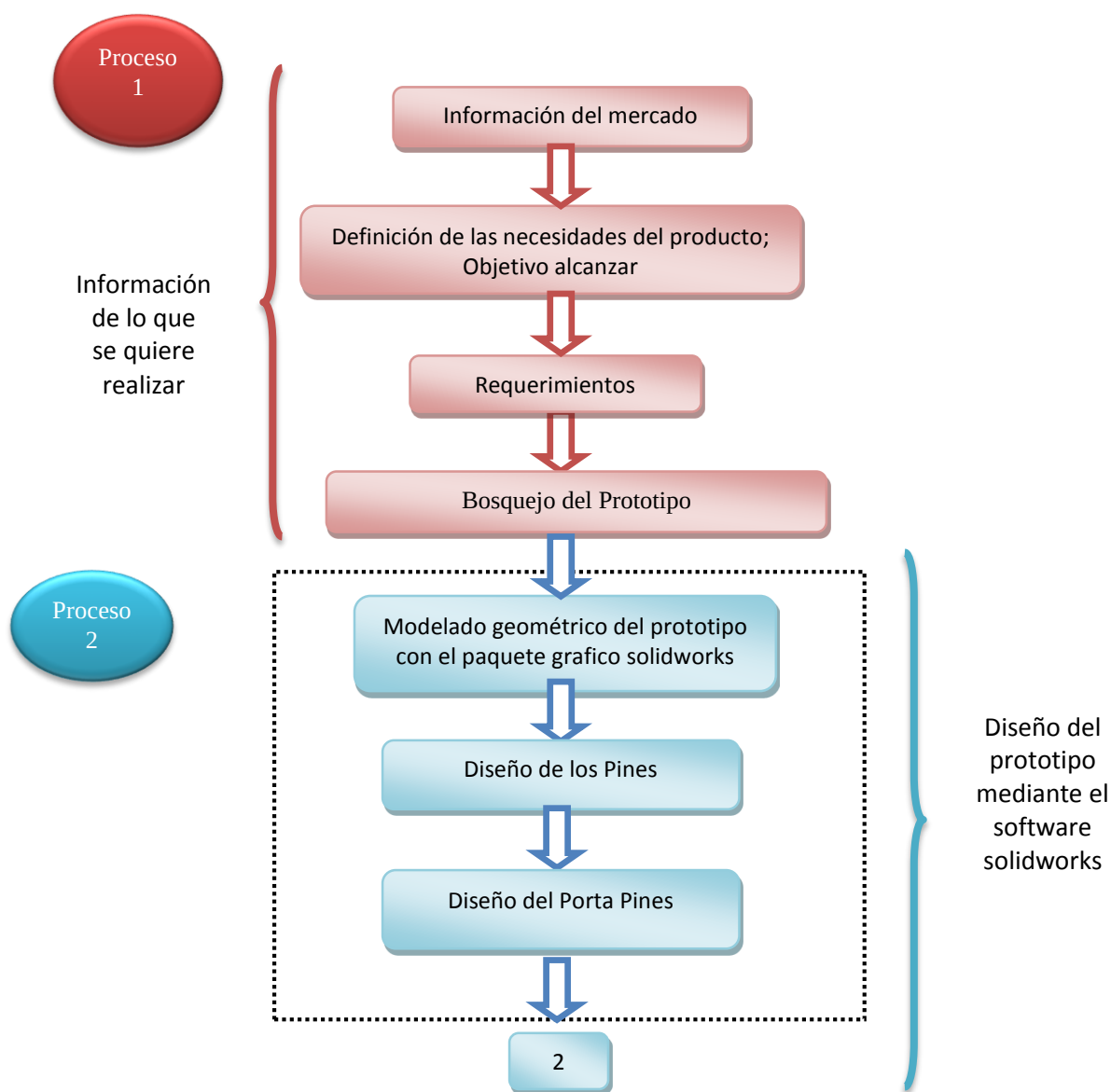
## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DEL PROTOTIPO**

*“Hay algo más importante que la lógica: es la imaginación”*  
**ALFRED HITCHCOCK**

## 4.1 PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DEL PROTOTIPO

El procedimiento con el que se llevó a cabo el diseño del prototipo consto de tres principales partes las cuales son: Información de lo que se quiere realizar, diseño del prototipo mediante el software SolidWorks® y se finaliza con la construcción del mismo. En el diagrama 3.1 se pueden observar de una manera más detallada la metodología con la que se realizó el proyecto.



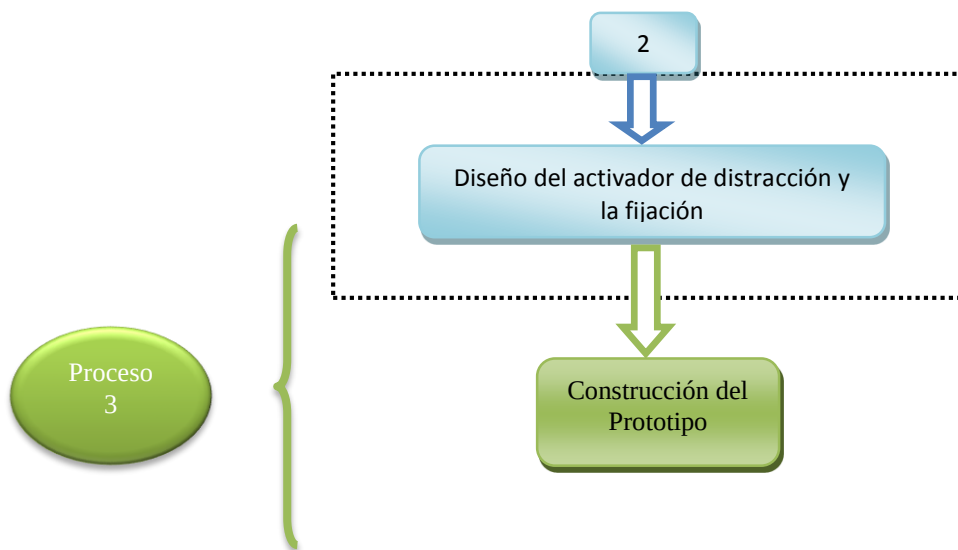


Fig. 4.1 Pasos involucrados en el diseño y manufactura de un producto

## 4.2 INFORMACIÓN DEL MERCADO

Se acudió a diferentes servicios de Cirugía Maxilofacial, para obtener información sobre los tratamientos aplicados en pacientes con diagnóstico de hipoplasia mandibular, donde se obtuvo el siguiente informe:

- *Expediente Clínico proporcionado por el servicio de C.M.F HRGIZ ISSSTE*

**Paciente 1:** Femenino de 10 años de edad con diagnóstico de Microsomía Hemifacial Izquierda. El servicio de C.M.F inicia tratamiento de distracción ósea por lo cual solicita distractor interno mandibular tipo Zurich de la Casa KLS Martin.

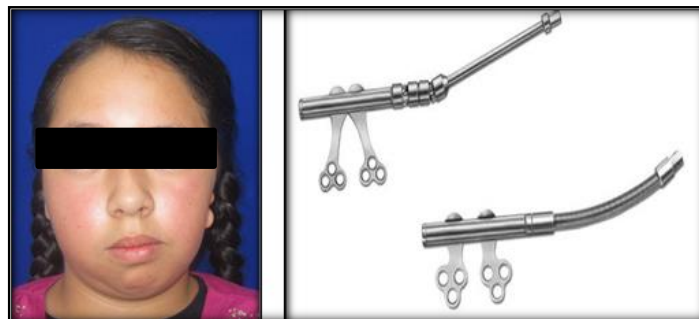


Fig. 4.2 Paciente femenino con diagnóstico de microsomía hemifacial, para tratamiento de distracción mandibular con distractor intraoral Tipo Zurich, control posquirúrgico.



Fig. 4.3 Transquirúrgico: Colocación de distractor mandibular interno. Se observa herida facial para poder mantener el tornillo distractor activo.



Fig. 4.4. Segunda Intervención: Retiro de distractor interno mandibular

Posterior a la intervención quirúrgica, pudimos apreciar las siguientes ventajas y desventajas del distractor interno.

