

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PERFORACIÓN NEUMÁTICO PARA  
INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS ORTOPÉDICAS EN HUESOS LARGOS.**

**NATALIA PRADA ARIZA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2012**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PERFORACIÓN NEUMÁTICO PARA  
INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS ORTOPÉDICAS EN HUESOS LARGOS.**

**NATALIA PRADA**

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de  
Diseñadora Industrial**

**DIRECTOR**

**CLARA ISABEL LOPEZ**

**Diseñadora Industrial**

**TUTOR**

**D.I. PABLO AVILA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2012**

*A la Memoria de Mi Madre...*

## CONTENIDO

	<b>PÁG.</b>
INTRODUCCIÓN	15
1. JUSTIFICACIÓN	18
2. OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GENERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	20
3. ALCANCES DEL PROYECTO	21
3.1. RECURSOS	21
4. DEFINICIÓN DE LOS USUARIOS	22
5. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA QUIRURGICOS ESPECIALIZADOS	23
5.1. RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA	23
5.2. CLIENTES	24
5.3. PRODUCTOS	25
5.4. PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA	26
5.5. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	28
5.6. INFRAESTRUCTURA	29
5.7. MISIÓN	30
5.8. VISIÓN	30
5.9. POLÍTICA DE CALIDAD	30
6. REVISION DE LA LITERATURA	32

6.1 MARCO TEÓRICO	32
6.1.1 Fisiología de las extremidades superiores e inferiores	32
6.1.2 Fractura ósea	33
6.1.3 Estudio sobre el tratamiento de las fracturas	35
6.1.4 Ergonomía en herramientas	38
6.1.5 Generalidades y funcionamiento de los motores neumáticos	40
6.1.5.1 Motores neumáticos de paletas.	41
6.2 ETAPA DE REQUERIMIENTOS	46
6.3 ANÁLISIS Y SÍNTESIS DE LA MATRIZ QFD.	47
7. ETAPA DE DISEÑO	50
7.1 ALTERNATIVAS DE DISEÑO	51
7.2 PROPUESTAS DE DISTRIBUCIÓN DE MECANISMOS	51
7.3 PROPUESTA FORMAL DE LA PIEZA DE MANO	52
7.4 SELECCIÓN DE LA PROPUESTA	55
7.5 EVOLUCIÓN Y DISEÑO EN DETALLE DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.	55
7.5.1 Planos de vistas explosionadas	59
8. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO FUNCIONAL	67
8.1 SELECCIÓN DE MATERIALES	67
8.2 PROCESOS DE FABRICACIÓN	70
8.3 EVALUACIÓN	72
8.3.1 Comprobación ergonómica	72
8.3.2 Comprobación técnica	77
8.3.3 Comprobación de uso	78
9. PRESUPUESTO	81
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84

BIBLIOGRAFÍA	87
ANEXOS	91

## LISTA DE FIGURAS

	<b>PÁG.</b>
Figura 1. Logo Quirúrgicos Especializados S.A. y Quirutek	23
Figura 2. Mapa de procesos	26
Figura 3. Organigrama	29
Figura 4. Partes principales de un hueso largo	32
Figura 5. Huesos largos	33
Figura 6. Agarre para transmisión de la fuerza	39
Figura 7. La mano humana cerrada forma un ángulo de 70° entre la horizontal y el eje normal.	40
Figura 8. Principios de funcionamiento de motor neumático de paletas	42
Figura 9. QFD	46
Figura 10. Sistema de perforación	50
Figura 11. Distribución de los componentes en sistemas de perforación.	51
Figura 12. Modelado 1	53
Figura 13. Modelado 2	53
Figura 14. Modelado 3	54
Figura 15. Modelado 4	54
Figura 16. Distribución de los componentes en la propuesta final	55
Figura 17. Vista de corte del sistema de perforación	56
Figura 18. Vista de corte de los módulos	57
Figura 19. Render final de la propuesta	58
Figura 20. Detalle para uso del gatillo	59
Figura 21. Vista explosionada del ensamble general	60
Figura 22. Vista explosionada del subensamble de la pieza de mano	60
Figura 23. Vista explosionada del subensamble del motor	61
Figura 24. Vista explosionada del subensamble del gatillo	62

Figura 25. Vista explosionada del subensamble de la reducción trasera	63
Figura 26. Vista explosionada del subensamble del acople módulo	64
Figura 27. Vista explosionada del subensamble del acople de la manguera	64
Figura 28. Vista explosionada del ensamble del modulo de taladro	65
Figura 29. Vista explosionada del ensamble del modulo de escariado	66
Figura 30. Resultado de análisis en software	69
Figura 31. Ángulos de posición de agarre del sistema de perforación	72
Figura 32. Prueba de Posiciones	73
Figura 33. Distribución de componentes	74
Figura 34. La forma y dimensiones del asa	75
Figura 35. Cortes de la sección transversal del mango	76
Figura 36. Medición de revoluciones del equipo	77
Figura 37. Preparación del hueso de porcino	78
Figura 38. Tomas de videos de comprobación de uso	79
Figura 39. Detalle de perforación	80

## LISTA DE TABLAS

	<b>PÁG.</b>
Tabla 1. Definición de los usuarios y sus características....	22
Tabla 2. Equipos y operaciones mecánicas	27
Tabla 3. Equipo y operaciones manuales	27
Tabla 4. Operaciones del CNC	28
Tabla 5. Clasificación de las fracturas	34
Tabla 6. Implantes de osteosíntesis	36
Tabla 7. Uso de implantes en diferentes huesos....	37
Tabla 8. Operaciones realizadas con el sistema de perforación	38
Tabla 9. Perforadores comerciales.	44
Tabla 10. Requerimientos de velocidad y torque	57
Tabla 11. Evaluación de los requerimientos para selección de material de la carcasa	68
Tabla 12. Propiedades de los materiales	70
Tabla 13. Maquinaria empleada en la fabricación	71
Tabla 14. Comparativo de pesos	77
Tabla 15. Diseño y construcción perforador neumático	81
Tabla 16. Costo materiales	81
Tabla 17. Accesorios	82
Tabla 18. Costo maquina	82
Tabla 19. Costo de mano de obra	82
Tabla 20 Costos Servicios externos	83
Tabla 21. Gastos administrativos	83

## LISTA DE ANEXOS

	<b>PÁG.</b>
Anexo A. Técnica quirúrgica	92
Anexo B. Fichas técnicas de materiales	96
Anexo C. Listado de piezas comerciales	112
Anexo D. QFD	113
Anexo E. Catalogo Motores IR	114
Anexo F. Mecanismos	118
Figura 1. Distribución de los componentes en la propuesta final	118
Anexo G. Manual de uso	124

## RESUMEN

**TITULO:** DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PERFORACIÓN NEUMÁTICO PARA INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS ORTOPÉDICAS EN HUESOS LARGOS.

**AUTOR:** NATALIA PRADA ARIZA\*\*

Palabras claves: Cirugía ortopédica, ergonomía, usabilidad, dispositivo de perforación, Neumática, Práctica empresarial.

El presente proyecto fue desarrollado a través de la modalidad de práctica empresarial en la empresa Quirúrgicos Especializados S.A. Los resultados del trabajo de grado correspondieron a un primer esfuerzo por desarrollar una solución de diseño en sistemas de perforación para cirugías ortopédicas, aplicando los conocimientos y competencias profesionales adquiridas, combinado con la experiencia en fabricación de dispositivos biomédicos e implantes ortopédicos, el equipo humano y la capacidad tecnológica instalada de la empresa.

El objetivo de la práctica empresarial consistió en desarrollar un sistema de perforación neumático para intervenciones quirúrgicas ortopédicas en huesos largos. El equipo de perforación hace parte del instrumental usado en el montaje de dispositivos de osteosíntesis, usado en cirugías del sector biomédico ortopédico con casos asociados a traumatología y patología ósea, específicamente en tratamientos orientados a la restauración de fracturas óseas. El proceso se llevó a cabo mediante la implementación y desarrollo de una metodología de diseño e ingeniería inversa, iniciando con el análisis y estudio técnico, funcional y ergonómico de productos existentes en el mercado. Los requerimientos del usuario fueron organizados a través del QFD. Posteriormente el diseño fue modelado mediante herramientas software asistido por computador CAD y se llevó a cabo la construcción de un modelo funcional de un sistema de perforación alimentado por una fuente neumática, con base en los recursos tecnológicos suministrados por la empresa y posteriormente fue sometido a comprobaciones técnicas y de uso.

El modelo funcional del sistema de perforación cumplió con los alcances planteados en el proyecto realizando las tareas de taladrado y escariado de hueso para las que fue concebido, y queda sujeto a pruebas técnicas especializadas y futuras mejoras para su uso y comprobación en el campo de acción final.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* facultad de Ingenierías fisicomecánicas, escuela de diseño Industrial, Director Clara Isabel López Tutor D.I. PABLO AVILA

## ABSTRACT

**TITLE:** PNEUMATIC PERFORATION SYSTEM DEVELOPMENT FOR SURGICAL OTHOPEDIC INTERVENTIONS IN LARGE BONES\*

**AUTHOR:** NATALIA PRADA ARIZA\*\*

**KEY WORDS:** orthopedic surgery, ergonomics, useful, perforation device, pneumatic, business practice.

This project was developed by professional practice in Quirúrgicos Especializados S.A. The results from the degree project belong to a first effort to develop a desing solution in perforation systems for orthopedic surgeries, applying professional knowledge and skills already acquired, combining with the experience making biomedical devices and orthopedic implants, the human team and the company technological capacity.

The professional practice objective was to develop a pneumatic perforation system for surgical orthopedic interventions in large bones. The perforation equipment belongs to the instrumental used in osteosynthesis, for orthopedic surgeries in traumatology and osseous pathology, especially focused treatments to osseous fracture restoration. The process is realized by means of implementation and development of a design and inverse engineering methodology, initiated with the technique, functional and ergonomic study and analyses of the already existing products in this market. The user requests were organize by QFD. Subsequently, the design was model by tools from computer software assisted CAD and was make a functional model of a perforation system with a pneumatic source entry, according with the company technological resources; finally it was submit to technique and use tests.

In this way, trough the designed product for the company, answered to the internal marketing needs and requirements. The functional model achieved the goals proposed at the beginning of the project, executing assignments as drilling and reaming, actions for which it made for; additionally the model should be submit to special treatments and future modifications, checking its assignments in the final action field.

---

\* Project of Grade

\*\* Faculty Engineering physicomechanical, School of Industrial Design, Director Clara Isabel López Tutor D.I. PABLO AVILA

## INTRODUCCIÓN

Dentro del campo de la medicina, las especialidades médico-quirúrgicas han usado la cirugía como solución para tratar, modificar o extirpar físicamente una lesión presente en una estructura del cuerpo, basados en un conjunto de conocimientos aplicados sobre áreas específicas del cuerpo humano,. Dentro de las especialidades médico-quirúrgicas se incluyen dos especialidades que actúan de forma complementaria, estas son la Traumatología y la Cirugía Ortopédica.

La especialidad en traumatología se ocupa de las malformaciones congénitas, trastornos del crecimiento y fracturas o lesiones del aparato locomotor, mientras que la cirugía ortopédica se ocupa del estudio, desarrollo, conservación y restablecimiento de la forma y función de las extremidades, la columna vertebral y sus estructuras asociadas, por medios médicos, quirúrgicos y físicos, estas dos especialidades se combinan para buscar del perfeccionamiento de las técnicas de restauración de las funciones estructurales de pacientes con lesiones de este tipo[1].

En casos que se requiere el tratamiento de fracturas producidas ya sea por una causa habitual, por insuficiencia en su resistencia mecánica o por fatiga, son utilizados los implantes osteosíntesis dentro del tratamiento quirúrgico, para reducir y estabilizar la lesión, cumpliendo una función determinada según sea el tipo de fractura. Dispositivos tales como placas de bloqueo, reemplazos articulares, placas HDS, clavos de bloqueo, entre otros, son usados para fines de implantación. El tratamiento de fracturas con implantes, requiere del seguimiento de una serie de procedimientos que incluye el montaje de los dispositivos para osteosíntesis, el cual se hace mediante diferentes técnicas quirúrgicas de acuerdo a la necesidad que presente el paciente. De modo que la aplicación de la técnica

requiere de un equipo instrumental desarrollado para cumplir secuencialmente los procedimientos establecidos según sea el requerimiento definido por la solución quirúrgica planteada [2].

El equipo instrumental consta de diferentes dispositivos como el taladro, reamer usados según sea el procedimiento. La primera etapa consiste en la inserción de implantes, para el cual se requiere de la perforación de hueso. A continuación se procede a realizar el pulido de la perforación a través de una herramienta para realizar el escariado.

Durante este procedimiento el TALADRO es la herramienta utilizada para abrir agujeros en los huesos, mientras que el *REAMER* es usado para rectificar cavidades donde reposará el implante. A través del uso de herramientas acoplables como brocas y fresas [3]. Estas dos operaciones que se realizan con una pieza de mano de motor rotativo, alimentado bien sea por una fuente eléctrica o neumática, Por lo anterior se puede afirmar que el uso de un sistema de perforación es indispensable para la intervención quirúrgica de fracturas

Sin embargo, en el mercado existen soluciones de diseño de sistemas de perforación que inducen en algunos casos a cambiar o modificar desarrollo del procedimiento quirúrgico, lo cual induce a hacer la cirugía menos eficiente debido a problemas relacionados con ergonomía, peso, y manipulación e interfase errática con estos equipos, e incluso la latente dificultad en el mantenimiento de este tipos de dispositivos.

De otro lado, dado el carácter indispensable del uso de los equipos de perforación, es conocido que existe una constante demanda del sector de la ortopedia por este tipo de equipos. No obstante en Colombia existe una producción limitada de instrumentos y equipos médicos por lo que se trata de un segmento de mercado con una fuerte dependencia tecnológica limitada a la adquisición de equipos

provenientes de casas comercializadoras extranjeras. De manera que la demanda de equipos médicos tecnológicamente más complejos es satisfecha principalmente por las importaciones a altos costos.

Al hacer un análisis, sobre las capacidades tecnológicas de la empresa Quirúrgicos Especializados, relacionadas con su posición frente a la dependencia en la importación, se ha encontrado factible la realización de un primer esfuerzo por desarrollar una solución propia de este tipo de sistemas de perforación, con el fin de suplir las necesidades internas de la empresa. Por ello, en una primera fase, donde se involucra la identificación y el análisis de factores determinantes para el diseño del equipo de perforación se pretende con este proyecto la construcción de un modelo de prueba de un sistema de perforación, con base en los recursos tecnológicos suministrados por la empresa local QUIRÚRGICOS ESPECIALIZADOS, quien a través de los años ha desarrollado la fabricación y comercialización de dispositivos, equipos médicos y sistemas de implantes quirúrgicos de alta calidad.

## 1. JUSTIFICACIÓN

Los sistemas de perforación son dispositivos fundamentales para llevar a cabo los procedimientos relacionados con la técnica quirúrgica usada en la inserción de implantes como los implantes intramedulares. Este tipo de técnica exige instrumentales de alta precisión dada su intervención en regiones cercanas a órganos vitales; además por ser manipulada por los mismos cirujanos, estos equipos deben proporcionar confiabilidad y seguridad en su uso.

Del mismo modo en la cirugía ortopédica asistida, el taladrado es usado para estabilizar placas, clavos o tornillos y el escariado en hueso para rectificar y preparar el lecho del implante, en la reparación de fracturas de huesos largos son tareas complejas que el cirujano debe realizar con gran precisión, evitando el calentamiento excesivo del tejido óseo y perforaciones inadecuadas, teniendo en cuenta las velocidades de giro y avance de la herramienta y las fuerzas y momentos que actúan sobre el hueso [4].

Actualmente estos equipos de perforación son importados a través de empresas como Stryker, De Soutter Medical o Synthes, entre otras. Sin embargo existen diferentes aspectos, como usabilidad, el alto valor adquisitivo de un sistema de perforación importado, y dado que este equipo al tener contacto con fluidos y tejido óseo que ha sido removido, este material biológico termina filtrándose al interior del equipo, por lo cual es importante realizar un mantenimiento periódico para limpieza y reparación no obstante los diseños no contemplan un mecanismo que permita facilitar este tipo de procedimientos, a esta situación se suma la falta de soporte técnico. Por tal razón QUIRÚRGICOS ESPECIALIZADOS S.A., industria nacional, que ofrece una amplia gama de implantes e instrumentales médicos, se propone el diseño de un sistema de perforación para brindar sus clientes un

instrumental completo, de fabricación nacional, mantenimiento y soporte técnico asequible y con la oportunidad de ser competitivo en este mercado, cada día más exigente en pro de la mejora en la calidad de vida de los pacientes intervenidos.

Teniendo en cuenta que el sistema de alimentación de energía de los sistemas de perforación pueden ser neumáticos o eléctricos, de acuerdo a su fuente de energía, cada sistema presenta variantes en la constitución del mecanismo distribución y mantenimiento. El sistema que acá se propone es neumático debido a que este tipo de equipos facilita la esterilización de los mismos a través de las técnicas convencionales, a diferencia de los eléctricos que requieren una esterilización más tecnificada que, a pesar de significar excelentes resultados, no son de fácil acceso.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Rediseñar un modelo de prueba para un sistema de perforación neumático usado en intervenciones quirúrgicas ortopédicas de huesos largos, basado en la comprobación de uso sobre un modelo funcional.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Proponer la configuración formal del sistema de perforación modificando sus componentes basados en la aplicación de criterios de usabilidad y ergonomía.
- Rediseñar los mecanismos de transmisión y potencia usados en sistemas de perforación neumáticos en función de la configuración formal propuesta para el equipo.
- Construir el modelo funcional del sistema de perforación utilizando tecnologías apropiadas, asequibles para la empresa Quirúrgicos Especializados.

### **3. ALCANCES DEL PROYECTO**

El proyecto está encaminado al rediseño comprobación de uso y construcción de un modelo de prueba funcional de perforación para intervenciones quirúrgicas ortopédicas de huesos largos, basado en la apropiación de la tecnología para la fabricación del equipo con los recursos tecnológicos suministrados por QUIRÚRGICOS ESPECIALIZADOS.

De acuerdo a la modalidad de práctica empresarial se socializaran los resultados a través de un informe escrito, el modelado de la propuesta y sus respectivos planos técnicos. Duración de la práctica

El término y duración de la práctica será de seis (6) meses, de acuerdo al cronograma de actividades anexo en el presente documento.

#### **3.1. RECURSOS**

Recursos empresariales:

- Equipos de producción y asesoría en procesos de producción
- Materia prima
- Asesoría en diseño
- Asesoría médica

Recursos universitarios:

- Dirección de proyecto
- Talleres de diseño
- Biblioteca UIS

#### 4. DEFINICIÓN DE LOS USUARIOS

Son las personas que pueden contribuir en la definición de los requerimientos del producto, dando enunciados que precisan características cualitativas y cuantitativas que debe tener el mismo.

**Tabla 1. Definición de los usuarios y sus características....**

USUARIO	CARACTERÍSTICAS
<b>Primario:</b> Usuarios de operación, son aquellos que tienen contacto directo con el producto, quienes controlan las funciones del sistema	Médico cirujano con especialidad en Ortopedia e instrumentadores quirúrgicos.
<b>Secundario:</b> Pacientes, son aquellos a quienes está dirigido el servicio, comprende pacientes de los 2 años de edad en adelante.	Pacientes con traumas en huesos largos que requieren de una intervención quirúrgica con implantes intramedulares.
<b>Terciario:</b> Usuarios de mantenimiento y reparación, son aquellos que interactúan con el equipo fuera del contexto de uso.	Personal de soporte técnico y producción

Fuente: Autor

## 5. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA QUIRURGICOS ESPECIALIZADOS

El proyecto se desarrolla en modalidad de Practica Empresarial en **QUIRÚRGICOS ESPECIALIZADOS.A.**

El contenido del presente numeral ha sido tomado de documentos oficiales de la empresa

**Figura 1. Logo Quirúrgicos Especializados S.A. y Quirutek**



Fuente: Archivo exclusivo de Quirúrgicos Especializados S.A.

### 5.1. RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA

**QUIRÚRGICOS ESPECIALIZADOS S.A.**, fue concebida en Septiembre de 1995, por siete empresarios jóvenes relacionados con el área de la salud. Surgió como respuesta a la necesidad que existía en el mercado de suministrar **IMPLANTES DE OSTEOSÍNTESIS**. Fue constituida legalmente como sociedad limitada, el 19 febrero de 1996 con un aporte de capital de diez millones de pesos, iniciando como **SUBDISTRIBUIDORA** de la firma “Distribuciones Múltiple” de Medellín. En el año 2000 pensando en abrirse al mercado de capitales y conseguir fuentes de financiación de largo plazo, fue transformada en **SOCIEDAD ANÓNIMA**. Hasta 2001 operó como subdistribuidor de reconocidas marcas a nivel mundial.

En 2004 se crea la planta de fabricación para lo cual se realizó el desarrollo de ingeniería y el proceso de producción de algunos de los implantes que se comercializaban. Fue así como se dio inicio a un largo camino en el conocimiento de materiales, procesos, diseños, puesta a punto de maquinaria, procesos de manufactura y, lo más importante, el adiestramiento y la enseñanza de los proveedores nacionales en la incursión en un nuevo campo del conocimiento y un renglón de la economía dominado por multinacionales como son la fabricación de instrumental e implantes quirúrgicos.

En 2005 nace nuestro departamento de investigación y desarrollo y en asocio con diferentes grupos de investigación de la Universidad Industrial de Santander y el apoyo de Colciencias viene realizando diferentes proyectos orientados al desarrollo de nuevos productos y procesos bajo un esquema de mejoramiento continuo y generación de valor agregado para cumplir con los requisitos de la normatividad Colombiana y el mercado nacional e internacional.

Actualmente la empresa comercializa su propia línea de productos bajo la marca QUIRUTEK, tiene una sede administrativa propia en la ciudad de Bucaramanga con aproximadamente 450 metros cuadrados, una planta de producción de casi 300 metros cuadrados y una planta de personal de diez y nueve personas y atiende Clientes en los departamento de Santander, Atlántico, Magdalena y Cesar.[5]

## **5.2. CLIENTES**

El mercado principal de la organización son las empresas que fomentan la salud y las que prestan servicios médico quirúrgicos (EPS, ARS, ARP, IPS), forman parte también del mercado potencial las aseguradoras del Seguro Obligatorio de

Accidentes de Tránsito y toda entidad o particular que requiera del suministro de implantes e instrumentales quirúrgicos.

### **5.3. PRODUCTOS**

#### ***IMPLANTES E INSTRUMENTALES:***

- a. Reemplazos Articulares: Totales y parciales de Cadera, Rodilla, Hombro, Codo.
- b. Implantes de trauma:
  - Tornillos (corticales, esponjosos, maleolares, canulados).
  - Placas (DCP, de elongación, de bajo contacto, de formas especiales).
  - Accesorios como: Arandelas, Pines, clavos, alambres.
  - Clavos Intra medulares Bloqueados rimados y no rimados.
- c. Fijación externa: Fijadores externos, transportadores, alargadores óseos.
- d. Sistemas de placas D.H.S y D.C.S.
- e. Sistemas de fijación ósea Maxilo Facial.
- f. Sistemas mini fragmentos (Mano, Pie).
- g. Sistemas de fijación de Columna: Fijaciones transpediculares, Fijaciones Toracolumbares por vía anterior.
- h. Sistemas de reconstrucción de tejidos blandos articulares: Tornillos de interferencia, anclajes y suturas de Hombro.
- i. Cemento ósea y sus accesorios.

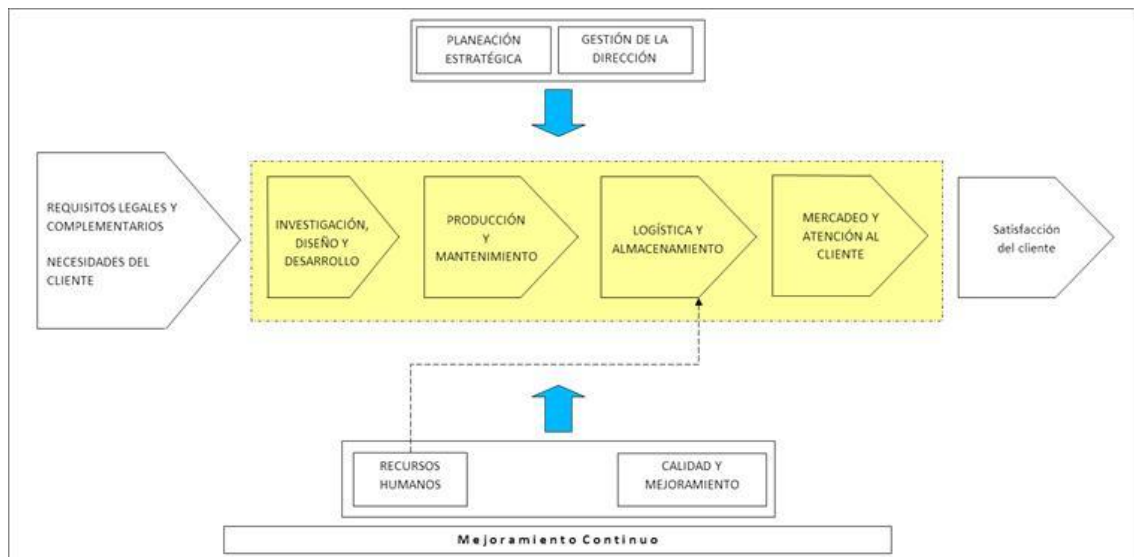
Cada uno de los anteriores implantes tiene sus respectivos instrumentales específicos para la cirugía.

### **EQUIPOS ASOCIADOS:**

- a. Equipos de poder para Corte: Micro y macro Taladros y sierras oscilantes.
- b. Accesorios: cuchillas, brocas, rimas, buriles, machos, mandriles.
- c. Instrumentos específicos diseñados para cada sistema de implantes, como: guías de corte, mangos, dispositivos de sujeción del implantes, dispositivos de prueba y simuladores del implante definitivo, además de cajas contenedoras de implantes.
- d. Herramientas de uso médico usadas para manipular tejidos y hueso, como: Separadores, ganchos, cinceles, cizallas, alicates, pinzas.

### **5.4. PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA**

**Figura 2. Mapa de procesos**



Fuente: Anexo 1, Manual de calidad, Quirúrgicos Especializados S.A.

## Operaciones mecánicas

**Tabla 2. Equipos y operaciones mecánicas**

Torno convencional	Fresa	Afiladora	Rebabado - Pulido	Electropulido
Cilindrado externo	Desbaste caras planas	Caras planas	Desengrasado	Anodizados
Cilindrado interno	Taladrado	Hexágonos	Lijado	Anodizado potencioestático
Roscado interno	Taladrado en ángulo	Afilador broca		
Roscado externo	Abocardado	Afilador escariador		
Refrentado	Avellanado	Fabricar Brocha		
Ranurado interno-externo	Marcar	Afilador punzón		
Tronzado	Ranurar	Afilador Macho		
Taladrado	Alesado	Afilador barra Interiores		
Rectificado	Fresado	Afilador barra Exteriores		
Biselado		Afilador pastillas		

## Operaciones manuales:

**Tabla 3. Equipo y operaciones manuales**

Torno convencional	Fresa
Cambio de copa	Montaje prensa
Cambio de mordaza	Montaje divisor
Cambio de piñones	Cambio de pinzas
Cambio de punto	Cambio de cono
Cambio de mandril	Cambio herramienta
Afilado de herramientas	
Centrado	
Montaje luneta	
Roscado manual	

CNC:

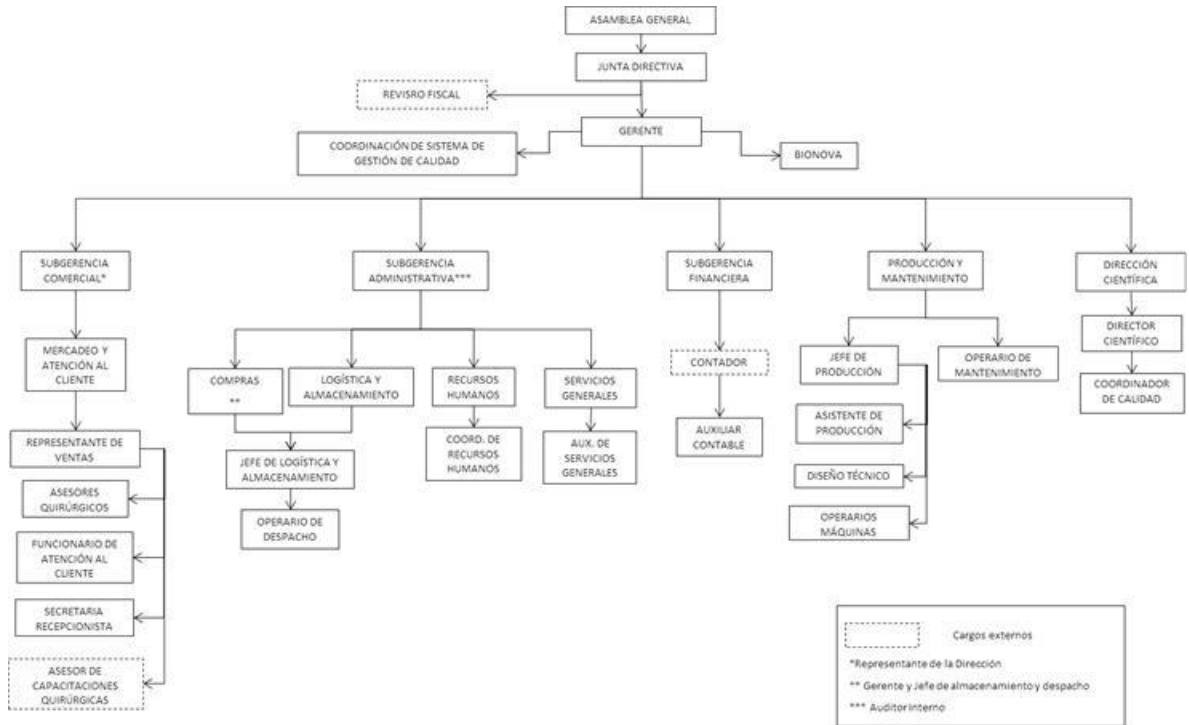
**Tabla 4. Operaciones del CNC**

CNC
Perforaciones frontales
Perforaciones laterales
Roscados internos y externos
Desbastes internos y externos
Brochados
Ranuras con fresas Wooldruff
Mecanizas recorridos en dos ejes
Mecanizar recorridos helicoidales en tres ejes

## **5.5. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL**

La organización está estructurada hacia una gestión por procesos, formando una cadena de valor orientada al Cliente interno y externo, con la participación de un equipo de trabajo comprometido.

**Figura 3. Organigrama**



Fuente: Anexo 1, Manual de calidad, Quirúgicos Especializados S.A.

## 5.6. INFRAESTRUCTURA

La empresa identificó y proporcionó los recursos necesarios para facilitar al personal realizar el trabajo, instalaciones y puestos de trabajo adecuados, herramientas, instrumentales y equipos asociados, sistemas informáticos convenientes, medios de comunicación interna / externa y medios de transporte.

Para la preservación de los implantes, Instrumentales y equipos asociados se cuenta con tres bodegas debidamente marcadas, en condiciones que aseguran la protección del material, teniendo en cuenta lo establecido en el IT-AD-001 “Instructivo de Preservación del Producto que Recibe y/o Despacha el Almacén” [6].

## **5.7. MISIÓN**

QUIRÚRGICOS ESPECIALIZADOS S.A. tiene como misión la fabricación y comercialización de dispositivos, equipos médicos y sistemas de implantes quirúrgicos, además del suministro de los equipos asociados, apoyados con un grupo de personas y proveedores altamente calificados, con una infraestructura adecuada, los cuales brindan respuesta oportuna y acorde a las necesidades de bienestar de los usuarios, de las empresas que fomentan la salud y las que prestan servicios médicos quirúrgicos.

## **5.8. VISIÓN**

QUIRURGICOS ESPECIALIZADOS S.A. será, para el año 2014, la organización líder en la fabricación y comercialización de implantes quirúrgicos de alta calidad y en la prestación de los servicios asociados, además de ser reconocida por su calidad y servicio en los países a los cuales exporta.

## **5.9. POLÍTICA DE CALIDAD**

QUIRURGICOS ESPECIALIZADOS S.A., cuenta con la siguiente Política de Calidad:

“En la búsqueda de la fidelidad de los clientes, Quirúrgicos Especializados S.A. está comprometido con el desarrollo, fabricación y suministro de implantes de osteosíntesis de excelente calidad cumpliendo con los requerimientos pactados con el cliente y los exigidos por la ley. Para esto, la empresa cuenta con un riguroso proceso de diseño y validación de productos y procesos, además de un

equipo de trabajo comprometido y dispuesto para dar solución oportuna a las inquietudes, necesidades y expectativas de sus clientes”[7].

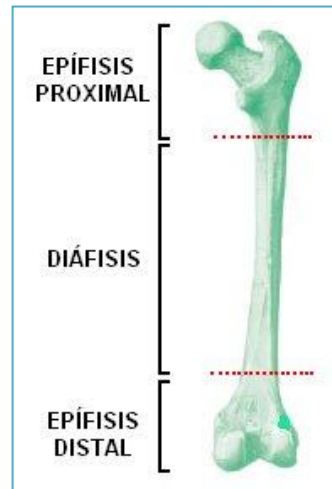
## 6. REVISION DE LA LITERATURA

### 6.1 MARCO TEÓRICO

#### 6.1.1 Fisiología de las extremidades superiores e inferiores

Los huesos largos son estructuras tubulares donde predominan la longitud sobre el espesor y el ancho. Morfológicamente consta de la diáfisis que es la parte cilíndrica, larga y principal del hueso. Las epífisis que son las terminales proximales y distales del hueso.