#### Ventajas:

- Mayor estética

#### Desventajas:

- Doble riesgo de intervención quirúrgica
- cicatriz facial
- menor rango de distracción mandibular.

- *Expediente Clínico proporcionado por el servicio de C.M.F Hospital para el Niño, DIF, Toluca.*

**Paciente 2:** Se trata de paciente masculino de 2 años de edad, con un diagnóstico de Sx. De Pierre Robin, el cual acude al servicio de C.M.F del Hospital Niño DIF. Toluca por presentar continua infección de vías respiratorias a causa de la Traqueostomía, e imposibilidad de alimentación por vía oral, paciente el cual es sometido a distracción ósea mandibular bilateral, con distractor extraoral bidireccional Orthofix, para avance mandibular bilateral.



Fig. 4.5 Distractor Extraoral Mandibular Bidireccional y llave de activación



Fig. 4.6 Transquirurgico: Colocación de distractor mandibular bidireccional bilateral

Durante la intervención quirúrgica se observa aparatología extremadamente grande en comparación de la región facial a tratar, se necesitan 4 pines transcutáneos por cada lado a intervenir, la activación se da por medio de una llave tipo allen, la cual es muy inestable y difícil de manipular.

Posterior a la intervención la limpieza de la zona quirúrgica presenta mayor dificultad ya que la aparatología es más compleja, los cuidados del paciente deben ser más específicos, ya que los pines son muy largos por lo que se debe poner extrema atención y precaución de que estos estén fuera de contacto con ropa del paciente y evitar movimientos bruscos por parte del paciente o familiares.

- *Revisión bibliográfica: “Caso Clínico Distracción osteogénica mandibular en síndrome de Nager”<sup>53</sup>*

Dentro del mercado, podemos mencionar otro tipo de diseños de distractores como lo son: el extraoral unidireccional y bidireccional de la marca BIOMET, en el distractor bidireccional se observa un mecanismo complejo de adaptación y manipulación tanto para el cirujano como para el familiar del paciente. De la misma forma que distractores como el Orthofix su activación es dada por una llave tipo Allen.

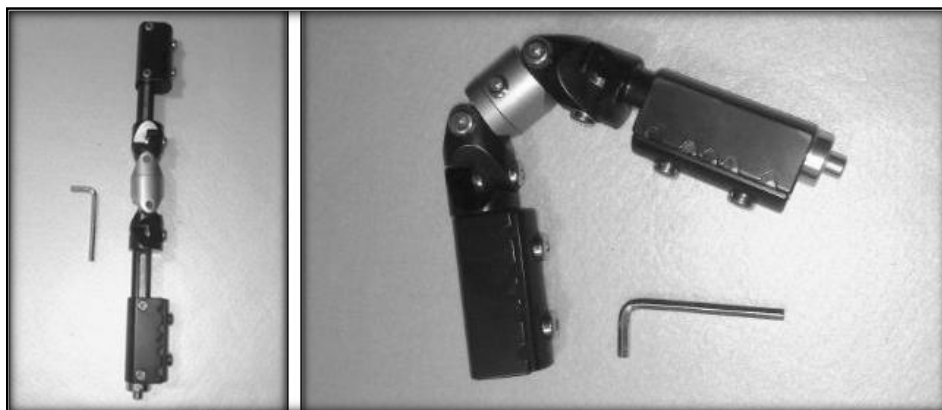


Fig. 4.7 Distractor unidireccional y bidireccional extraorales BIOMET , con activador tipo Allen



Fig. 4.8 Colocación del distractor

Como se puede apreciar en la Fig. 4.8, se observa aparatología amplia. Lo que puede causar inconformidad en el paciente, así como dificultad en su limpieza, sin embargo se obtuvieron resultados aceptables.

- *Análisis de Mercado en el congreso CIALACIBU 2015*

Se realizó un sondeo acerca de los diferentes distractores que hay en el mercado en el Congreso Internacional de la Asociación Latinoamericana de Cirugía y Traumatología Bucomaxilofacial que se llevó a cabo del 19 al 23 de Abril en Lima Perú.

Encontrando como resultados pocos modelos de dispositivos para el tratamiento del problema de hipoplasia, durante el evento y la exposición comercial, teniendo estos un costo elevado, al mismo tiempo se resalta el tiempo de entrega de los distractores una vez realizada la solicitud del mismo a la casa comercial, en la cual expresan un tiempo de espera de 3 a 4 semanas, ya que estos dispositivos son internacionales.



Fig. 4.9 Congreso CIALACIBU 2015

#### 4.3 DETECCIÓN DE LAS NECESIDADES

El objetivo a alcanzar es principalmente realizar el diseño y manufactura de un distractor externo unidireccional con su instrumental, de tal manera que sea ergonómico, fácil de usar, ligero, a bajo costo y de alta calidad, con el fin de beneficiar a niños con problemas de hipoplasia mandibular.

#### 4.4 REQUERIMIENTOS

Retomando la información anterior se decidió realizar un bosquejo del prototipo el cual contara con 4 secciones las cuales son:

- 1) Distractor
- 2) Pines
- 3) Porta Pines
- 4) Activador de distracción

Por tal motivo se muestra la lista de requerimientos:

- ✓ Se requiere que el material para la fabricación del dispositivo sea de grado medico
- ✓ Un mecanismo para apertura y cierre de distracción
- ✓ Diseño ergonómico con una buena apariencia estética
- ✓ El dispositivo deberá ser fácil de manipular y de fácil limpieza

#### 4.5 BOSQUEJO DEL PROTOTIPO

Analizando los requerimientos se obtuvo un diseño preliminar mediante un bosquejo ver Fig. 4.10

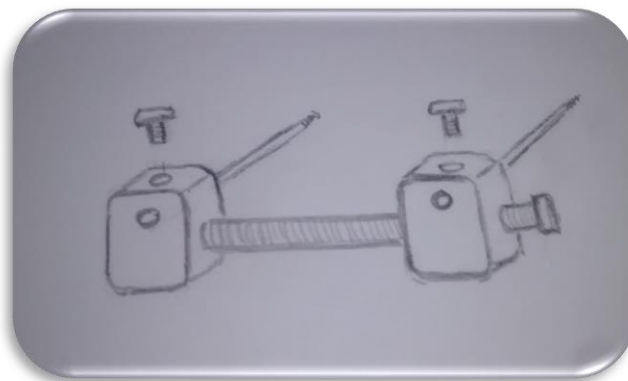


Fig.4.10 Bosquejo del Prototipo

## **CAPÍTULO 5**

### **DESARROLLO DEL PROTOTIPO MEDIANTE EL DISEÑO E INGENIERÍA ASISTIDOS POR COMPUTADORA**

“La vida es una obra de teatro que no permite ensayos...Por eso,  
canta, ríe, baila, llora y vive intensamente cada momento de tu vida...  
antes que el telón baje y la obra termine sin aplausos”.

**CHARLES CHAPLIN**

## 5.1 MODELADO GEOMÉTRICO DEL PROTOTIPO CON EL PAQUETE GRAFICO SOLIDWORKS

Solidworks® es una solución de diseño tridimensional completa que integra un gran número de funciones avanzadas para facilitar el modelado de piezas, crear grandes ensamblajes, generar planos y otras funciones que permiten validar, gestionar y comunicar proyectos de forma rápida y precisa<sup>8</sup>.

El distractor e instrumental fue diseñado de acero inoxidable grado medico

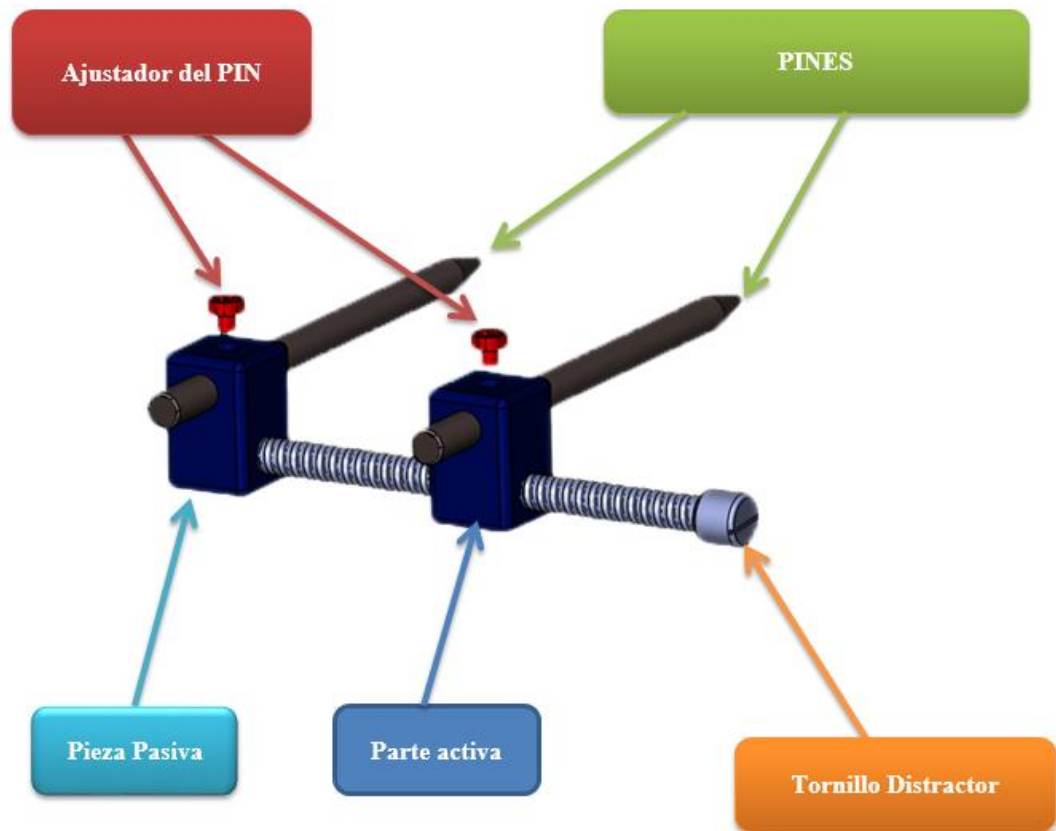


Fig. 5.1 Diseño del Distractor

<sup>8</sup> Gómez, S. (2008), *El Gran Libro de SolidWorks*: Marcombo

## 5.2 DISEÑO DE LOS PINES

Los pines fueron diseñados en material acero inoxidable



Fig.5.2 Pines

## 5.3 DISEÑO DEL PORTA PINES

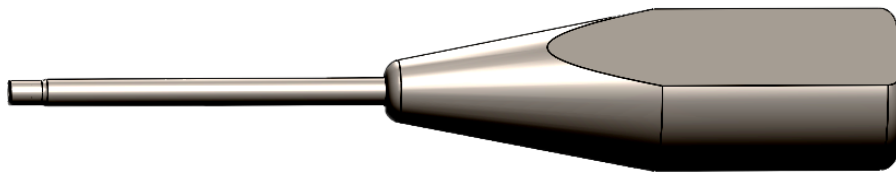
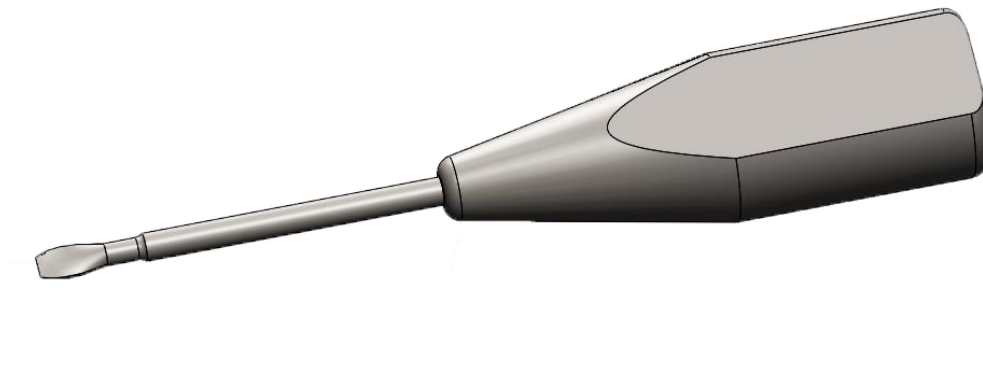


Fig. 5.3 Porta Pines

#### 5.4 ACTIVADOR DE DISTRACCIÓN Y FIJACIÓN



5.4 Activador de distracción y fijación

#### 5.5 METODOLOGÍA SOBRE LA COLOCACIÓN DEL DISTRACTOR MANDIBULAR UNIDIRECCIONAL EXTRAORAL EN 3D

Una vez realizada la osteotomía (línea punteada) ver fig.5.5, se realiza la colocación de los pines percutáneos por medio del porta pin a los lados de la zona intervenida.

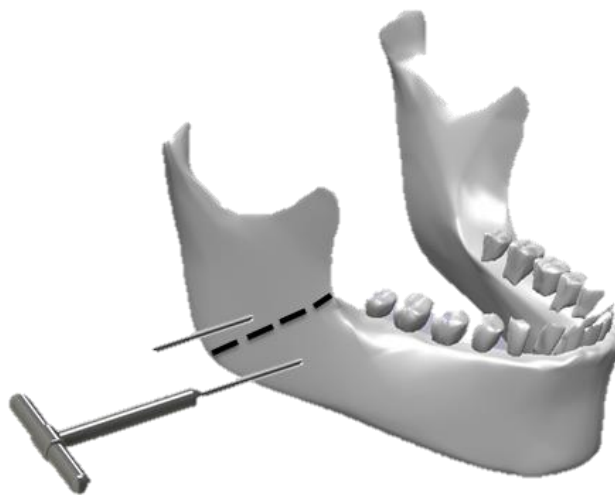


Fig.5.5 Colocación de los pines percutáneos por medio del porta pin

Posteriormente se realiza la fijación del distractor a los segmentos mandibulares posterior a la osteotomía, por medio de los pines percutáneos y se fijan con los tornillos de fijación.