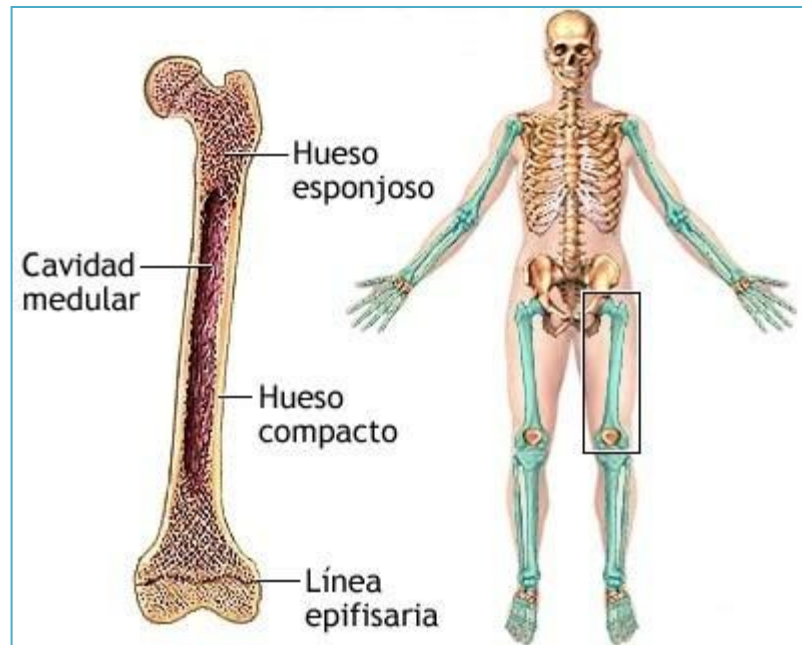
**Figura 4. Partes principales de un hueso largo**



Fuente: Anatomía General [18]

Los huesos largos tienen una capa exterior gruesa de hueso compacto y una cavidad medular interior que contiene la médula ósea. Los extremos de los huesos largos contienen hueso esponjoso y una línea epifisaria. Dicha línea epifisaria es un remanente de un área que contiene cartílago hialino que crece durante la infancia para alargar el hueso [8].

**Figura 5. Huesos largos**



Fuente: ADAM quality, MedlinePlus[9]

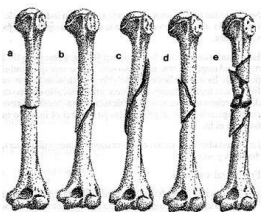
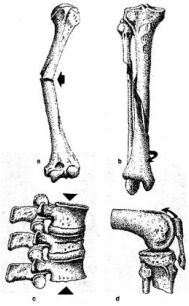
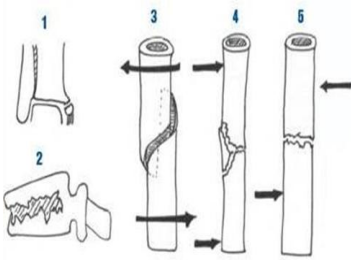
Dentro de los huesos largos del sistema locomotor, a tener en cuenta en el presente trabajo, se incluye huesos de las extremidades superiores como el humero, el cúbito, el radio y huesos de las extremidades inferiores como el fémur, la tibia y el peroné.

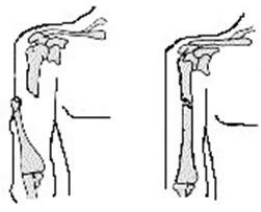
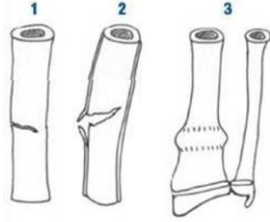
### **6.1.2 Fractura ósea**

Una fractura se define como la pérdida de continuidad normal de la sustancia ósea, es una discontinuidad en los huesos, a consecuencia de golpes, fuerzas o tracciones cuyas intensidades superen la elasticidad del hueso. El término es extensivo para todo tipo de roturas de los huesos, desde aquellas en que el hueso se destruye amplia y evidentemente, hasta aquellas lesiones muy pequeñas e incluso microscópicas.

Existen varios tipos de fractura, que se pueden clasificar atendiendo a los siguientes factores: las causas o mecanismos que la producen, la dirección del trazo de corte, las partes blandas que compromete, el patrón de interrupción de la continuidad ósea y la estabilidad de las fracturas. La clasificación de las fracturas mostrada en la tabla 5, es importante ya que determina el pronóstico y tratamiento de las mismas [10].

**Tabla 5. Clasificación de las fracturas**

Las fracturas se clasifican según:	La etiología, que se refiere al estudio de las causas	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Habituales</li> <li>b. Por insuficiencia o patológicas</li> <li>c. Por fatiga o por estrés</li> </ul>	
	La dirección del rasgo, se define de acuerdo con la dirección del trazo de corte	a. Transversal.	
		b. Oblicuo.	
		c. Espiroideo.	
		d. En ala de mariposa.	
e. Conminuta.			
El tipo de mecanismo que la produce	a. Por mecanismo directo: se producen en el lugar de impacto de la fuerza responsable.		
	b. Por mecanismo indirecto: se producen a cierta distancia del lugar del traumatismo, por concentración de fuerzas en dicho punto. Pueden actuar diversos tipos de fuerza, de forma aislada o en conjunto: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fracturas por tensión o tracción</li> <li>2. Fracturas por compresión</li> <li>3. Fracturas por torsión</li> <li>4. Fracturas por flexión</li> <li>5. Fracturas por cizallamiento</li> </ol>		

Las fracturas se clasifican según:	Las partes blandas comprometidas	a. Cerrada	
		b. Abierta	
	El patrón de interrupción de la continuidad ósea	a. Incompletas: donde la línea de fractura no afecta a todo el espesor del hueso. 1. Fisuras                      2. Fracturas de tallo verde o por inflexión. 3. Fracturas en caña de bambú, en rodete o en torus	
		b. Completa	
	La estabilidad de la fractura	a. Estables: no tienen tendencia a desplazarse después de conseguir una reducción adecuada. Por lo general, las fracturas cuyo trazo es transversal o tiene una oblicuidad menor de 45° se consideran estables.	
		b. Inestables: sí tienden a desplazarse después de la reducción. Por lo general, son inestables aquellas cuyo trazo de fractura presenta una oblicuidad mayor de 45° (excepto las espiroideas).	


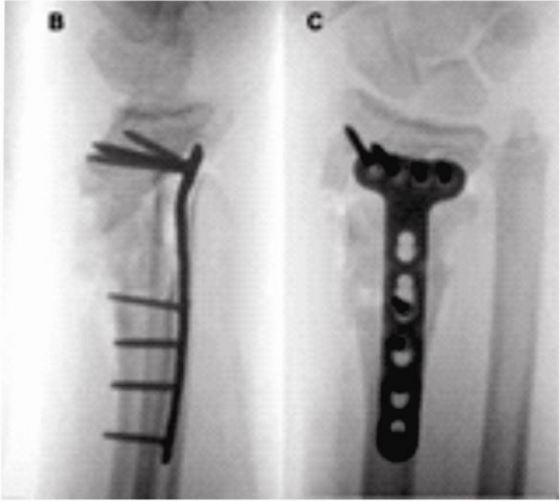


### 6.1.3 Estudio sobre el tratamiento de las fracturas

El diagnóstico para definir el tipo de fractura se determina por medio de datos clínicos y radiográficos a partir de ello, se establece el tratamiento a seguir, este puede ser conservador o quirúrgico.

El tratamiento conservador es un método de restauración del tejido óseo basado en soluciones no quirúrgicas que se basa en sistemas de inmovilización como yesos y férulas, sin embargo en fracturas complicadas que requieren la reparación ósea debe hacerse mediante tratamientos quirúrgicos como la inserción de implantes [11]. Las soluciones existentes en tratamientos quirúrgicos varían para cada tipo de

fractura, se citarán los casos en que se utiliza un implante como los que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 6. Implantes de osteosíntesis**

Clavos intramedulares	Placas de bloqueo
	
Reemplazo articular de cadera	Placas DHS
	

Fuente: Elementos de osteosíntesis de uso habitual en fracturas del esqueleto apendicular: evaluación radiológica [12]

Los anteriores implantes de osteosíntesis son dispositivos usados en el tratamiento quirúrgico de fracturas de huesos largos con el fin de reducirlos y fijarlos en forma estable, estos implantes están fabricados con materiales biocompatibles como aceros quirúrgicos y aleaciones de titanio entre otros[12].

En la siguiente tabla se muestran los huesos largos en los que puede ser utilizado alguno de los cuatro implantes mencionados.

**Tabla 7. Uso de implantes en diferentes huesos....**

Implante \ Hueso	Fémur	Tibia	Peroné	Cúbito	Radio	Húmero
Clavo de bloqueo	★	★				
Reemplazo articular	★					
Placas de bloqueo			★	★	★	★
Placas DHS	★					

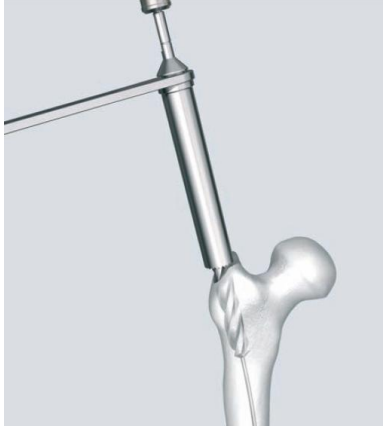
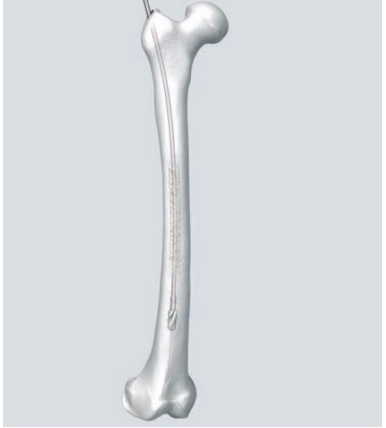
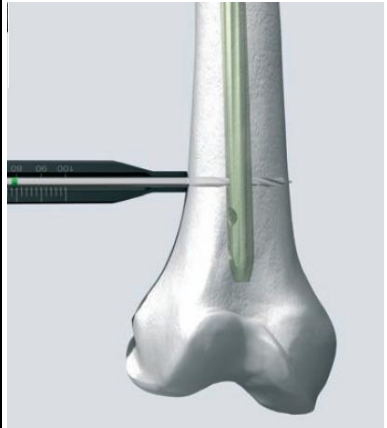
Fuente: Autor

La inserción de cada uno de estos implantes se realiza mediante métodos denominados técnicas quirúrgicas, las cuales requieren el uso de instrumental con características específicas, que cumplan la función necesaria para cada caso clínico. Un instrumento utilizado para la inserción de estos cuatro tipos de implantes es el sistema de perforación.

Un sistema de perforación es un instrumento compuesto por mecanismos de transmisión mecánica de alimentación neumática. Este instrumento es utilizado dentro de la técnica quirúrgica cumpliendo una función similar al taladro o como escariador. El equipo de perforación usado como taladro sirve para perforar el hueso extrayendo material óseo con una broca para generar los agujeros donde se instalan clavos o tornillos; en cambio al usarse como escariador sirve para fresar una cavidad preparada en el hueso rectificando el diámetro del lecho donde

reposará un implante. Los pasos más comunes en los que interviene el sistema de perforación son los siguientes:

**Tabla 8. Operaciones realizadas con el sistema de perforación**

Aperturas de canales medulares con broca Taladrado	Fresado de canales medulares Escariado	Perforación para agujeros de tornillos Taladrado
		

Fuente: Técnica quirúrgica Synthes

Los anteriores pasos fueron tomados de la técnica quirúrgica para clavo de bloqueo femoral propuesta por el fabricante de implantes SYNTHES. (Ver Anexo A.)

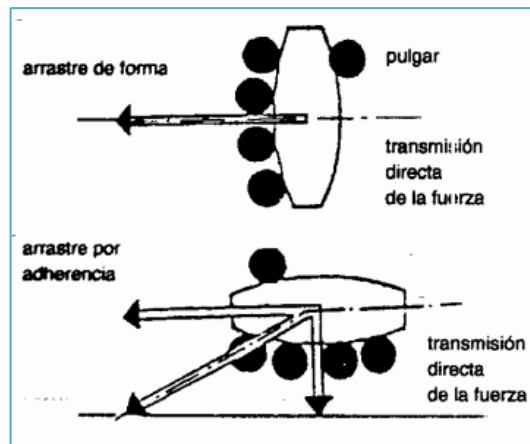
#### 6.1.4 Ergonomía en herramientas

En toda propuesta de diseño de herramientas manuales se debe hacer un análisis inicial de ergonomía, basados en el principio biomecánico en el cual se busca mejorar la usabilidad de una herramienta manteniendo una postura anatómica natural en la forma de asir el equipo, al tiempo que se busca minimizar sobrecargas o lesiones por impacto, de tal manera que la repercusión transmitida a las extremidades superiores manos y los brazos del cirujano sea mínimamente lesiva.

Según InakiGalíndez, en su artículo Diseño de herramientas de mano, la fuerza está relacionada con la manera de asir, la mano debe abarcar el agarre, que se debe realizar con los cuatro dedos a un lado del mango y el dedo pulgar lo rodea por el otro lado, para el correcto dimensionamiento del mango se tiene en cuenta el grosor, forma y longitud adecuados a partir de datos antropométricos.

Normalmente el médico cirujano busca ubicarse de tal manera que el arrastre de la fuerza sea paralela a lo largo del antebrazo, para tener una transmisión de fuerza directa. La fuerza también está relacionada con el peso de la herramienta que en la mayoría de los casos debe ser minimizado.

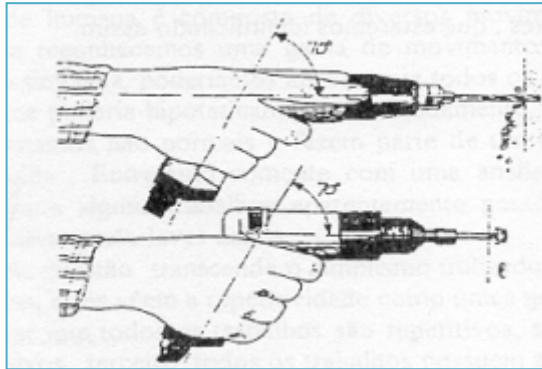
**Figura 6. Agarre para transmisión de la fuerza**



Fuente: Diseño de herramientas de mano [13]

Otro de los principios fundamentales a la hora de diseñar una herramienta es el mantenimiento de una postura cómoda. Es necesario mantener la extremidad superior en posición neutra dentro de sus "ángulos de confort", evitando que se doble la muñeca. [13]

**Figura 7. La mano humana cerrada forma un ángulo de 70° entre la horizontal y el eje normal.**



Fuente: Diseño de herramientas de mano [13]

### **6.1.5 Generalidades y funcionamiento de los motores neumáticos**

Los motores neumáticos tienen un diseño compacto y ligero, su peso es menor que el de un motor eléctrico de la misma potencia y tiene un volumen más pequeño, también desarrollan más potencia con relación a su tamaño que la mayoría de los otros tipos de motores y su par motor o torque aumenta con la carga.

Los motores neumáticos no se averían por sobrecarga sin importar el tiempo que estén bloqueados, cuando la carga baja a su valor normal, el motor vuelve a funcionar correctamente.

El arranque, el paro y el cambio de sentido de giro los motores neumáticos son instantáneos, incluso cuando el motor esté trabajando a plena carga.

El control de la velocidad en un motor neumático puede ser variable, mediante una válvula montada a la entrada del motor, así como también el par y la potencia pueden ser regulables variando la presión de trabajo. Como no hay ninguna parte

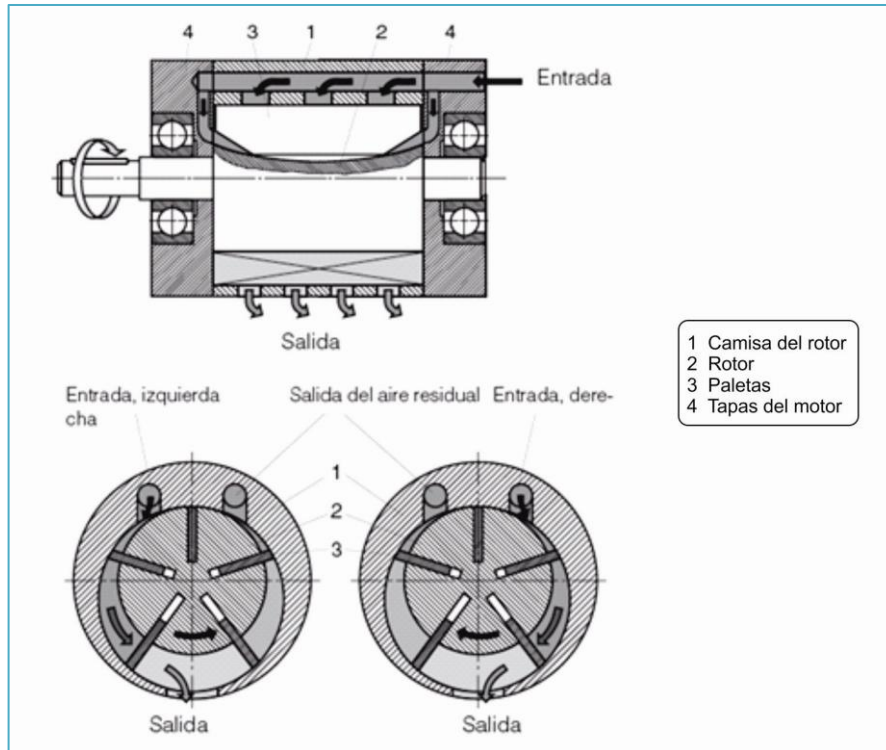
eléctrica en el motor, la posibilidad de que se produzca una explosión en presencia de gases inflamables es reducida.

Cuando el motor gira, el aire expandido enfría el motor. Por esto, los motores neumáticos pueden usarse en ambientes con temperaturas altas(70 grados centígrados)sin sufrir sobrecalentamiento, aushi son bloqueados durante un largo tiempo.

El Mantenimiento de los motores neumáticos es mínimo, el aire comprimido debe estar limpio y bien lubricado, lo que reduce desgastes en el motor y elimina tiempos de parada al alargar la vida del motor. Los motores neumáticos pueden trabajar en cualquier posición y en ambientes expuestos a partículas y humedad, sin que se dañe el motor. Porúltimo, una ventaja de los equipos neumáticos es que las líneas de suministro de aire comprimido, son económicas y su mantenimiento también [14].

**6.1.5.1 Motores neumáticos de paletas.**Este tipo de motores, tienen un rotor montado excéntricamente en un cilindro, con paletas longitudinales alojadas en ranuras a lo largo del rotor.

**Figura 8. Principios de funcionamiento de motor neumático de paletas**



Fuente: Catálogo de proveedores de motores PARKER

El par se origina cuando el aire a presión actúa sobre las paletas. El número de paletas suele ser de 4 a 8. Normalmente cuatro o cinco paletas son suficientes para la mayoría de las aplicaciones. Se utilizan mayor número de paletas cuando se necesita mejorar la fiabilidad de la máquina y su par de arranque.

Los motores de paletas giran desde 3000 a 25000 rpm. En el vacío. Como norma general, los motores deben trabajar con una precarga para evitar que giren a velocidades altas.

Al girar en vacío el motor, el número de veces que las paletas rozan sobre el cilindro es casi doble que en carga. Esto supone un desgaste innecesario de las paletas y de la pared del cilindro sobre la que deslizan.

La vida de las paletas se prolongará a varios cientos de horas trabajando el motor a velocidades moderadas y metiendo aire al motor debidamente limpio y lubricado con aceite en suspensión.

### **Presión de trabajo**

Los motores neumáticos pueden trabajar entre 3 y 7 bar (43.5 y 101.5 psi), aunque la presión normal de trabajo es cercana a 6 bar. Los motores, están diseñados para dar sus mejores características a esta presión. Aunque pueden trabajar por debajo de 3 bar, a esta presión tan baja, el rendimiento de los motores puede ser insuficiente para el trabajo solicitado. Por otra parte, también pueden trabajar por encima de 7 bar, pero con riesgo de favorecer el desgaste y aumentar el mantenimiento del motor [15].



### **6.1.6 Análisis de productos existentes**



A partir de la recopilación de sistemas de perforación existentes en el mercado se busca obtener información acerca de sistemas de alimentación, datos técnicos como velocidades, consumos, comandos de uso, sistemas de acoples, y aspectos formales de cada equipo, dicha información posteriormente representará aportes importantes para el proceso de diseño de la propuesta.

**Tabla 9. Perforadores comerciales.**

Fabricante: DE SOUTTER MEDICAL(número de referencia) Reino Unido, Alemania.		
 	 	
<p>Ref. MDX 600 Eléctrico, inalámbrico con batería 9.5V o con cable directo al módulo de alimentación eléctrica Modular: Velocidad: 0-950 rpm. Canulación: 4.1 mm.</p>	<p>Ref. MPX 600. Neumático, Modular Velocidad: 0-1100 rpm, Canulación: 4.1 mm. Control de función de disparo de tres posiciones. Acoples rápidos Presión operativa: 6 a 7 Bares.</p>	
Fabricante: STRYKER		
		
<p>Ref. 2102 Taladro Eléctrico, batería 2115 Canulado.</p>	<p>Ref. 4203 Taladro.</p>	<p>Ref. 5100-99 TPS.</p>

Fabricante: HALL.		
		
Ref. 5067-01 Taladro y reamer, Neumático 100Psi	Ref. 5071-003 Taladro Eléctrico.	Ref: 5044-10 Serie 3 Taladro Neumático (100Psi)

Fabricante: SYNTHES.	Fabricante: 3M.
	
Ref. 511,77 Pieza de mano Neumática.	Ref: L100 Maxi Driver 2Neumático (100 Psi).

Fabricante: CHICAGO PNEUMATIC.	Fabricante: INGERSOLL RAND
	
<b>Ref.cp879</b> Taladroneumático. velocidad 1.800 rpm, Torque:4.45 Nm, consumo:10l/s.	Ref.AG028A-15-Q Taladroneumático. Velocidad: 1500 rpm.



### 6.3 ANÁLISIS Y SÍNTESIS DE LA MATRIZ QFD.

- Se debe proponer un diseño con énfasis en diseño de detalle sobre aspectos como el funcionamiento adecuado de mecanismos de reducción, el ensamble de partes y diseño formal de la empuñadura anatómico, para reducir el margen de error del funcionamiento del equipo.
- Se debe plantear el proceso de producción de acuerdo con el alcance y las capacidades de la empresa Quirúrgicos Especializados.
- La coherencia formal debe considerar las variables del entorno médico y la relación del perforador con el mismo, teniendo en cuenta las condiciones higiénicas y de asepsia.
- El diseño debe ofrecer un sistema modular acoplable para alternar dos sistemas: uno para perforado y otro para escariado.
- Los acoples seleccionados para la entrada de la fuente de poder y para el módulo porta herramienta, deben ser universales y de rápido ajuste.
- Los materiales que se debe seleccionar para la fabricación del modelo funcional son aquellos resistentes a la oxidación y corrosión, para evitar reacciones químicas con los fluidos fisiológicos.
- Los materiales del equipo deben tener altas temperaturas de servicio, para que pueda ser sometido al constante proceso de esterilización, así como baja conductividad térmica para evitar el calentamiento del equipo.
- Los materiales de las piezas deben tener propiedades mecánicas como dureza y una elevada relación de resistencia/peso (alta resistencia bajo peso), estas propiedades también dependerán de la función de cada pieza en el equipo.
- Se debe plantear una adecuada distribución de los componentes del perforador para tener control del peso del sistema, teniendo como límite superior el más alto de los pesos de los perforadores existentes.

- Se debe proponer un diseño considerando que las dimensiones y formas de del sistema de perforación deben variar a partir de un análisis ergonómico para mejorar aspectos de confort y seguridad.
- Se debe tener en cuenta en el diseño en detalle que la cantidad de piezas forma parte de la definición de la complejidad del mantenimiento del perforador, por lo tanto debe ser controlada para facilitar su ensamble y desensamble.
- Se debe diseñar un sistema de perforación que le permita al usuario realizar una secuencia de uso clara, al ensamblar la herramienta(broca o escariador), al instalar los acoples, al accionar el gatillo, al cambiar el sentido de giro de equipo y al ponerlo en seguro.
- Se debe proponer un diseño de mecanismos que permita el cambio de velocidad y sentido de giro para ser usado tanto en taladrado como en escariado.
- De acuerdo con los requerimientos técnicos se determina que la velocidad entregada por el motor debe estar entre 10.000 - 15.000 rpm.
- Se debe contemplar durante la etapa de diseño que el sistema de perforación debe ser canulado o tubulado, este aspecto es necesario ya que la cánula (tubo pequeño) se utiliza como guía de precisión para diversas operaciones durante la cirugía ortopédica.
- Se debe diseñar un sistema que permita al usuario cambiar el sentido de giro de la herramienta para
- Se debe diseñar un sistema cerrado y hermético, puesto que el sistema de perforación es una herramienta que se utiliza en entornos clínicos, expuesto a condiciones de humedad, contaminación, partículas, fluidos fisiológicos y en contacto con pacientes, dicha exposición puede deteriorar los componentes y mecanismos del equipo, además se debe evitar fugas de aire dentro del sistema cerrado para el aprovechamiento completo del suministro de aire.
- El diseño debe permitir el mantenimiento del equipo, la limpieza de sus partes y la empresa debe facilitar el cambio de piezas en caso de desgaste.

- Debido a que el rendimiento del equipo depende en parte de la presión de aire suministrado, esta debe estar entre 80 y 100 Psi., y de acuerdo con la naturaleza de la fuente de poder, se requiere un acople rápido universal para transmitir el aire por medio de una manguera con funda universal de tres metros de longitud aproximadamente, para que al entrar a la pieza de mano consuma entre 6 y 8 lt/sg.

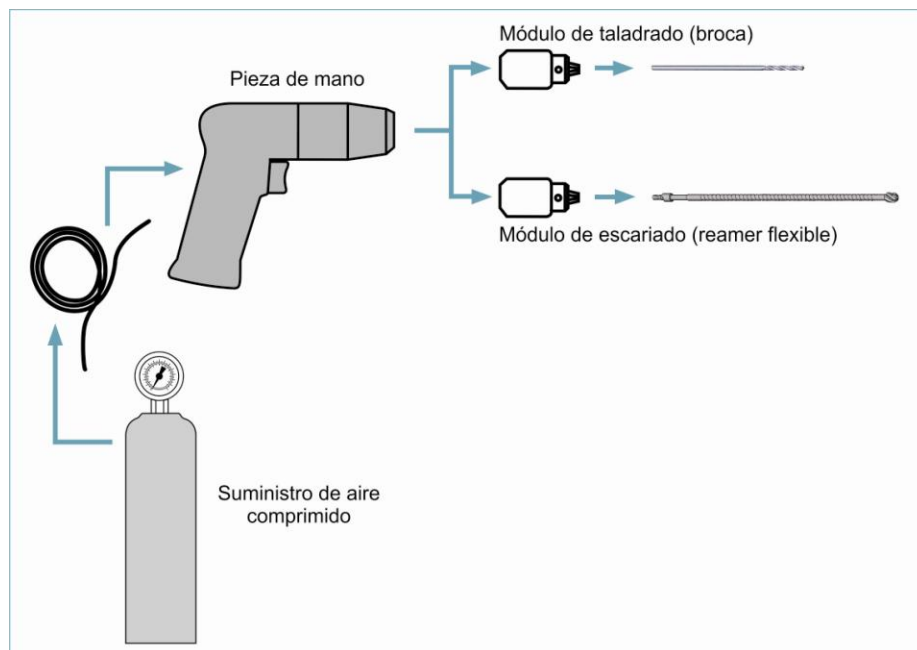
## 7.ETAPA DE DISEÑO

### Principios de la propuesta de diseño

En síntesis, se plantea inicialmente un modelo conceptual de los componentes del sistema de perforación integrados por el suministro de aire comprimido, la pieza de mano y los módulos de taladrado y escariado.

La fuente de energía para el sistema de perforación, será a través del suministro de aire comprimido. La pieza de mano o equipo de poder y un módulo que puede ser intercambiado de acuerdo con la tarea que deba realizar el cirujano, como se muestra en la figura 10, se propone diseñar para el presente proyecto la pieza de mano, un módulo de taladrado y un módulo de escariado.

**Figura 10. Sistema de perforación**



Fuente: Autor

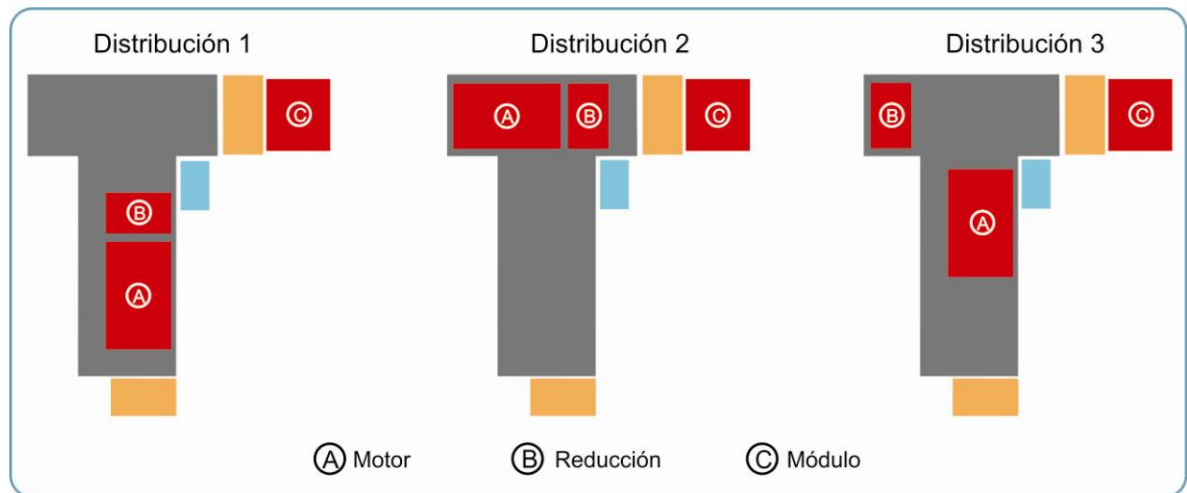
## 7.1 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Dentro de las alternativas de diseño se propone la distribución de los componentes del sistema de perforación, el aspecto formal del asa del equipo, el diseño del mecanismo y los detalles para el uso del sistema, necesarios para el buen funcionamiento de la propuesta.

## 7.2 PROPUESTAS DE DISTRIBUCIÓN DE MECANISMOS

Partiendo de la relación entre la distribución del motor, reducciones y módulo dentro de un sistema de perforación, con el peso y volumen del mismo, se analizaron las posibles ubicaciones y distribuciones de estos componentes en el equipo. La figura 11 muestra tres posibles distribuciones.

**Figura 11. Distribución de los componentes en sistemas de perforación.**



Fuente: Autor

Al realizar el análisis de las posibles distribuciones, se obtiene que en la distribución 1, el peso y volumen se encuentran ubicados en el asa y la parte delantera del equipo, y en 2 se concentra el peso y volumen en la parte superior

del equipo, en los dos casos el equipo se muestra inestable a la hora de manipularlo, mientras en la distribución 3, se distribuyen los componentes en diferentes áreas del equipo. El concepto de distribución de la alternativa 3, fue seleccionada para generar a partir de este concepto las propuestas formales de la pieza de mano.

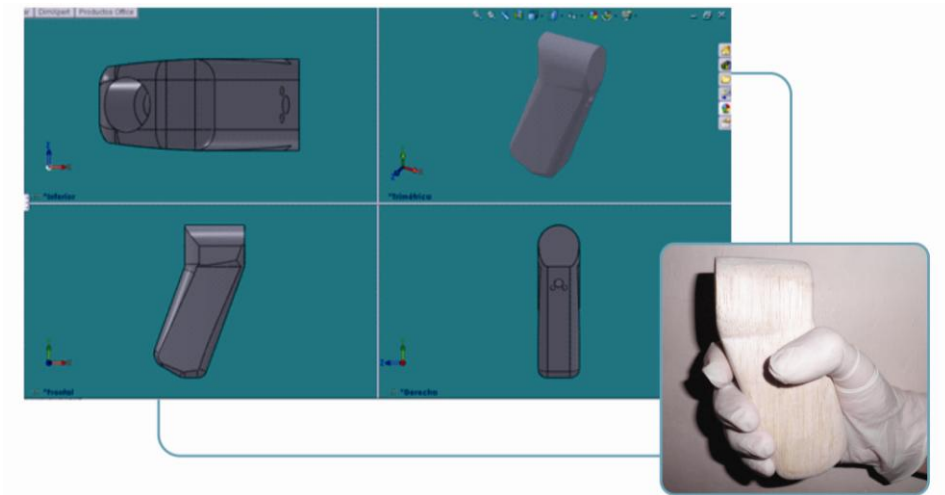
### **7.3 PROPUESTA FORMAL DE LA PIEZA DE MANO**

A partir de una primera idea para el diseño de la empuñadura del sistema de perforación, se fue evolucionando la propuesta, teniendo siempre en cuenta la distribución de los componentes seleccionados y la ergonomía de la mano para el agarre de la herramienta.

La evolución de la propuesta, fue modelada con la herramienta de diseño asistido por computador SOLIDWORKS (modelador de sólidos paramétricos) y posteriormente elaborada físicamente en madera para realizar las pruebas de agarre y confort de la empuñadura para su selección.

A continuación, en las figuras 12, 13, 14 y 15 se muestra respectivamente la evolución de la propuesta formal de la pieza de mano para el sistema de perforación.

**Figura 12. Modelado 1**



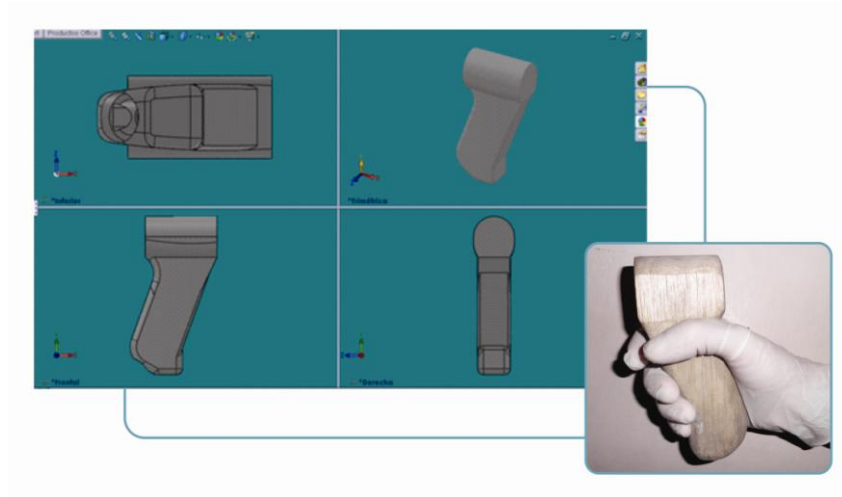
Fuente: Aurtor

**Figura 13. Modelado 2**



Fuente: Aurtor

**Figura 14. Modelado 3**



Fuente: Autor

**Figura 15. Modelado 4**

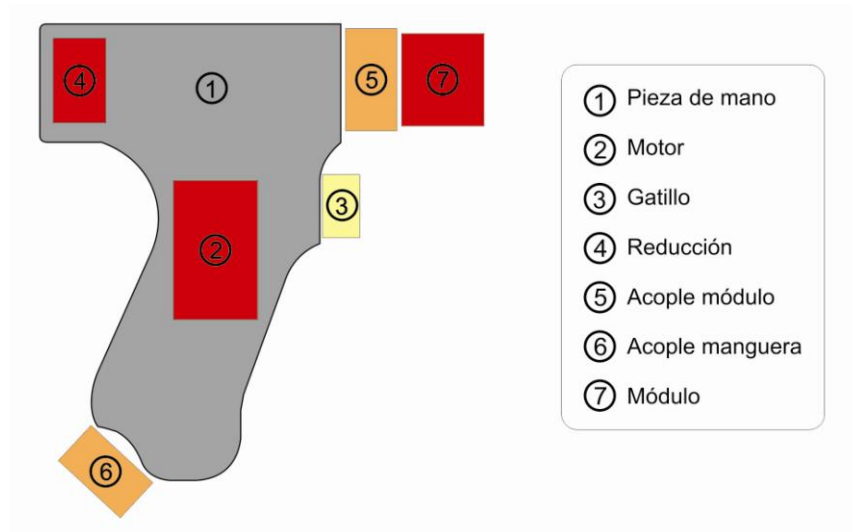


Fuente: Aurtor

## 7.4 SELECCIÓN DE LA PROPUESTA

Tomando como referencia la distribución del peso y volumen para conseguir el equilibrio de la pieza de mando, se seleccionó la distribución que se muestra en la Figura 16.