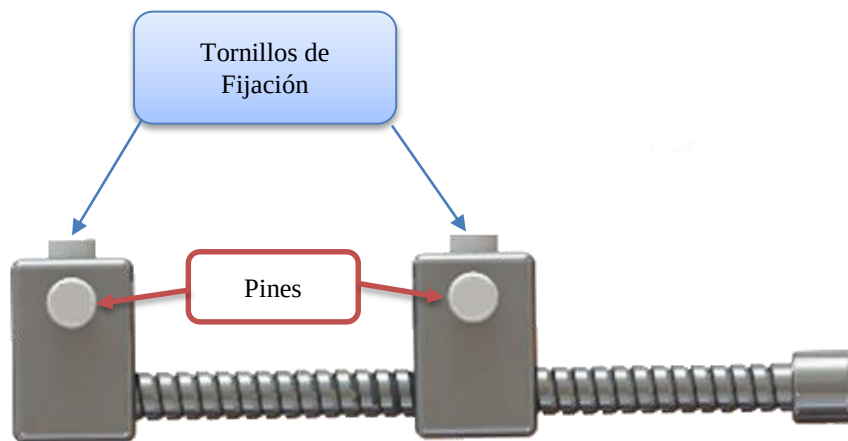


Fig. 5.6 Vista lateral del Distractor



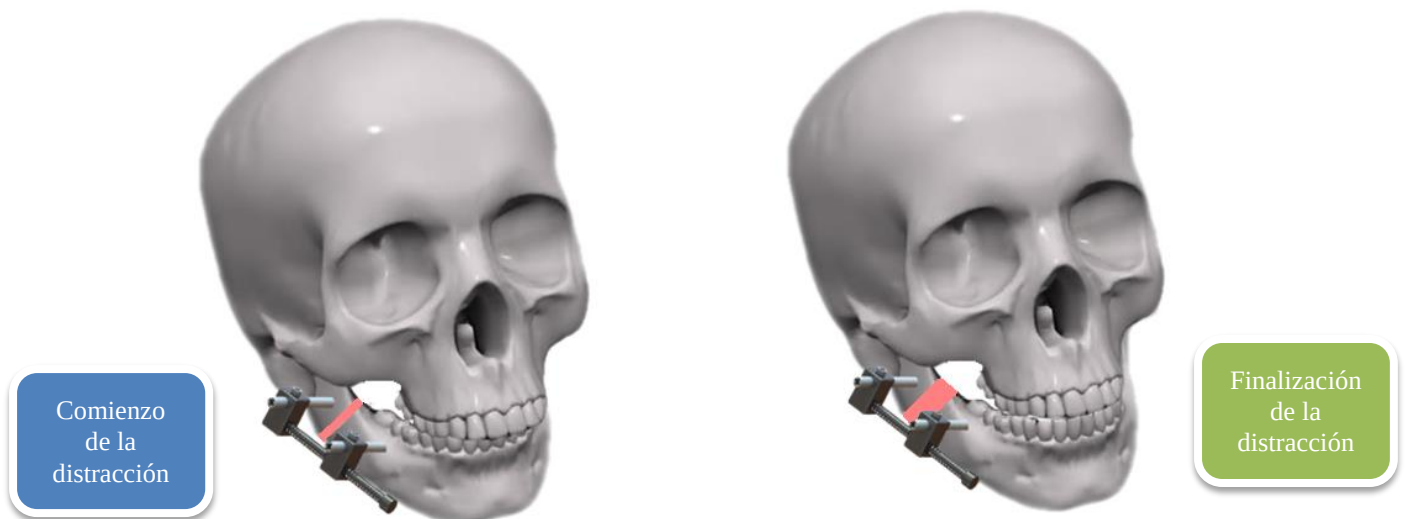
Fig. 5.7 Fijación del distractor por medio de los pines percutáneos

Se realiza la activación de distractor extraoral por medio de tornillo activador.



#### 5.8 Activación de distractor extraoral por medio de tornillo activador

Ejemplificación de proceso de distracción una vez activado el distractor mandibular, secuencia de avance mandibular, formación de callo óseo, modificación de anatomía y oclusión



#### 5.9 Ejemplificación del proceso de distracción

## **CAPÍTULO 6**

### **MANUFACTURA DEL DISTRACTOR MANDIBULAR**

*“El genio es uno por ciento de inspiración y un noventa y nueve por ciento transpiración”*  
**THOMAS ALVA EDISON**

.

## 6.1 MANUFACTURA DEL PROTOTIPO

A continuación se muestra el proceso de realización del distractor extraoral mandibular y el set instrumental el cual fue fabricado de acero inoxidable grado médico. La información no se muestra detallada



Fig. 6.1 Barras de acero inoxidable grado medico (diferentes diámetros)

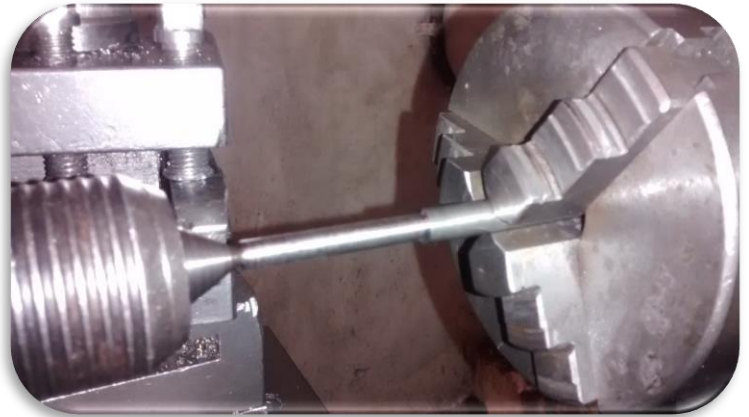


Fig. 6.2 Fabricación de las piezas en el centro de maquinado



Fig. 6.3 Realización de Pieza activa del distractor



Fig. 6.4 Tornillo fijador



Fig. 6.5 Ensemble del distractor



Fig. 6.6 Distractor



Fig. 6.7 Porta pines



Fig. 6.8 activador para distracción

## **CAPÍTULO 7**

### **ENSAYO CLÍNICO**

*“Todo lo que una persona puede imaginar,  
Otras podrán hacerlo realidad.”*

**JULIO VERNE**

## 7.1 PRUEBAS CON EL DISPOSITIVO

Con el objetivo de validar dispositivo de distracción mandibular, se realizaron ensayos preliminares clínicos en cadáver, teniendo la oportunidad de asistir al INCIFO (Instituto de Ciencias Forenses) de la Ciudad de México, en colaboración del equipo de cirujanos Maxilofaciales del Hospital General Ignacio Zaragoza, ISSSTE.

Para este caso se utilizaron en específico los distractores mandibulares extraorales, previamente manufacturados.

Se realizó el protocolo quirúrgico para la distracción ósea mandibular verificando tanto el kit de distracción así como el mecanismo de acción del distractor unidireccional mandibular, activando y desactivando el distractor en múltiples ocasiones, verificando sobre todo su estabilidad, posición y funcionamiento del mismo.



Fig. 7.1 Asepsia y antisepsia de región mandibular



Fig. 7.2 Incisión y exposición de cuerpo y rama mandibular



Fig. 7.3 Colocación de 1er pin percutáneo



Fig. 7.4 Verificación de posición de pin en cuerpo mandibular



Fig. 7.5 Colocación de 2do pin percutáneo



Fig. 7.6 Colocación de tornillo distractor



Fig. 7.7 Ajuste de distractor extraoral



Fig. 7.8 Distractor mandibular en posición, se verifica que este en estado



Fig. 7.9 Prueba de activación de distractor mandibular. Se observa movimiento de cuerpo mandibular de 3mm, posterior a la activación del distractor



Fig. 7.10 Prueba de cierre de distractor mandibular. Se realiza cierre de distractor, segmentos óseos regresan a su sitio, solo separados por osteotomía.

## 7.2 HALLAZGOS

Una vez concluidos los ensayos clínicos, se observó que durante la colocación de los pines percutáneos el porta pines presentaba un mango muy ancho y muy largo por lo cual se rediseñó el porta pines para que fuera más práctico de usar.



Fig. 7.11 Diseño en 3d del Porta Pin

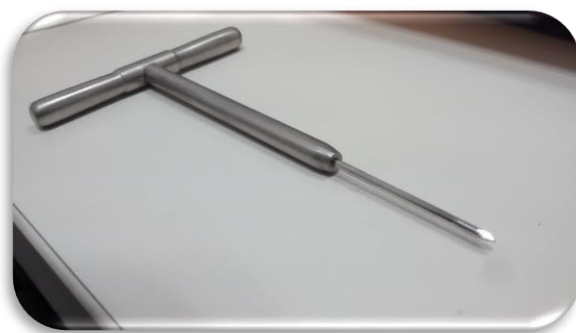


Fig. 7.12 Porta pin de acero inoxidable

Otro inconveniente fue el mango del activador del distractor al ser muy grande y ancho, se presentaron inconvenientes al iniciar la activación del distractor propiamente dicho.

Por lo cual se rediseño de tal forma que fuera ergonómico, ligero, fácil de manipular y fácil para su limpieza y esterilización.



Fig. 7.13 Diseño en 3d del Activador de distracción



Fig. 7.14 Activador de distracción de acero inoxidable

## **CAPÍTULO 8**

### **CASO CLÍNICO**

*“El hombre es mortal por sus temores e inmortal por sus deseos”*  
**PITÁGORAS**

## 8.1 CASO CLÍNICO

Se trata de paciente masculino de 6 años de edad, que acude al servicio de Cirugía Maxilofacial del Hospital del Niño, DIF, Pachuca, Hgo. Donde es valorado con diferentes criterios como fotografías y exploración física observando: asimetría facial de lado izquierdo, específicamente del tercio inferior facial (región mandibular), apéndices cutáneos en región geniana en número de 2. Intraoralmente con mordida cruzada posterior. Con un diagnóstico presuntivo de microsomía hemifacial izquierda.



Fig. 8.1 Vista Frontal  
Asimetría facial izquierda



Fig. 8.2 Vista Frontal, se observa  
desviación de la apertura  
mandibular hacia el lado afectado.