**Figura 16. Distribución de los componentes en la propuesta final**



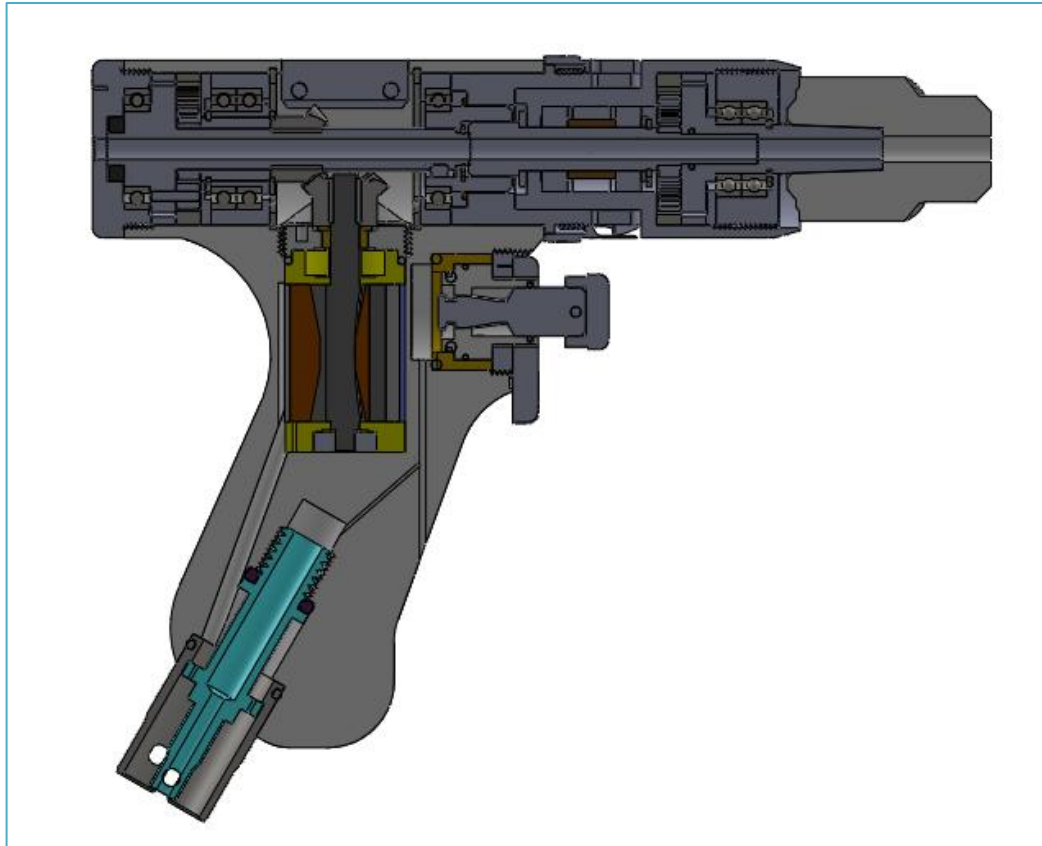
Fuente: Autor

El proceso evolutivo de la propuesta formal, llegó hasta un nivel donde cumplió con los requerimientos ergonómicos y anatómicos para su agarre, sin dejar a un lado la distribución de los componentes ya seleccionada.

## 7.5 EVOLUCIÓN Y DISEÑO EN DETALLE DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.

En esta etapa de diseño del sistema, se pretende mostrar el desarrollo del equipo con todos sus componentes, en la figura 17 se muestra en detalle como fue distribuido cada pieza del mecanismo en la propuesta formal final,

**Figura 17. Vista de corte del sistema de perforación**



Fuente: Autor

### **Especificación técnico-mecánica**

En esta oportunidad se ha seleccionado un motor neumático de aletas que genera 17.000 rpm., para garantizar el buen funcionamiento del sistema de perforación es necesario conseguir las velocidades de taladrado y rimado apropiadas, estas se alcanzan mediante mecanismos de transmisión de potencia de un componente a otro y reductores de velocidad de tipo hepicialoidal o planetario.

Teniendo en cuenta las dimensiones, velocidad, torque y reversibilidad, se ha seleccionado el motor del catalogo de taladros neumáticos industriales INGERSOLL-RAND, el cual genera 17.000 rpm, y es reversible (Ver Anexo E).

De acuerdo con las dimensiones de la pieza de mano, la distribución de los mecanismos del equipo y la reducción de velocidad necesarias para cada tarea, se realiza el cálculo y diseño mecánico de los planetarios.

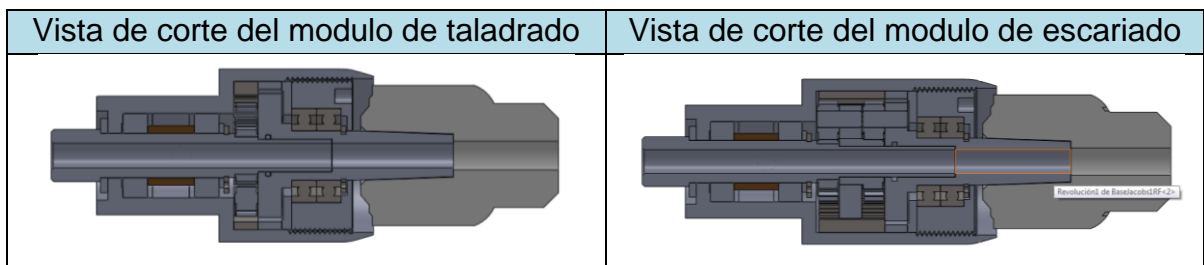
La velocidad y el torque requeridos para el taladrado del hueso compacto y rimado del hueso esponjoso varían como se muestra en la tabla 10.

**Tabla 10. Requerimientos de velocidad y torque**

	Velocidad	Torque
Taladro	900-1100 rpm	5.5 N/m
Reamer	200-300 rpm	10-11 N/m

La relación de reducción de cada etapa es de 3.43:1 de esta forma utilizando dos etapas (1457rpm) y tres etapas (437rpm) se obtiene la velocidad necesaria para el taladrado y rimado respectivamente. La figura 17 muestra la vista de corte del modulo de taladrado y escariado, con una y dos reducciones respectivamente.

**Figura 18. Vista de corte de los módulos**



Fuente: Autor

En la figura 19 se muestra el ensamble de la propuesta final desde diferentes vistas

**Figura 19. Render final de la propuesta**



Fuente: Autor

A la propuesta formal se suma el lenguaje de uso para la perilla del gatillo, que puede estar en tres posiciones, la primera indicada con una flecha que hace que el motor gire en sentido horario, la segunda indicada con un candado que bloquea el paso de aire al motor deteniéndolo y la tercera indicada con una flecha que hace que el motor gire en sentido anti horario. También se plantea que al área de agarre se le de una variación de color por proceso de anodizado, estos dos detalles se pueden observar en la Figura 20.

**Figura 20. Detalle para uso del gatillo**



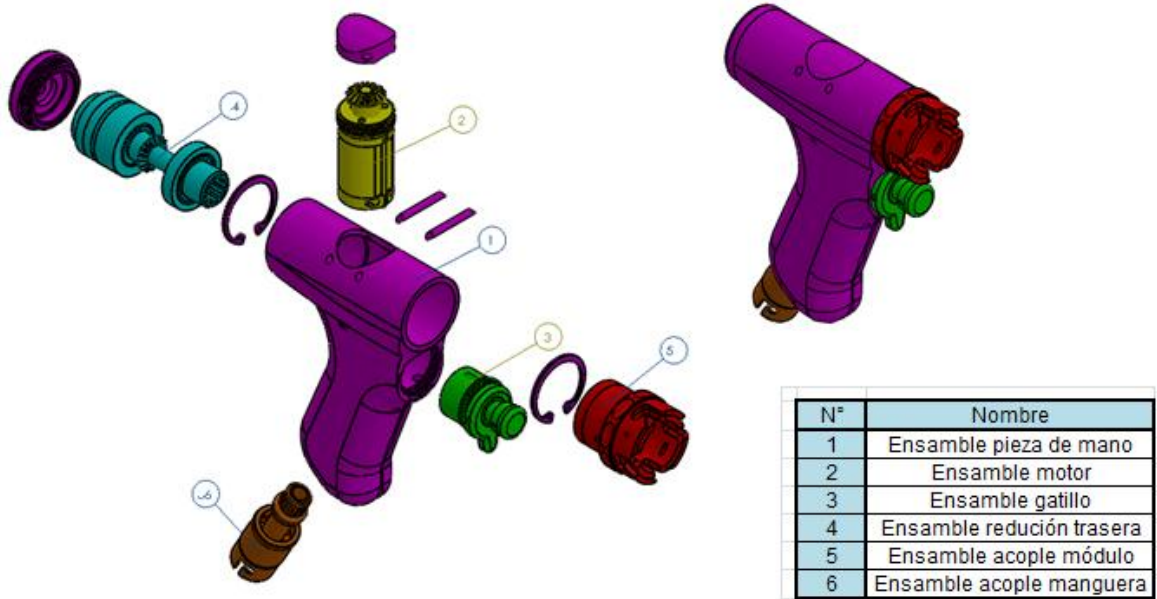
5

Fuente: Autor

### **7.5.1 Planos de vistas explosionadas**

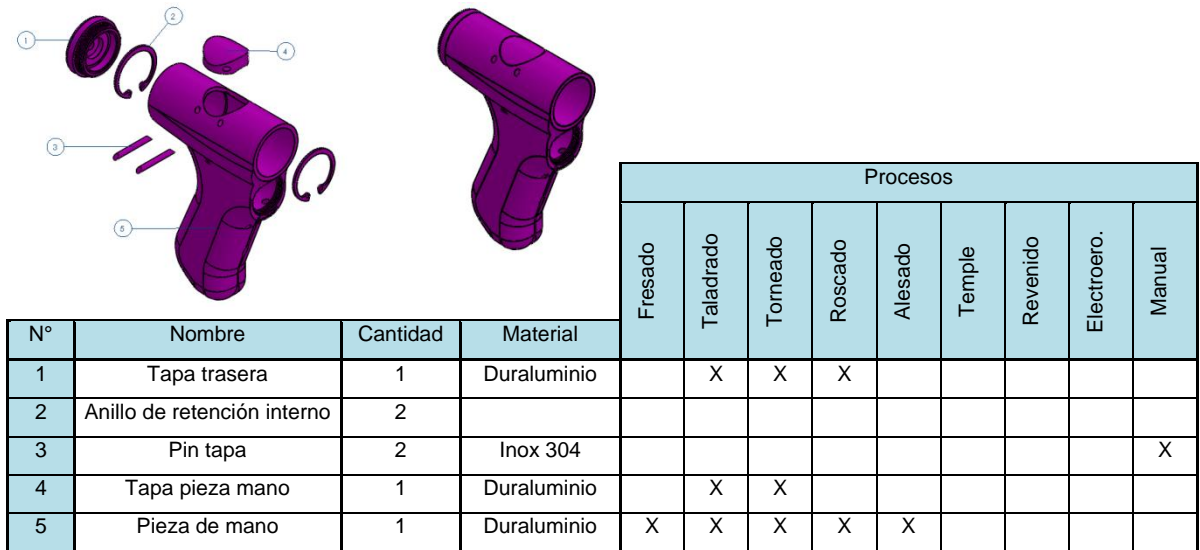
La pieza de mano consta de cinco sub-ensambles, el mango, el acople de la entrada de aire, el motor, el gatillo, una etapa de reducción y el acople para el modulo, en las figuras 21 a la 29 se muestra el despiece de cada subensamble y las tablas de especificaciones para cada uno.

**Figura 21. Vista explosionada del ensamble general**



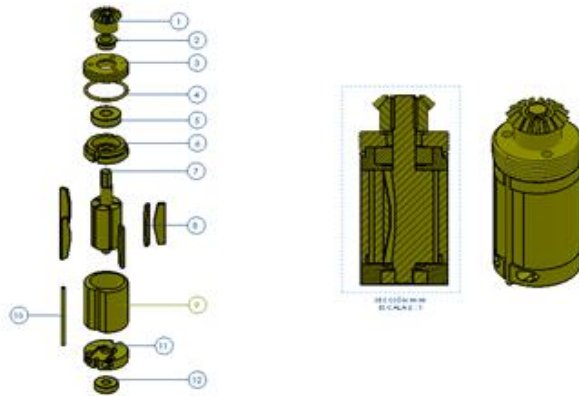
Fuente: Autor

**Figura 22. Vista explosionada del subensamble de la pieza de mano**



Fuente: Autor

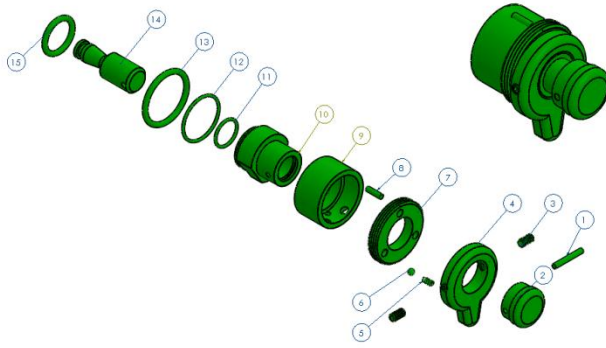
**Figura 23. Vista explosionada del subensamble del motor**



N°	Nombre	Cantidad	Material	Procesos								
				Fresado	Taladrado	Torneado	Roscado	Alesado	Temple	Revenido	Electroero.	Manual
1	Engranaje conico	1	INOX 420	X		X			X	X	X	
2	Buje tapa motor	1	Bronce Grafitado			X						
3	Tapa motor	1	INOX 420		X	X	X					
4	O ring	1										
5	Rodamiento	1										
6	Tapa superior	1	INOX 420			X						
7	Rotor	1	INOX 420	X		X	X		X	X		
8	Paletas	5	Baquelita	X								X
9	Camisa motor	1	INOX 420	X	X	X						
10	Pin	1	INOX 340									X
11	Tapa inferior	1	INOX 420	X	X	X						
12	Rodamiento	1										

Fuente: Autor

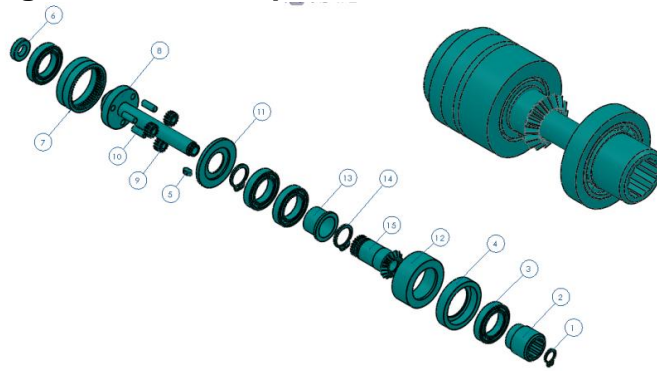
**Figura 24. Vista explosionada del subensamble del gatillo**



N°	Nombre	Cantidad	Material	Procesos											
				Fresado	Taladrado	Torneado	Roscado	Alesado	Temple	Revenido	Electroero.	Manual			
1	Pin accionador	1	INOX 304												X
2	Accionador	1	Aluminio		X	X									
3	Prisionero	2													
4	Perilla	1	Duraluminio	X	X	X	X	X							
5	Resorte tope	1													
6	Esfera tope	1													
7	Tuerca	1	INOX 304		X	X	X								
8	Pin buje	1	INOX 304												X
9	Buje Bronce	1	SAE 65	X	X	X									
10	Camisa Movil	1	INOX 420		X	X				X	X				
11	O ring	1													
12	O ring	1													
13	O ring	1													
14	Piston	1	INOX 420		X	X				X	X				
15	O ring	1													

Fuente: Autor

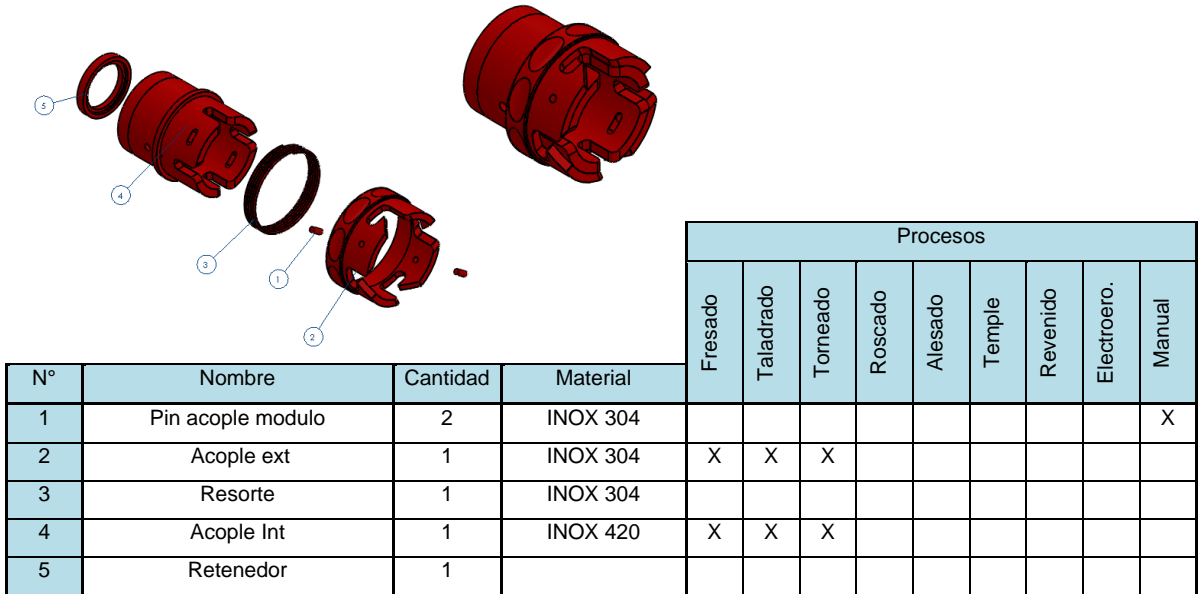
**Figura 25. Vista explosionada del subensamble de la reducción trasera**



N°	Nombre	Cantidad	Material	Procesos										
				Fresado	Taladrado	Torneado	Roscado	Alesado	Temple	Revenido	Electroero.	Manual		
1	Anillo de retención Interna	1												
2	Cabezal Acople	1	INOX 420	X		X				X	X	X		
3	Rodamiento	4												
4	Portarodamiento	1	INOX 304			X								
5	Cuña plana	1	INOX 304			X								
6	Sello mecanico	1												
7	Corona	1	INOX 420			X				X	X	X		
8	Porta planeta trasero	1	INOX 420	X		X				X	X			
9	Z14 Planetario	3	INOX 420	X		X				X	X			
10	Ejes planetarios	3				X				X	X			
11	Separador Corona	1	INOX 304			X								
12	Portarodamiento	1	INOX 420			X								
13	Camisa piñon doble	1	INOX 304			X								
14	Anillo de retención Interna	2												
15	Engranaje conico	1	INOX 420	X		X				X	X			

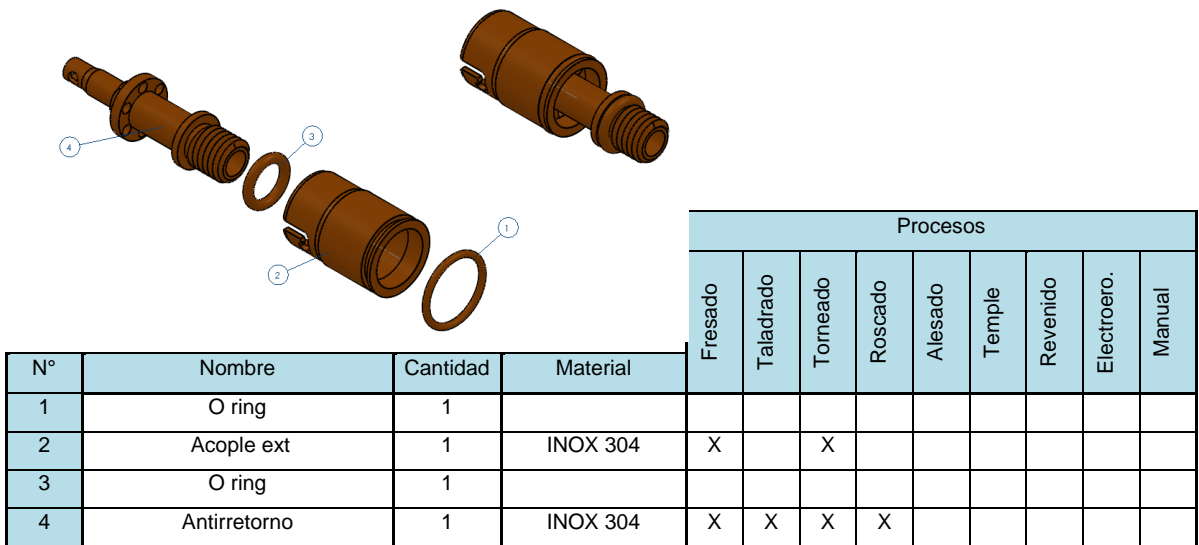
Fuente: Autor

**Figura 26. Vista explosionada del subensamble del acople módulo**



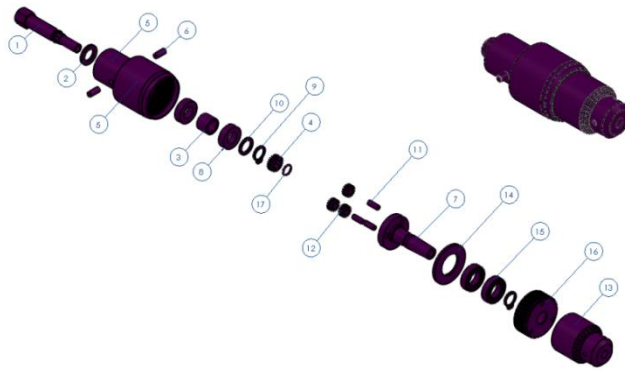
Fuente: Autor

**Figura 27. Vista explosionada del subensamble del acople de la manguera**



Fuente: Autor

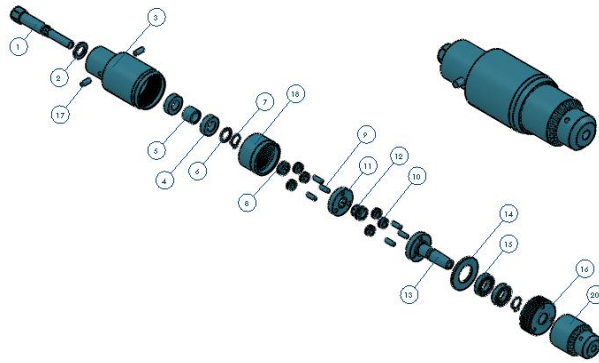
**Figura 28. Vista explosionada del ensamble del modulo de taladro**



N°	Nombre	Cantidad	Material	Procesos														
				Fresado	Taladrado	Torneado	Roscado	Alesado	Temple	Revenido	Electroero.	Manual						
1	Jacobs	1																
2	Portarodamiento	1	Duraluminio		X	X	X											
3	Rodamiento	2																
4	Tapa módulo	1	INOX 304			X												
5	Base jacobs	1	INOX 420		X	X				X	X							
6	Ejes planetas	3	INOX 420			X												
7	Z15 planetario	3	INOX 420	X		X				X	X							
8	Corona	1	INOX 420			X				X	X	X						
9	O ring	1																
10	Z21 sol	1	INOX 420	X		X				X	X	X						
11	Anillo de retención Interna	2																
12	Arandela	1	Bronce Laton			X												
13	Rodamiento	2																
14	Buje de bronce	1	Bronce Laton			X												
15	Eje modulo	1	INOX 420	X		X				X	X							
16	Arandela	1	Baquelita															
17	Pin acople	2	INOX 420			X												
18	Exterior modulo taladro	1	Duraluminio		X	X	X											

Fuente: Autor

**Figura 29. Vista explosionada del ensamble del modulo de escariado**



N°	Nombre	Cantidad	Material	Procesos															
				Fresado	Taladrado	Torneado	Roscado	Alesado	Temple	Revenido	Electroero.	Manual							
1	Jacobs	1																	
2	Portarodamiento	1	Duraluminio		X	X	X												
3	Rodamiento	1																	
4	Tapa modulo	2	INOX 304			X													
5	Base jacobs	1	INOX 420		X	X				X	X								
6	Z15 planetario	1	INOX 420	X		X				X	X								
7	Segundo sol	6	INOX 420	X		X				X	X								
8	Primera base planetarios	1	INOX 420		X	X				X	X	X							
9	Ejes planetas	1	INOX 420			X													
10	Z21 sol	6	INOX 420	X		X				X	X	X							
11	Corona	1	INOX 420			X				X	X	X							
12	Anillo de retención Interna	1																	
13	Arandela	2	Bronce Laton			X													
14	Rodamiento	1																	
15	Buje de bronce	2	Bronce Laton			X													
16	Eje modulo	1	INOX 420	X		X				X	X								
17	Arandela	1	Baquelita			X													
18	Pin acople	1	INOX 420			X													
19	Exterior modulo escariado	2	Duraluminio		X	X	X												

Fuente: Autor

## **8. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO FUNCIONAL**

Las piezas que componen el equipo se fabricaron utilizando procesos de manufactura desarrolladas en el centro de mecanizado del laboratorio de ingeniería mecánica de la UIS y con las tecnologías apropiadas en las instalaciones de la empresa Quirúrgicos Especializados.

Los procesos usados principalmente fueron procesos por arranque de viruta y electroerosionado. Las piezas mecanizadas como engranajes ejes y rotor, fueron sometidas a tratamientos térmicos como temple y revenido para aumentar la rigidez, dureza y resistencia mecánica. En las figuras 21 a la 29 se muestra en detalle los procesos usados para la fabricación de cada pieza.

### **8.1 SELECCIÓN DE MATERIALES**

De acuerdo con las características de los materiales necesarias para la fabricación y buen funcionamiento del sistema de perforación se realizó un ejercicio de selección de materiales en un software académico del cual se obtuvo una serie de materiales que cumplen con los parámetros que se le establecieron al programa.

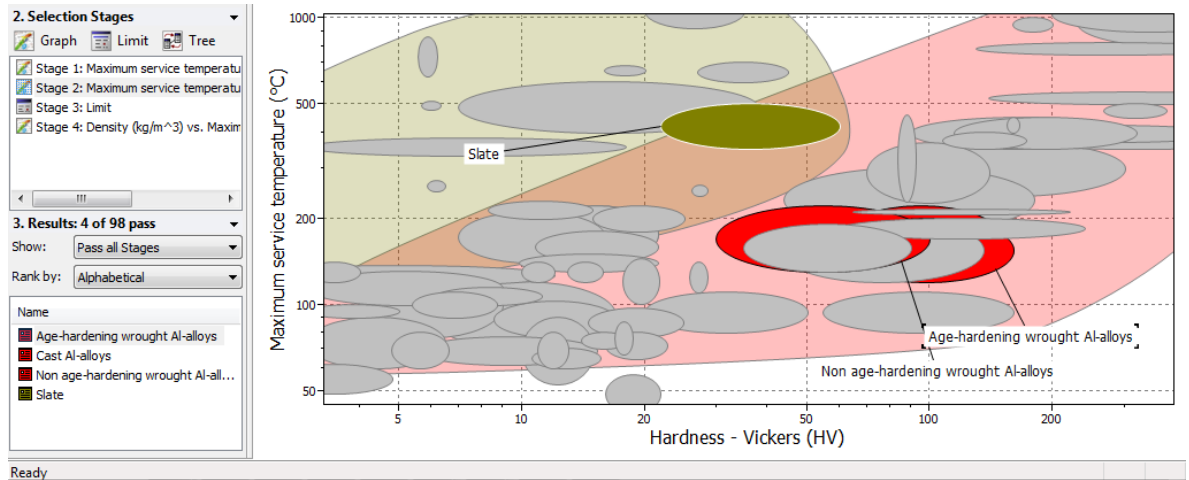
Se realizó una preselección de los materiales basada en los requerimientos definidos en la etapa de investigación y el apoyo bibliográfico [16], los recursos tecnológicos y los materiales comerciales usados en la empresa. En la tabla se describen los requerimientos primarios los rangos cualitativos y o cuantitativos para la selección del material para la fabricación de la carcasa.

El ejercicio de selección, fue realizado a través de un software especializado [17] para selección de materiales de acuerdo con los requerimientos estipulados en el software, las aleaciones de aluminio como Age-hardening wrought Al-alloys, Cast Al-alloys, Non age-hardening wrought Al-alloys y Duralcan Al-20SiC (p) cast de una librería de 98 materiales. En la figura 28 se observa la interfase del software donde fue realizado el ejercicio. El mapa comparativo entre máxima temperatura de servicio y dureza se encuentra activos los colores de los materiales que cumplieron con los requerimientos expuestos en la tabla 11.

**Tabla 11. Evaluación de los requerimientos para selección de material de la carcasa**

requerimientos	Límites del requerimiento	Resultados obtenidos desde el software
Max temperatura de servicio	130 -400 °C	Age-hardening wrought Al-alloys Cast Al-alloys Non age-hardening wrought Al-alloys
Módulo de elasticidad	65-200 MPa	
densidad	2000-3000 kg/m <sup>3</sup>	
reciclable	si	
Dureza	100-500	
Resistente a la corrosion	si	
procesabilidad	De 1-5 debe ser de 4-5	

**Figura 30. Resultado de análisis en software**



Fuente: Autor

Los materiales utilizados fueron acero inoxidable 304, acero inoxidable 420, duraluminio (AA7075/UNS97075), aluminio, bronce grafitado, bronce SAE 65 y bronce latón. En las figuras de los despieces (figura 21 a 29) se especifica en material en el que fue fabricada cada pieza.

**Tabla 12. Propiedades de los materiales**

MATERIAL	TEMPERATURA DE SERVICIO	DUREZA	DENSIDAD	MODULO DE ELASTICIDAD	RESISTENTE A CORROSION
Al 304	800 a 1650 °F (426 a 900 °C). En servicio intermitente, la temperatura máxima es alrededor de 1500 °F (815°C).	142 HBN	8.0 g/cm <sup>3</sup> 0.289 lb/pulg. <sup>3</sup>	187502,97 Mpa	Superior a las de los tipos 301 y 201
Al 420	No se recomienda utilizar en temperaturas mayores de los 370 °C	La dureza máxima que se puede conseguir en los aceros inoxidable con 12% de cromo.	Densidad 7.8 g/cm <sup>3</sup> (0.28 lb/in <sup>3</sup> )	200 GPa (29000 Ksi)	La mayor resistencia a la corrosión para este grado es lograda cuando el metal es endurecido y luego rectificado o pulido, aunque es muy baja en la condición de recocido.
Aluminio	Tiene un punto de fusión bajo: 660°C.	El aluminio es un metal blando, se corta y se raya con suma facilidad	2.70 g/cm <sup>3</sup> a 20°C (1.56 oz/in <sup>3</sup> a 68°F).	El módulo elástico del aluminio es de alrededor de 65.000 N/mm <sup>2</sup>	Muy resistente a la corrosión
Bronce Latón	-100/+200°C	Entre 50 y 200 HB	entre 8,4 g/cm <sup>3</sup> y 8,7 g/cm <sup>3</sup>		Elevada
Bronce SAE 65	Soporta altas temperaturas sin perder sus propiedades mecánicas	102 HB	8.75 (Kg./dm <sup>2</sup> )	71000 MPa	Excelente
Duraluminio	475-630 °C	Alta dureza	2.83 20°C: 8.77 kg/dm <sup>3</sup>	72000 MPa	Buena





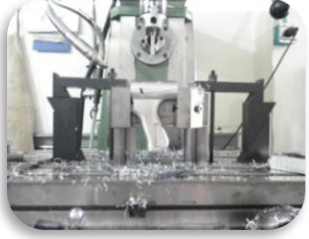
Fuente: Fichas técnicas de cada material (Ver Anexo B)

## 8.2 PROCESOS DE FABRICACIÓN

La mayor parte del equipo fue fabricado en la empresa, teniendo en cuenta que las piezas que se fabricaron en otros lugares requerían de tecnologías diferentes con las que no cuenta la empresa.

En el caso de la empuñadura, por la complejidad de su forma fue fabricada en un CNC Centro Mecanizado Leadwell V-20, como bloque macizo en duraluminio y posteriormente mecanizado en la fresadora para perforar las cavidades para los mecanismos y acoples. Las piezas restantes se fabricaron en la empresa en las máquinas que muestra la tabla 13.