Fig. 8.3 Vista Caudocefálica  
Ángulo y rama mandibular  
izquierdos con menor diámetro



Fig. 8.4 Vista Lateral  
Se observan apéndices  
cutáneos

Una vez valorado el paciente se solicitan auxiliares diagnósticos dentro de los cuales destacan la Esteriolitografía.

## 8.2 DIAGNOSTICO CON ESTERIOLOGRAFÍA

Se obtiene esteriolitografía mandibular del paciente en donde se observa hipoplasia de cuerpo y rama mandibular, así como asimetría e hipoplasia tanto de proceso coronoides como del cóndilo mandibular.

La arcada dentaria se observa colapsada de lado izquierdo.  
Por lo que el diagnóstico definitivo es Microsomía hemifacial Izquierda.

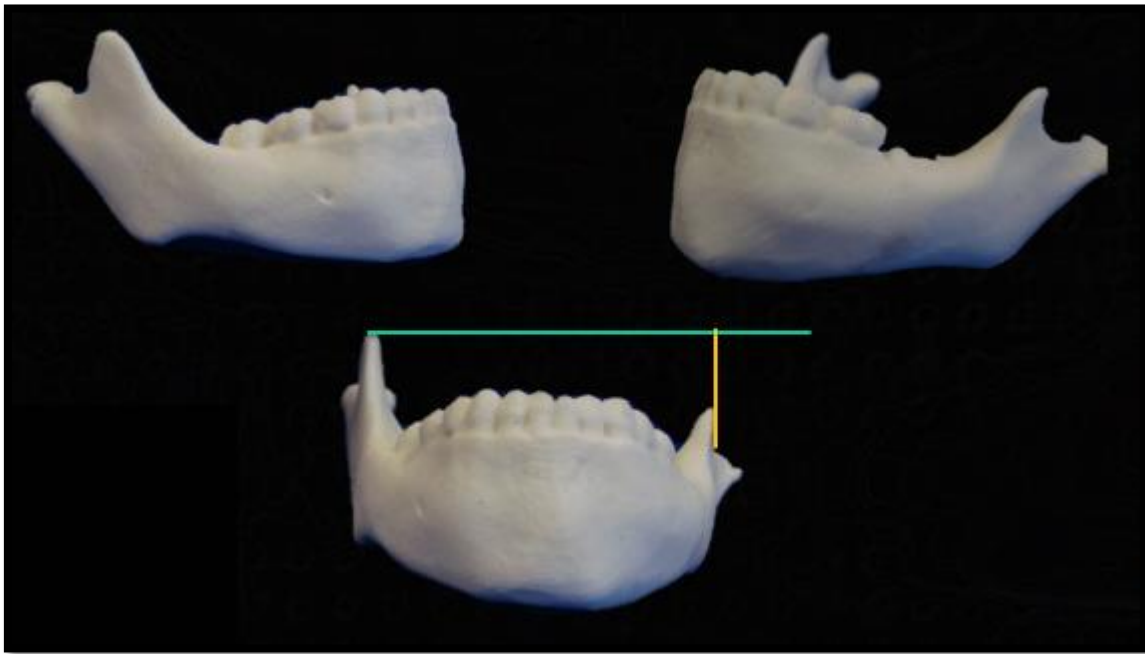


Fig. 8.5 Esteriolitografía mandibular del paciente.  
Hipoplasia de cuerpo y rama izquierda.

### 8.3 COLOCACIÓN DEL VECTOR DEL DISTRACTOR EN EL MODELO DEL ESTERIOROLITO

Siendo la esteriolitografía un modelo tridimensional del paciente, se hace uso de esta misma para una mejor valoración y por lo tanto planificación del lugar donde se realizarán las osteotomías así como la propuesta de colocación del vector del distractor para realizar la fijación de los fragmentos óseos mediante los pines metálicos, para posterior colocación del distractor”, respetando estructuras óseas tales como los órganos dentarios y el conducto del nervio alveolar inferior.



Fig.8.6 Vista frontal esteriolitografía mandibular.  
*Arcada dentaria asimétrica, simulación de osteotomía en cuerpo mandibular (línea negra)*



Fig.8.7 Vista lateral de esteriolitografía mandibular.  
*Se simula osteotomía vestibular (línea negra)*



Fig. 8.8 Vista lateral de esteriolitografía mandibular, colocación de pines.  
*Se simula colocación de pines (puntos negros)*

#### 8.4 MATERIAL QUIRÚRGICO

Previo al acto quirúrgico se solicita el kit para distracción osteogénica mandibular que consta de: distractor mandibular unidireccional de acero inoxidable (2), pines percutáneos (4), Porta pin (1), Activador de distractor (1).

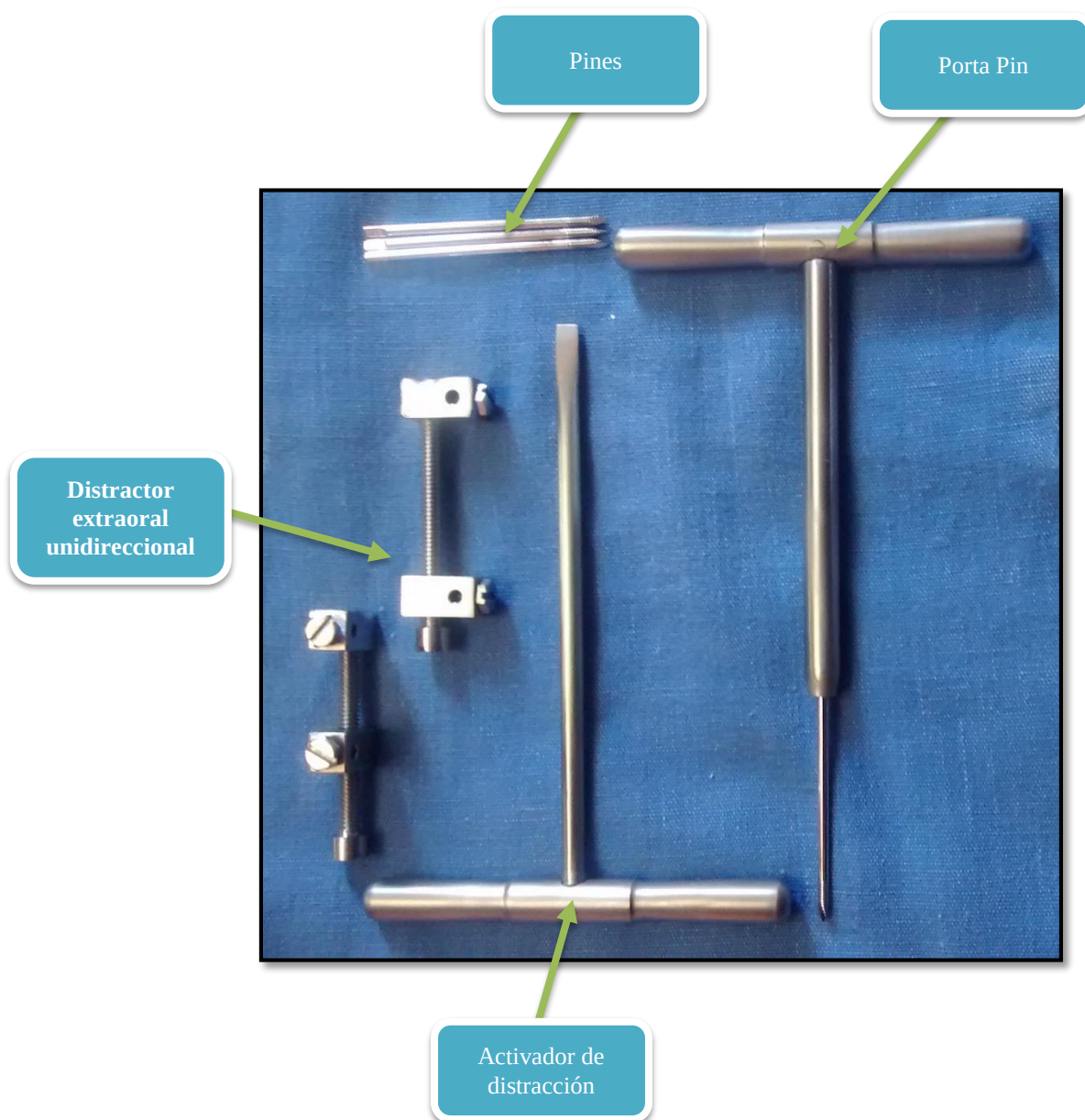


Fig. 8.9 Kit para distracción osteogénica mandibular

Una vez esterilizado el kit por medio del autoclave de vapor, está listo para utilizarse en la cirugía, junto con los instrumentos generales de la charola de cirugía propiamente dicha.



Fig. 8.10 Material previamente esterilizado para acto quirúrgico



Fig. 8.11 Charola quirúrgica general para cirugía menor maxilofacial

## 8.5 TRANSQUIRÚRGICO

Bajo anestesia general balanceada, con intubación orotraqueal, se inicia realizando marcaje en piel de región mandibular, así como el trazo de osteotomía y lugar de colocación de pines percutáneos, posteriormente se realizó incisión en mucosa intraoral con electrobisturí a nivel de la región retromandibular, de 3 cm aprox., el periostio es disecado cuidadosamente y se expone el ángulo mandibular, la rama ascendente y la escotadura sigmoidea, posteriormente, se realiza la osteotomía externa, por detrás de los órganos dentarios, se colocan dos tornillos percutáneos de 3 mm de diámetro, uno por arriba de la osteotomía y el otro por abajo, con una separación aproximada de 3 cm, perfectamente paralelos, verificando no lesionar las estructuras anatómicas (nervio alveolar inferior y órganos dentarios) posteriormente se coloca el tornillo conector y de activación, verificando su funcionalidad. Se procede a suturar la herida quirúrgica intraoral.

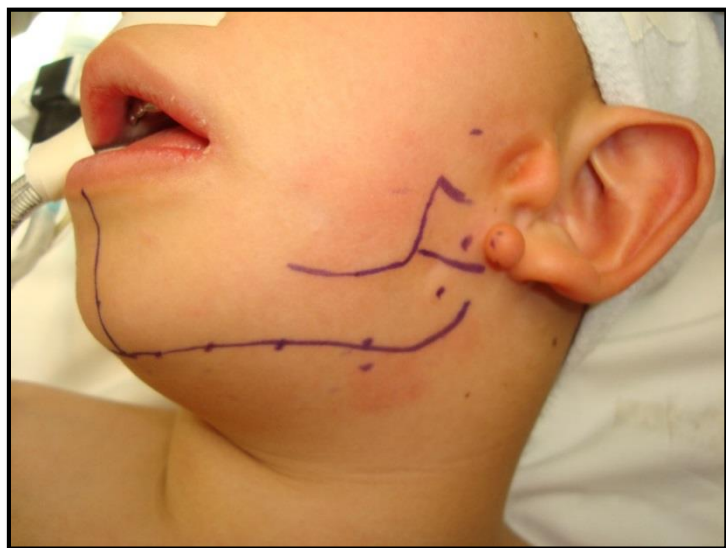


Fig. 8.12 Marcaje extraoral de zona de osteotomía y colocación de pines percutáneos



Fig. 8.13 Incisión intraoral en zona retromolar por medio de electrobisturí



Fig.8.14 Osteotomía de la cortical externa.



Fig.8.15 Colocación de 1° pin transcutaneo en cuerpo mandibular



Fig. 8.16 Verificación de posición de pin.



Fig.8.17 Colocación de 2° pin



Fig.8.18 Posición paralela de pines en cuerpo mandibular.

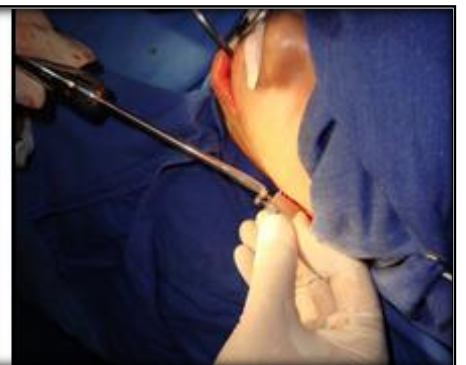


Fig.8.19 Colocación de tornillo de fijación al distractor



Fig.8.20 Distractor en posición.  
*Vista lateral*

## 8.6 CUIDADOS POSQUIRÚRGICOS

Este procedimientos con frecuencia pueden realizare con el paciente ambulatorio, sin embargo, algunos pacientes requieren de breve hospitalización, así es como se aplica en el servicio de Cirugía Maxilofacial del Hospital del Niño DIF, Pachuca, Hgo. En donde el paciente cursa una estancia intrahospitalaria de 1 a 2 días de cuidados postoperatorios con las indicaciones siguientes:

- Monitoreo durante la noche.
- Inicio de tratamiento antibiótico, el cual debe cumplirse de 7 a 10 días.
- Control del dolor (AINE), éste debe disminuir después de la primera semana.

Cuidados Secundarios:

- Limpieza de herida extraoral diaria y retiro de costra para evitar cicatriz.
- Estricta higiene intra y extra oral, para evitar infecciones.
- Conteo y control estricto durante el periodo de distracción
- Retiro de distractor bajo sedación

## 8.7 CONTROL RADIOGRÁFICO INICIAL

Se evalúa al paciente posterior a la colocación del distractor mandibular con nuevos estudios inmediatos: radiografía lateral de cráneo, donde se observa adecuada posición de distractor mandibular (Fig. 8.21).



Fig. 8.21 Radiografía lateral de cráneo posquirúrgica inmediata.  
*Se observa distractor en adecuada posición*

Durante la fase de distracción se solicita una tomografía tipo Cone Beam de control, en una vista panorámica se observan dos objetos radioopacos en zona de cuerpo y rama mandibular izquierda, (circulo rojo), correspondientes a los pines, en adecuada posición y función sin datos de lesión a órganos dentales ni estructuras anatómicas importantes (paquete vasculonervioso alveolar inferior). (fig. 8.22)



Fig. 8.22 Tomografía Cone Beam control. Durante fase de distracción.

En la misma tomografía, en un corte coronal, se observa cóndilo mandibular izquierdo hipoplásico, (circulo rojo) en adecuada posición dentro de la cavidad glenoidea, a nivel de cuerpo y rama mandibular se observa zona hiperdensa correspondiente al pin de distractor en posición y función en ambas tablas corticales vestibular y lingual. (rectángulo blanco) (Fig. 8.23 sección A)

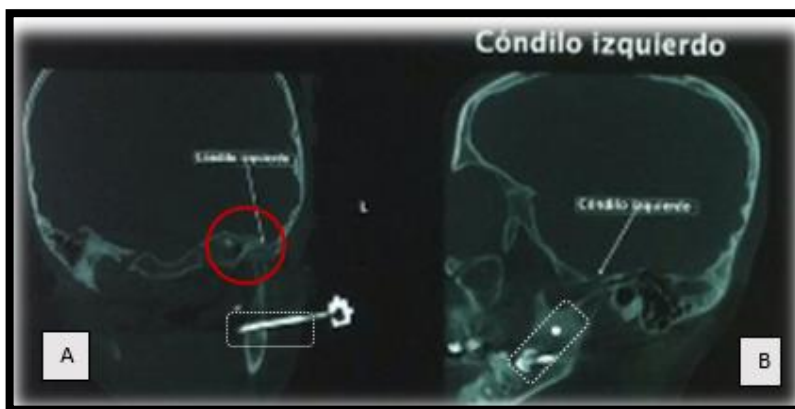


Fig. 8.23 Tomografía cone beam en fase de distracción  
Sección A.: Corte coronal  
Sección B: Corte sagital

En un corte sagital se observan los dos pines del distractor en rama mandibular, sin datos de lesión a órganos dentarios (rectángulo blanco) (Fig. 8.23 sección B).

La Reconstrucción 3D del macizo facial se solicita finalizado el periodo de consolidación (Fig.8.24) y previo al retiro del distractor, donde observamos una oclusión en forma y función y un desarrollo del cuerpo y rama mandibular adecuado, sin daño a estructuras ya mencionadas.



Fig. 8.24 Tomografía Reconstrucción 3D del macizo facial

*Sección A:* Vista frontal donde se observa distractor mandibular unidireccional en posición posterior a una distracción

*Sección B:* Vista lateral derecha, la rama mandibular derecha se observa en adecuadas condiciones.