**Tabla 13. Maquinaria empleada en la fabricación**

Centro de mecanizado leadwell v20	Torno	Fresadora
	 	 

Fuente: Autor

Otras de las piezas con las que cuenta el equipo son las piezas comerciales o accesorios, tales como rodamientos, Orings, anillos de retención, sellos mecánicos, resortes y esferas. (Ver Anexo C)

## 8.3 EVALUACIÓN

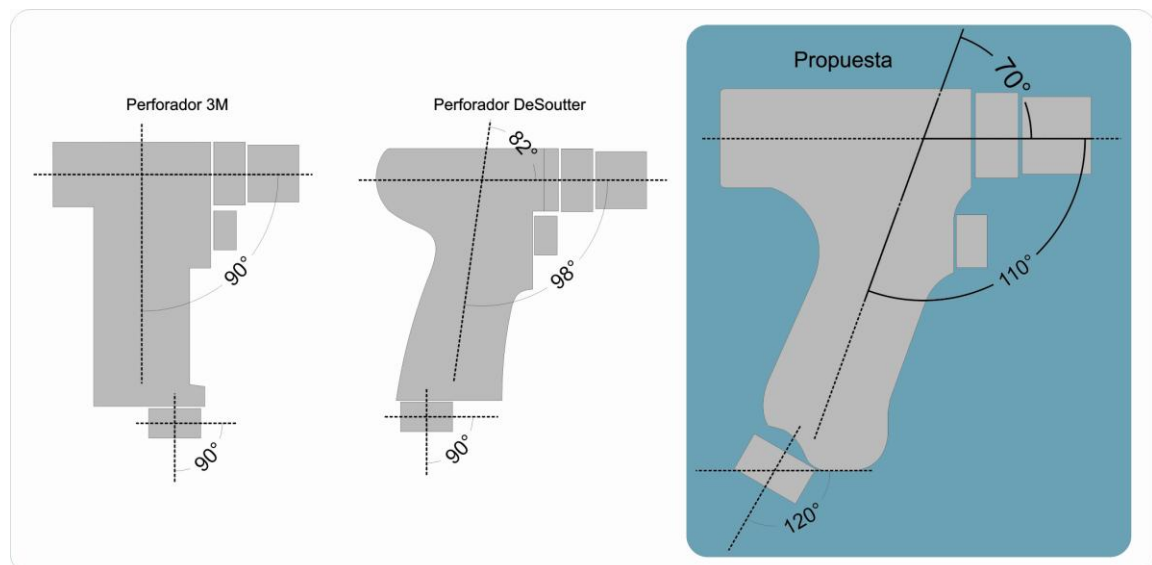
### 8.3.1 Comprobación ergonómica

Esta actividad se evaluó mediante la comparación y análisis del modelo propuesto con respecto a los equipos comerciales de referencia, evaluando aspectos como: el ángulo de posición de agarre del sistema de perforación, la distribución de los componentes y pesos del sistema, la forma y dimensiones.

#### Los ángulos de posición de agarre del sistema de perforación.

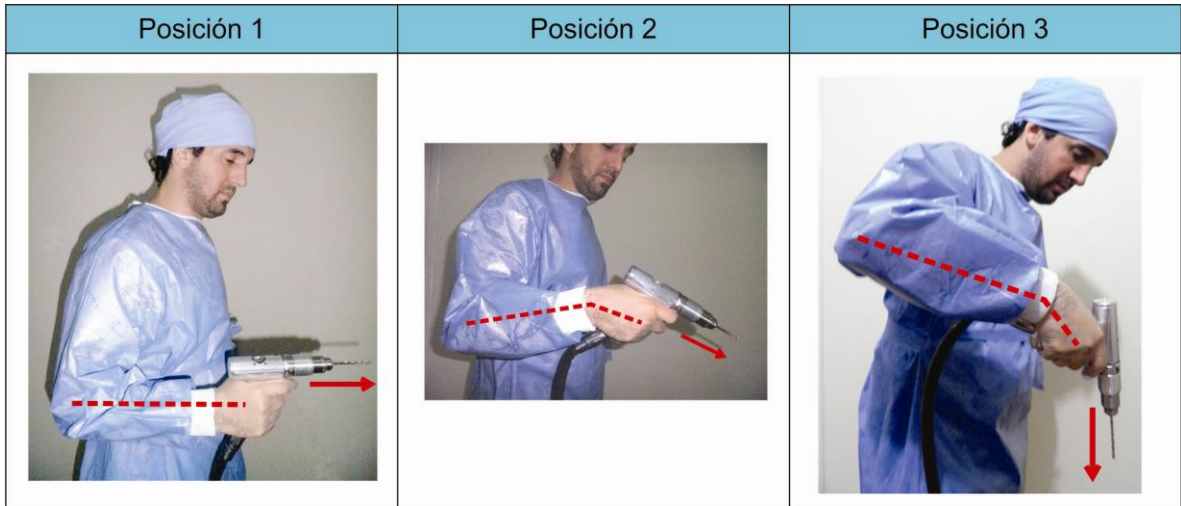
El ángulo de agarre de la propuesta es un principio fundamental para que el usuario logre una posición natural del agarre para su uso, la propuesta formal tuvo en cuenta que la posición del asa de agarre debe estar a 70 grados de inclinación respecto a la horizontal como se muestra en las figura 31 y 32.

**Figura 31. Ángulos de posición de agarre del sistema de perforación**



Fuente: Autor

**Figura 32. Prueba de Posiciones**



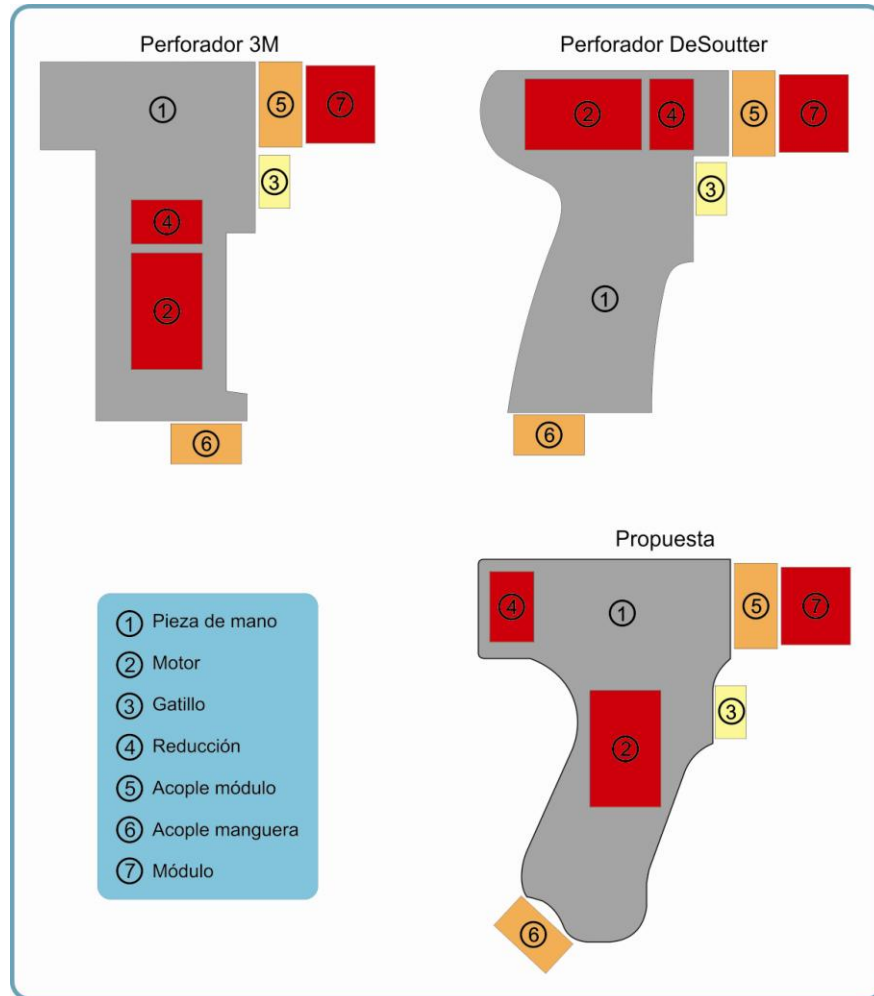
Fuente: Autor

### **La distribución de los componentes del sistema**

En la comprobación se evaluó la distribución de los componentes del equipo teniendo en cuenta la disposición según los requerimientos técnicos. De igual forma se estableció una relación de la distribución de los mecanismos y su efecto sobre el peso que debía soportar la mano. Esta comprobación se realizó analizando la distribución del peso de los equipos comerciales.

El diseño de la propuesta integró el ángulo de posición del asa y la distribución de los componentes de tal forma que se redujera el efecto del peso sobre el agarre. La figura 33 muestra la variación de la ubicación de los componentes del equipo respecto a dos perforadores existentes y el ángulo de posición del asa.

**Figura 33. Distribución de componentes**

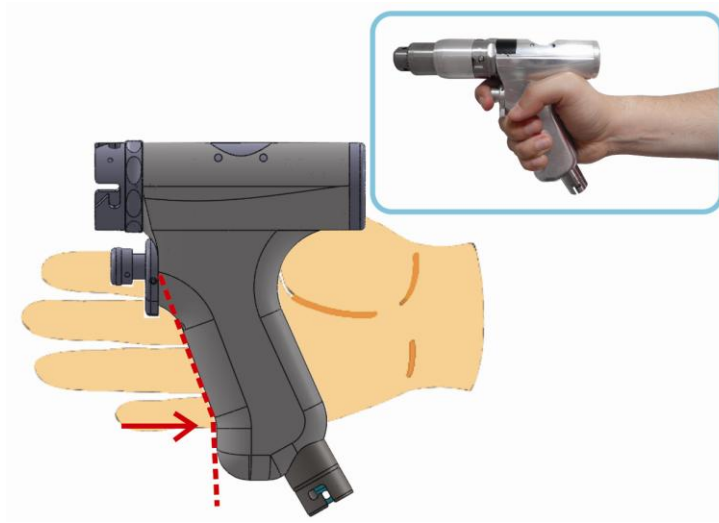


Fuente: Autor

### **La forma y dimensiones del asa**

El mango está diseñado para que la mano lo pueda abarcar con un agarre completo del mismo, con los cuatro dedos a un lado del mango y el dedo pulgar lo rodea por el otro lado. La discontinuidad que tiene el mango al antes de iniciar el acople de la manguera indica hasta donde llegará el dedo meñique como se muestra en la figura 34

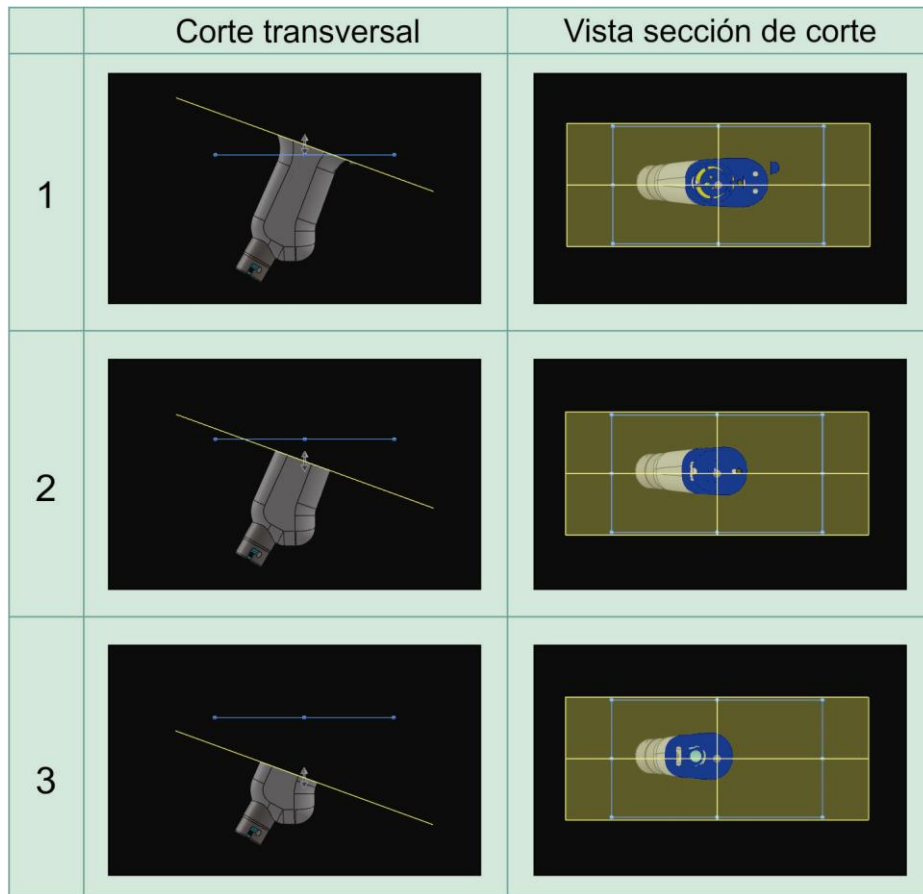
**Figura 34. La forma y dimensiones del asa**



Fuente: Autor

La longitud del mango es de 10 cm. y el grosor a medida que desciende disminuye para una mejor sujeción ya que el área que los dedos pueden abarcar también disminuye hacia el dedo meñique. La Figura 35 muestra tres cortes de la sección transversal del mango y su correspondiente sección de corte. Se puede observar el decrecimiento de la sección transversal de arriba hacia el final del mango, en acorde con la capacidad de agarre de la mano.

**Figura 35. Cortes de la sección transversal del mango**



Fuente: Autor

Para evaluar el peso del modelo funcional se tomaron los pesos de dos equipos comerciales con el fin de realizar un análisis comparativo frente a la propuesta. Se tiene como resultado que el peso de la propuesta para Quirúrgicos Especializados se encuentra por debajo del equipo 3M y por encima del equipo De Soutter como lo muestra la Tabla 14.

**Tabla 14. Comparativo de pesos**

		Peso [ gr - % ]				Total [gr]
		Pieza de mano		Módulo		
Equipo	3M	920	80	225	20	1145
	De Soutter	650	68	300	32	950
	<b>QUIRUTEK</b>	790	76	250	24	<b>1040</b>

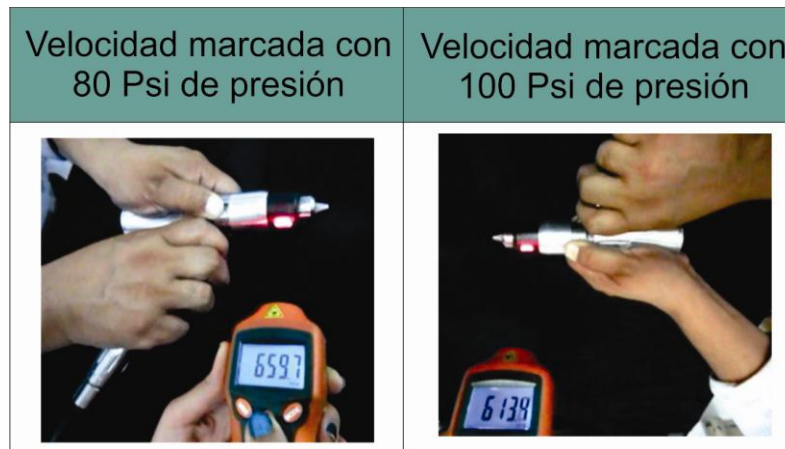
Fuente: Autor

### 8.3.2 Comprobación técnica

Medición de revoluciones del equipo

El equipo se sometió a la medición de la velocidad de giro del eje de salida con un tacómetro, se tomaron dos medidas variando la presión de aire. Como resultado se obtuvo que a 80 Psi el equipo gira a 613.4 rpm. y a 100 Psi gira a 659,17 rpm.

**Figura 36. Medición de revoluciones del equipo**



Fuente: Autor

### 8.3.3 Comprobación de uso

El sistema de poder fue puesto a prueba a través de un sencillo experimento que consistió en realizar perforaciones a la sección transversal de hueso de fémur de porcino, usando un el equipo propuesto y un equipo neumático comercial.

#### Procedimiento

El hueso de fémur porcino fue preparado y desperiostizado. Se distribuyeron tres puntos por hueso, dos marcas hacia la epífisis y una marca en la región de la diáfisis en cada hueso, la distribución de las marcas se hizo con una distancia mínima de 2,5 cm para evitar debilitar la resistencia del tejido, ver figura 37.

**Figura 37. Preparación del hueso de porcino**



Fuente: Autor

Finalmente se realizaron 6 marcas (donde T1 corresponde a la propuesta y T2 al perforador comercial), a ser perforadas por los taladros, estos fueron usados igual número de veces. De otro lado los taladros fueron operados por un único usuario para evitar el sesgo diferencia de fuerza posición entre otros.

**Figura 38. Tomas de videos de comprobación de uso**



Fuente: Autor

En la prueba se pudo observar que los dos equipos perforaron un espesor de 4mm de hueso compacto hasta llegar al tejido de hueso esponjoso, los tiempos de corte fueron de 7 seg. para el perforador existente y 8seg. para la propuesta, el corte que realizo el modelo funcional en la diáfisis del hueso fue limpio, parejo y sin quemar el hueso, de la misma manera sucedió con las perforaciones que se hicieron cerca a las epífisis.