*Sección C:* Vista lateral izquierda con distractor mandibular unidireccional vertical, en posición, posterior al periodo de consolidación.

## 8.8 RETIRO DE DISTRACTOR ÓSEO MANDIBULAR

Después que se complete la fase de consolidación el distractor puede ser retirado utilizando sedación intravenosa y anestesia local.

En el caso clínico presentado, posterior a tiempo de consolidación 1 mes se realiza el retiro del distractor mandibular extraoral, bajo sedación, en un tiempo quirúrgico de 15 min.

Una vez que se retiran los pines, se verifica hemostasia y se sutura con un punto simple de nylon 4-0.

Se dan indicaciones de higiene y cuidados de heridas, sin accidentes ni complicaciones.



Fig. 8.25 Bajo sedación, se retira distractor



Fig. 8.26 Sutura.

El paciente continúa con tratamiento de ortopedia maxilar para mejorar oclusión, y brindar mayor simetría mandibular.

## 8.9 DISTRACCIÓN OSTEOGÉNICA MANDIBULAR CONTROL POSQUIRURGICO A 6 MESES

En control a los 6 meses de pos operado, posterior a retiro de distractor y presentando una evolución favorable del paciente con diagnóstico de microsomía hemifacial izquierda, se obtienen resultados clínicos aceptables, con buena adaptación e integración psicosocial. Observando clínicamente adecuada simetría de tercio medio e inferior facial, se presenta mayor volumen de cuerpo y ángulo mandibular, con buena función y oclusión mandibular.



Fig.8.27 Vista frontal del antes y después  
Mejoría clínica de contorno y simetría facial



Fig. 8.28 Vista Caudocefálica del antes y después  
Ángulo y rama mandibular izquierdos con mayor contorno y simetría facial mejorada.

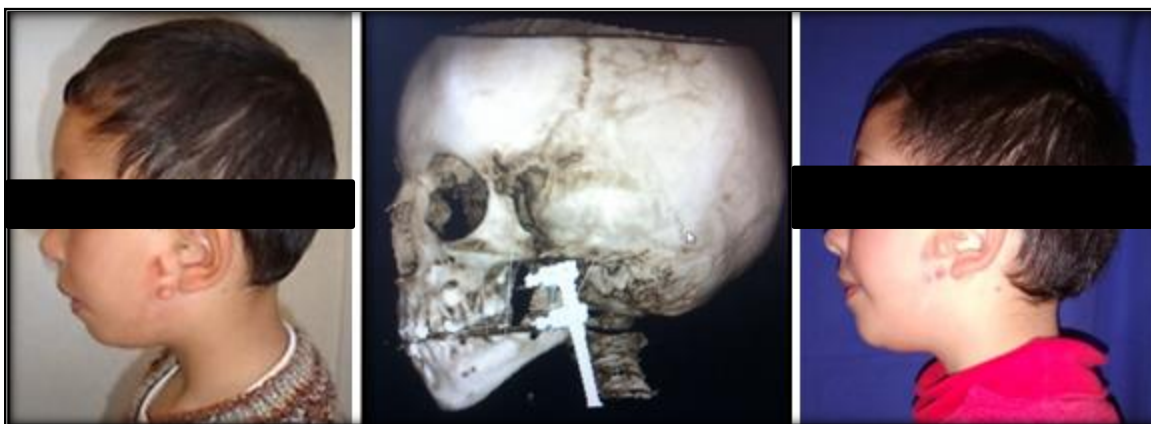


Fig. 8.29 Vista lateral del antes y después  
Mínima cicatriz cutánea, contorno mandibular aumentado

## **CAPÍTULO 9**

### **CONCLUSIONES**

*“El mundo está en las manos de aquellos que tienen el coraje de soñar y correr  
el riesgo de vivir sus sueños ”*

**PAULO COELHO**

## 9.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a las necesidades que presentamos se llegó al diseño del prototipo el cual cumple en su totalidad con los objetivos propuestos y con sus principales funciones el beneficiar a pacientes pediátricos con hipoplasia mandibular a bajo costo y de excelente calidad.

Durante la realización del prototipo se tuvieron que realizar algunos cambios para la mejora del mismo, entre ellos podemos encontrar: Rediseño y manufactura del portapines y del activador de distracción.

Se llegó a la conclusión que la distracción osteogénica mandibular es una excelente alternativa para la formación de hueso y tejidos blandos en zonas de hipoplasia mandibular.

El empleo de distractores específicamente extraorales, brinda un método previsible y con bajas tasas de complicaciones, en comparación con otras técnicas de aumento óseo.

Tiene su principal indicación al proveer longitud y altura mandibular. Se debe individualizar cada caso y usar este método según el defecto óseo que presente el paciente y sus características personales.

Así mismo la aplicación adecuada de las fases de distracción permitirá disminuir las complicaciones que se puedan generar de la técnica, que generalmente son sencillas y fáciles de solucionar.

El resultado obtenido en el caso tratado en conjunto con el Servicio de Cirugía Maxilofacial del Hospital del Niño DIF, Pachuca, Hidalgo, fue exitoso ya que se logró el alargamiento del cuerpo y rama mandibular utilizando nuestro distractor de tipo extraoral que fue diseñado y manufacturado especialmente para el paciente logrando una mejor

calidad de vida. El presente trabajo fue de gran utilidad ya que se aplicaron los diversos conocimientos adquiridos durante el transcurso del posgrado, obteniendo muchas experiencias significativas.

En un futuro no muy lejano se esperan grandes aplicaciones de la distracción osteogénica con el desarrollo de nuevos aparatos, más pequeños, más sofisticados capaces de provocar distracción para las distintas estructuras óseas que componen el complejo craneomaxilofacial.

## REFERENCIAS

- 1) Tosta E, Spina M. Distracción osteogénica mandibular para la colocación de implantes. Reporte de un caso. ODOUS CIENTIFICA V.2010; 11(2).
- 2) Leiva N, Vergara C, Corsini R. Distracción Osteogénica Craneofacial (D.O.C): Antecedentes. Revista Dental de Chile 2010; 101 (3) 10-16
- 3) Cademartiri F, Luccichenti G , Laganà F, Brevi B, Sesenna E, Pavone P. : Effective clinical outcome of a mandibular distraction device using three-dimensional CT with volume rendering in Pierre-Robin sequence. ACTA BIO MEDICA ATENEO PARMENSE. 2004; 75; 122-125
- 4) Alcaide, J, Diego, J. A. & Artacho M. A. (2004) Diseño de Productos “Métodos y Técnicas” (3ra ed.): Alfaomega-Universidad Politecnica de Valencia.
- 5) Ulrich, K. T. & Eppinger S. D. (2004) Diseño y desarrollo de productos “Enfoque multidisciplinario” (3ra ed.): Mac Graw Hill pag 173.
- 6) Kazanas, H.C., Baker G.E., Gregor, T.G. (1988). Procesos Básicos de Manufactura.: Mc Graw Hill
- 7) McCarthy, J. G.; Stelnicki, E. J.; Mehrara, B. J. & Longaker, M. T. Distraction osteogenesis of the craniofacial skeleton. Plast. Reconstr. Surg., 7:1812-27, 2001
- 8) Forero Ramírez F.M, Quiñonez Poveda A.M, Buitrago Villamizar M.I, Acortamiento y osteogénesis por distracción para el tratamiento de pseudoartrosis infectada en fracturas de fémur y tibia. Rev Col Or Tra. 2011; 25(2): 223-31
- 9) Codivilla A. On the means of lengthening the lower limbs, the muscles and tissues that are shortened through deformity. Am J Orthop Surg 1905; 2:353–369.
- 10) Ilizarov GA. The principles of the Ilizarov method. Bull Hosp Dis Orthop Inst 1988; 48: 1-11.
- 11) Snyder CC, Levine GA, Swanson HM, Browne EZ Jr. Mandibular lengthening by gradual distraction. Preliminary report. Plast Reconstr Surg 1973; 51: 506-508.
- 12) McCarthy JG, Schreiber JS, Karp: Lengthening the human mandible by gradual distraction; Reconstr Surg 1992;89:1-10

- 13) Molina F. Ortiz Monasterio F. Mandibular Elongation and Remodeling by Distraction: A farewell to Major Osteotomies. *Plast Reconst Surg* 1995;96:825-840
- 14) Takigawa Y, Uematsu S, Takada K.: Maxillary advancement using distraction osteogenesis with intraoral device. *Angle Orthod.*2010; 80:1165–1175
- 15) Kalpakjian, S. & Schmid S. R. (2004) *Manufactura, Ingeniería y Tecnología* (4ta ed.): Pearson Education
- 16) Brown, J. (1991), *Modern Manufacturing Processes*. (1era ed.): Industrias Press Inc.
- 17) Sesenna E, Magri A.S, Magnani C, Brevi B.C and Anghinoni M.L.: Mandibular distraction in neonates: indications, technique, results. *Sesenna et al. Italian Journal of Pediatrics* 2012, 38:7
- 18) Zenha H, Azevedo L, Rios L, Pereira A, Pinto A, Barroso M.L, Costa H.: Bilateral Mandibular Distraction Osteogenesis in the Neonate with Pierre Robin Sequence and Airway Obstruction: A Primary Option. *Craniofac Trauma Reconstr.* 2012; 5(1): 25–30.
- 19) Caycedo D.J, ¿Por qué distracción mandibular en neonatos con apnea de sueño? Informe de 47 casos. *Colomb Med.* 2011; 42: 362-8
- 20) Caycedo García, D.J. Beneficios de la distracción mandibular en neonatos con apnea del sueño. *Cir.plást. iberolatinoam.*2013; 39 (4).
- 21) Vila Morales D, Garmendía Hernández G, Felipe Garmendía A.M, Suárez Bosch F, Sánchez Cabrales E, Álvarez Arredondo B. Aplicación de distracción osteogénica mandibular en niños con el síndrome de apnea obstructiva del sueño. *Rev Cubana Estomatol.* 2010;47(1)
- 22) Martínez Ojeda P.A, Miranda Villasana J.E. Distracción mandibular bilateral: Reporte de un caso clínico y revisión de la literatura. 2008; 34:39
- 23) Espinosa Fernández MG.: Distracción osteogénica mandibular neonatal en un paciente con diagnóstico de síndrome de Treacher Collins. *An pediatr(Barc).* 2013
- 24) Sorollap J.P: Anomalías craneofaciales. *Rev. Med. Clin. Condes.* 2010;21(1)5-15
- 25) Shinghal T, Tewfik T. PierreRobin Sequence: A Common Presentation. *The Canadian Journal of CME.*2008
- 26) Pérez González J.A, García Cartaya Z. 2 Síndrome de Pierre Robin. Presentación de un caso clínico, *Panorama Cuba y Salud* 2011;6(1):44-46

- 27) BUCHENAU W, URSCHITZ M.S, SAUTERMEISTER J, BACHER M, HERBERTS T, ARAND J, POETS C.F. A Randomized Clinical Trial of a New Orthodontic Appliance to Improve Upper Airway Obstruction in Infants with Pierre Robin Sequence. J Pediatr 2007;151:145-9
- 28) Meyer A.C, Lidsky M.E, Sampson D.E, Lander T.A, Liu M, Sidman J.D Otolaryngology–Head and Neck Surgery,2008; 138, 782-787
- 29) Denny A.D, Amm C.A, Schaefer R.B. Outcomes of Tongue-Lip Adhesion for Neonatal Respiratory Distress Caused by Pierre Robin Sequence. THE JOURNAL OF CRANIOFACIAL SURGERY. 2004;15(5)
- 30) Arancibia J.C, Secuencia de Pierre Robin. J. Carlos Arancibia. Neumol Pediatr 2006; 1(1): 34-36
- 31) Morovic C.G. Manejo actual en síndrome de Pierre Robin. Rev Chil Pediatr 2004. 75 (1); 36-42
- 32) López Salgado M.L, Reyes Castañeda E.G. Distracción mandibular como tratamiento en secuencia de Robin. Caso clínico.2012 ;8(3)84-91
- 33) Ortiz Monasterio F, Molina Montalva F, Berlanga F. Distracción Mandibular Temprana en el Síndrome de Pierre Robin Cir. Plást. Iberlatinamer. 2002;(28)4
- 34) Rawashdeh M.A, Surgical Strategies: Transmandibular K-Wire in the Management of Airway Obstruction in Pierre Robin Sequence, THE JOURNAL OF CRANIOFACIAL SURGERY. 2004;15(4)
- 35) Leiva N, Vergara C, Corsini R. Distracción Osteogénica Craneofacial (D.O.C): Antecedentes. Revista Dental de Chile 2010; 101 (3) 10-16
- 36) Abbott L. The operative lengthening of the tibia an fibula. J Bone Joint Surg 1927; 9: 128-152.
- 37) Liaqat S, Mushtaq Baig A, Ali Bukhari S.G, Ahmed W. CASE REPORT: DISTRACTION OSTEOGENESIS OF A UNILATERAL HYPOPLASTIC MANDIBLE. J Ayub Med Coll Abbottabad 2011;23(2)
- 38) Gálvez y Gálvez E. Aumento de reborde alveolar por medio distracción osteogénica para la colocación de implantes. Rev Estomatol Herediana. 2008; 18(1):44-49.
- 39) Margaride L.A, Breuer J, Traine E.: Microsomia Hemifacial. Tratamiento con Distracción Osteogénica Mandibular. Cir. Plást. Iberlatinamer.2002; 28(3)

- 40) Fernandes, F. H. C. N.; Orsi, I. A. & Bezzon, O. L. Distraction osteogenesis in dentistry. Int. J. Morphol. 2010; 28(3):743-748.
- 41) Ortakoglu K, Karacay S, Sencimen M, Akin E, Ozyigit A, Bengi O. Distraction osteogenesis in a severe mandibular deficiency. Head & Face Medicine 2007, 3:7 doi:10.1186/1746-160X-3-7
- 42) McCarthy, J.G. The role of distraction osteogenesis in the reconstruction of the mandible in the unilateral craniofacial microsomia. Clin Plast Surg 1994; 21: 625-31
- 43) López A, Martín-Granizo R.(2012) *"Cirugía Oral y Maxilofacial"* (3ra ed.) España: Editorial Medica Panamericana.
- 44) Gómez, S. (2008), *El Gran Libro de SolidWorks. España: Marcombo*
- 45) González-García R, Naval-Gías L, Rodríguez-Campo FJ. Distraction osteogenesis in the irradiated mandible for segmental mandibular reconstruction. J Oral Maxillofac Surg. Jul 2009;67(7):1573-4
- 46) Muđlalý M, Ýnal S, Bař B, Bekçiođlu B, Çelebi N. Fixation of vertically distracted segment with dental implants after breakage of distraction device: case report. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology. 2008;105(5):25-7.
- 47) Uckan S, Veziroglu F, Dayangac E. Alveolar distraction osteogenesis versus autogenous onlay bone grafting for alveolar ridge augmentation: Technique, complications, and implant survival rates. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2008;106:511-5.
- 48) Gosain, A.K., Santoro T.D. & Havlik R.J. et al., (2002) Midface distraction following Le Fort III and monobloc osteotomies: problems and solutions. Plast Reconstr Surg, Vol.109, No. 6, pp: 1797-1808.
- 49) McCarthy J.G. Craniofacial microsomia. En clinics in Plastic Surg. 24(3):459-474,1997.
- 50) Jackson I.T., Howard R.W. Craniofacial microsomia. En Bentz M.L. (Ed.) Pediatric Plastic Surgery (1st. Ed.). Págs.: 313-317. Stamford, Connecticut: Appleton & Lange, 1998.
- 51) Converse JM. The corrective Treatment of the skeletal asymmetry in hemifacial microsomia. J Plas Reconst Surg 1973; 52:21-229.
- 52) Leiva N., Castellón L., Morovic C., Microsomía Hemifacial. Treatment of a Growing Patient. Revista Dental de Chile (2010); 101(3) 31-37

53) Prado Bernal N.Y., Villanueva N., Rincón H “Distracción osteogénica mandibular en síndrome de Nager” Revistas mexicana de odontología 2013