**Figura 39. Detalle de perforación**



Fuente: Autor

## 9. PRESUPUESTO

**Tabla 15. Diseño y construcción perforador neumático**

DISEÑO Y CONSTRUCCION PERFORADOR NEUMATICO								
DESCRIPCION	CANT	COSTO MATERIALES	COSTO ACCESORIOS	COSTO MAQUINA	COSTO MANO DE OBRA	COSTO SERVICIOS EXTERNOS	COSTOS INDIRECTOS	Costo Total
Perforador Neumatico	1	\$ 268.622	\$ 120.000	\$ 1.003.825	\$ 2.756.980	\$ 554.000	\$ 1.575.948	\$ 6.279.375
								<b>\$ 6.279.375</b>

Fuente: Autor

**Tabla 16. costo materiales**

COSTO MATERIALES			
Descripcion	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Duraluminio Platina (mango)	1		\$ 75.000
Inox 420 Ø 1" 1/4	100	\$ 304,14	\$ 30.414
Bronce Ø 1/2	456	\$ 14,6	\$ 6.658
Inox 304 Ø 7/8	262	\$ 46,75	\$ 12.249
Inox 1,4028 Ø 20	40	\$ 136,1	\$ 5.444
Inox 420 Ø 30,8	55	\$ 316,4	\$ 17.400
Inox 304 Ø 3/4	155	\$ 29,1	\$ 4.511
Aluminio Ø 3/4	10	\$ 11	\$ 110
Inox M303 Ø 30,5	100	\$ 200,0	\$ 20.000
Inox 420 Ø 39,4	135	\$ 150	\$ 20.250
Acero K110 Ø 25,5	150	\$ 310	\$ 46.500
Acero K110 Ø 32,8	100	\$ 301	\$ 30.088
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 268.622</b>

Fuente: Autor

**Tabla 17. Accesorios**

<b>ACCESORIOS</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
Rodamientos , Oring,retenedores,anillos de retencion			\$ 120.000
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 120.000</b>

Fuente: Autor

**Tabla 18. Costo maquina**

<b>COSTO MAQUINA</b>			
<b>Descripcion</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
Mecanizado en fresadora	135,00	\$ 3.867	\$ 522.045
Mecanizado en torno	130,00	\$ 3.706	\$ 481.780
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 1.003.825</b>

Fuente: Autor

**Tabla 19. Costo de mano de obra**

<b>COSTO MANO DE OBRA</b>			
<b>Descripcion</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
Montaje y ensamble	120	\$ 7.637	\$ 916.440
Diseño y desarrollo	150,00	\$ 12.000	\$ 1.800.000
Cotización materiales,insumos	10,00	\$ 4.054	\$ 40.540
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 2.756.980</b>

**Tabla 20 Costos Servicios externos**

<b>COSTO SERVICIOS EXTERNOS</b>	
<b>Descripcion</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
Fabricacion mango perforador	\$ 100.000
Servicio erosinado	\$ 250.000
Servicio temple	\$ 100.000
Fabricacion piñones	\$ 104.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 554.000</b>

Fuente: Autor

**Tabla 21. Gastos administrativos**

<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>	
<b>Descripcion</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
Equipo y software	\$ 900.000
Papeleria	\$ 100.000
Servicios	\$ 575.948
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.575.948</b>

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo del trabajo de grado fue propuesto en el marco de un rediseño de producto de base tecnológica con aplicación en el sector ortopédico. La metodología de diseño seguida, estableció los parámetros y requerimientos adaptando las consideraciones técnicas y mecánicas centrados en el usuario a puede ser implantado como metodología.

Dada la complejidad en el desarrollo los mecanismos requeridos para el mínimo buen funcionamiento del sistema de perforación, cabe resaltar fueron superaron las barreras tecnológicas propias en proyectos de este perfil, debido en este caso, al uso de tecnología apropiada, la capacidad tecnológica instalada de la empresa junto al trabajo colaborativo de centros de investigación de la universidad con las tecnologías requeridas.

De igual forma en el contexto de la realidad del sector, conociendo que los equipos de perforación son un instrumento fundamental para procedimientos de rehabilitación quirúrgica de huesos y que estos son en su mayoría importados; fue demostrado que se pertinente y posible el desarrollo de herramientas para este fin con tecnologías apropiadas nacionales para su distribución y comercialización.

Durante el proceso de diseño, fue fundamental la detección de piezas y acoples universales para una función determinada; esto fue logrado a través de una revisión sistemática de productos existentes en el mercado.

El uso de herramientas digitales permite al diseñador durante el proceso un acercamiento a la realidad deseada, que este caso permitió el montaje y

visualización del conjunto de partes, esta herramienta resulto muy útil para la planeación de la fabricación.

El desarrollo del proyecto de grado en la modalidad de práctica empresarial en QUIRURGICOS ESPECIALIZADOS, fue un ejercicio muy enriquecedor, este espacio permitió la incursión de futuros profesionales en un nuevo campo de acción del Diseño Industrial, complementando así, el ejercicio académico con el entorno industrial promoviendo de este modo la dinámica de adquirir nuevos conocimientos en cuanto a producción y fabricación y experiencia en el campo.

Durante el proceso de diseño desarrollado en modalidad de práctica empresarial es muy importante la retroalimentación de los miembros de la empresa como los operarios, jefe de producción, ingenieros mecánicos, propietarios y demás personas que pueden enriquecer, aportar y apoyar el proceso de diseño, como ejercicio interdisciplinar.

La reparación de fracturas de huesos largos es una tarea compleja que los médicos cirujanos deben realizar con gran precisión, evitando el calentamiento excesivo del tejido óseo y perforaciones inadecuadas, teniendo en cuenta las velocidades de giro y avance de la herramienta y las fuerzas y momentos que actúan sobre el hueso, por ende los sistemas de perforación deben someterse a pruebas muy contundentes para proporcionar la confiabilidad y seguridad de uso que requiere.

Un aspecto importante para el desarrollo del proceso de diseño del sistema de perforación fue conocer el entorno en el cual se desenvolvería el producto, un entorno en constante contacto con fluidos fisiológicos y tejidos óseos, que requeriría de mantenimiento, limpieza y desinfección, dicho entorno fue un factor determinante en el diseño y la escogencia de los materiales de fabricación, con los

cuales se consiguió una propuesta que permite procesos de esterilización y soporte técnico del sistema de perforación.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFIA

[1] FORTUNE, J., PAULOS, J., LIENDO, C., Ortopedia y Traumatología., Universidad Católica de Chile., Chile, 2005.

[2] SALES J.M., VIDELA M., FORCADA P., LLUSÁ M., y NARDI J., Atlas de Osteosíntesis. Fracturas de los huesos largos y vías de acceso quirúrgico. Fundación Maurice E. Muller, Barcelona, España 2009.

[3] Efisioterapia Generalidades de las fracturas [En línea],  
□[http://www.efisioterapia.net/descargas/pdfs/FRACTURAS\\_OSEAS.pdf](http://www.efisioterapia.net/descargas/pdfs/FRACTURAS_OSEAS.pdf)□. [citado en marzo 21 de 2012]

[4]FRAILE J.C., PÉREZ-TURIEL J., GONZÁLEZ-SÁNCHEZ J.L., LÓPEZ-CRUZADO J, RODRÍGUEZ J.L. Experiencias en el desarrollo de una aplicación robótica con control de fuerza para taladrado de huesos. En: Revista Iberoamericana de automática e informática industrial. Vol. 5, No. 2 (Abril, 2008); p. 94. ISSN: 1697-7912

[5] MANUAL DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD, QUIRÚRGICOS ESPECIALIZADOS S.A., Capitulo 3, pág. 6, Bucaramanga 2011

[6] MANUAL DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD, QUIRÚRGICOS ESPECIALIZADOS S.A., Capitulo 3, pág. 7, Bucaramanga 2011.

[7] MANUAL DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD, QUIRÚRGICOS ESPECIALIZADOS S.A., Capítulo 7, pág. 14, Bucaramanga 2011

[8] MOORE Agur, Fundamentos de anatomía con orientación clínica., Editorial Medica Panamericana. Montevideo, Uruguay, 2003.

[9] Medline plus. Huesos Largos [En línea]  
[http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/esp\\_imagepages/9582.htm](http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/esp_imagepages/9582.htm)  
[citado el enero 21 de 2012]

[10] MORO J. A. y PÉREZ CABALLER A. J., Cirugía Ortopédica y Traumatología, FRACTURAS, Editorial Medica Panamericana, Madrid, España, 1999

[11] RODRIGUEZ ALVAREZ J. y REQUELME GARCIA O. Manual de OSTEOSINTESIS, Masson SA., Barcelona, 2002

[12] GARCIA M, César y ORTEGA T, Dulia. Elementos de osteosíntesis de uso habitual en fracturas del esqueleto apendicular: evaluación radiológica .En revista. chilena. radiol. 2005, vol.11, n.2, pp. 58-70. ISSN 0717-9308.

[13] ErgoKprevención. Diseño de herramientas de mano [en línea].  
□<http://www.ergokprevencion.org/index.html>□ [citado el 13 de octubre de 2011]

[14] GUILLÉN Salvador A., Introducción a la neumática, Marcombo S.A., Barcelona, España, 1993.

[15] SERRANO Nicolas A., Neumática práctica, Paraninfo S.A., Madrid, España, 2009.

[16] DONALD Askeland R., Ciencia e ingeniería de los materiales., Editorial Thomson,1999

[17] ASHBY M. y JONES D. Materiales para ingeniería 1, introducción a las propiedades, las aplicaciones y el diseño. Oxford, 2008

[18] El Húmero. Clasificación de los huesos [en línea] <http://el-humero.blogspot.com/2010/02/clasificacion-de-huesos.html> [citado febrero 14 de 2012]

#### ANÁLISIS DE LITERATURA RECOMENDADA

- Un aspecto importante en el desarrollo del producto es el estudio de las técnicas quirúrgicas, en el cual se analizarán las operaciones donde interviene el sistema de perforación, la secuencia de uso y las posiciones que debe tomar el usuario primario para hacer uso del equipo, para ello se sugiere el análisis de: Técnica quirúrgica de clavo tibial de STRYKER en <http://www.stryker.com.br/arquivos/S2%20Tibia%20Comp.ESPANOL.Baja%20Resolucion.pdf>, Sistema de placas LCP para humero distal de SYNTHES en [http://www.smo.edu.mx/pdf/1014\\_Surgical\\_LCP.pdf](http://www.smo.edu.mx/pdf/1014_Surgical_LCP.pdf), DHS Blade. For osteoporotic bone, Technique Guid de SYNTHES en <http://www.synthes.com/MediaBin/International%20DATA/036.000.686.pdf>
- Stephan Konz. Diseño de sistemas de trabajo. Editores Noriega. Mexico, 1990, 673p. ISBN: 9789681816537. En el capítulo 15 titulado “Diseño de herramientas de mano”, se encuentra una recopilación de los principios ergonómicos generales a tener en cuenta en el momento de diseñar una herramienta de mano, de la cual se aplicará los principios sobre el asir, la forma y dimensión de los mangos, y las posiciones adecuadas de la mano.

- A. L. Casillas. Máquinas, cálculos de taller. España. En este libro se encuentra el método para el diseño de engranajes cónicos, requerido para el diseño, ajuste y fabricación de los mecanismos del sistema de perforación. Capítulo III, páginas 200 a 207 engranajes cónicos.
- James F. Shackelford, Introducción a la ciencia de los materiales para ingenieros. 6ª edición, Pearson, Prentice hall, Madrid, 2005, 872p. ISBN: 978-84-205-4451-9. En el capítulo 1. Materiales para ingeniería, páginas 17 a 20, se encuentra una introducción a la selección de materiales para cada determinada aplicación, en el proceso de diseño la selección del material es un aspecto importante, por lo tanto de este capítulo se tendrán en cuenta los criterios de selección de materiales para tomar decisiones apropiadas.

# **ANEXOS**

## **Anexo A. Técnica quirúrgica**

Para ver la técnica completa esta disponible en: <https://orto.hi.is/skrar/expertlateralalfemoral327.pdf>

## Expert Lateral Femoral Nail.

Technique Guide

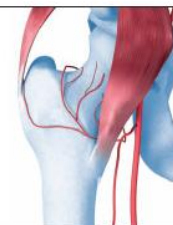


### Optimal lateral entry point

- Easier and safer access to entry site
- Time-saving surgical technique



- Less soft tissue damage
- Lower risk of avascular necrosis

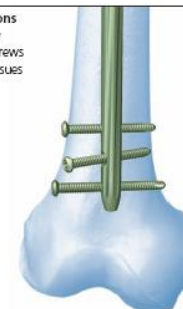


- #### Optimized locking implants
- Better purchase in osteoporotic bone
  - Time-saving surgical technique
  - Optimal torque transmission

- #### Cannulated end caps
- Easier insertion and extraction
  - Self-holding Stardrive recess



- #### Improved locking options
- Higher angular stability through multiplanar screws
  - Less damage of soft tissues
  - Improved mechanical resistance



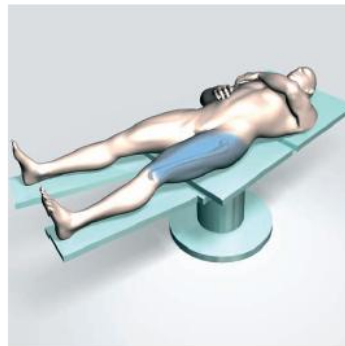
## Open Femur

### 1

#### Position patient

Position the patient supine on a fracture or radiolucent operating table. Position the C-arm to allow visualization of the proximal femur, the fracture and the distal femur in both AP and lateral planes.

Alternatively, the patient can be positioned supine with the injured leg adducted or in the lateral decubitus position.



### 2

#### Reduce fracture

##### Instrument

394.350	Large Distractor, complete
---------	----------------------------

- Perform closed reduction manually by axial traction under image intensifier control. The use of the large distractor may be appropriate in certain circumstances.



## Open Femur

### 7

#### Option: realign guide wire

##### Instruments

357.066	Parallel Guide for Guide Wires $\varnothing$ 3.2 mm
393.100	Universal Chuck with T-Handle
357.399	Guide Wire $\varnothing$ 3.2 mm, length 400 mm

**Important:** The position of the guide wire will be decisive for the success of the next steps. If the position of the inserted guide wire is not optimal, it needs to be **realigned**.

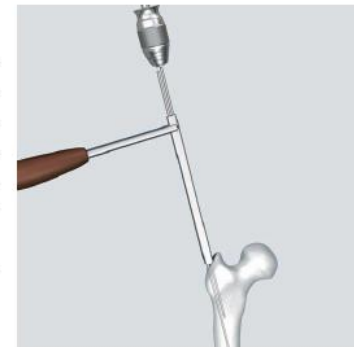
Slide the parallel guide over the guide wire. Direct the parallel guide (ML/AP directions) so that the new guide wire can be inserted at the correct entry point.

Secure a new guide wire in the universal chuck. Press the parallel guide firmly to the bone and insert the wire through the free sleeve of the parallel guide.

- Verify the correct position of the new guide wire in both views.

Remove the parallel guide and the first guide wire.

**Note:** This instrument facilitates the realignment of a guide wire as it uses the first wire as reference for the positioning of the new one.



Proximal Locking – Standard

1

Locking options

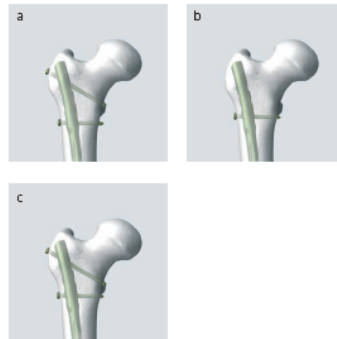
There are three standard locking positions:

- 1 The 120° antegrade locking option allows static locking.
- 2 The dynamic locking option (DYN) corresponds to the proximal position of the standard locking slot.
- 3 The static locking option (STAT) corresponds to the distal position of the standard locking slot.



Proximal standard locking options:

- a For sufficient proximal **static** locking, always use the 120° antegrade locking option together with the transverse static screw.
- b For immediate **primary dynamization**, insert only one proximal locking screw through the dynamic slot.
- c For **secondary dynamization** use both the dynamic and the 120° antegrade locking positions.



Alternative Instrument

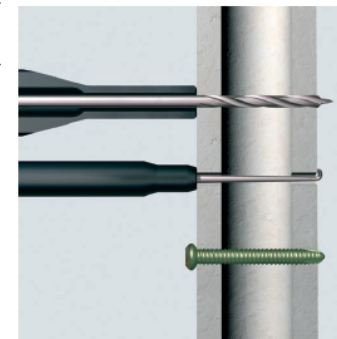
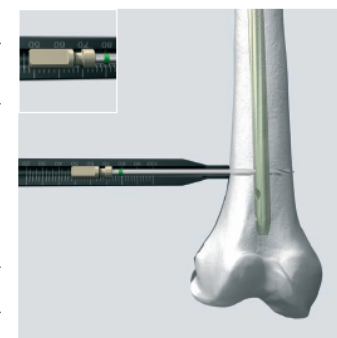
03.010.106 Direct Measuring Device for Drill Bits of length 145 mm, for Nos. 03.010.100-03.010.105

- ⓐ Stop drilling immediately after both cortices are penetrated and disassemble the drill bit from the radiolucent drive. Ensure the correct position of the drill bit beyond the far cortex.

Place the direct measuring device onto the drill bit. Read the measurement on the measuring device at the end of the drill bit.

**Important:** This corresponds to the appropriate locking screw length.

**Note:** The end position of the drill bit beyond the far cortex, as well as the correct position of the measuring device, is important in order to choose the optimal locking screw length.



## Anexo B. Fichas técnicas de materiales

### FICHA TECNICA DEL PRODUCTO

## ACERO INOXIDABLE 304



### DESCRIPCION

TKM 304, con su contenido de cromo-níquel y bajo carbono, es el más versátil y ampliamente usado de los aceros inoxidable austeníticos. Generalmente conocido como 18-8, ésta aleación ofrece una resistencia a la corrosión superior a las de los tipos 301 y 201.

El tipo 304 tiene excelentes características de embutido y formado, las cuales permiten un mayor embutido profundo que los tipos 301 y 201 sin necesidad de un tratamiento de térmico intermedio. El tipo 304 es dominante en la producción de componentes de aceros inoxidable embutidos. Con un nivel más bajo de carbono que el tipo 302 ó 301, la aleación 304 se desarrolló para minimizar la cantidad de precipitación del carburo de cromo y la tendencia de corrosión intergranular en un rango de temperatura de 800 a 1650 °F (426 a 900 °C). Ya que este gradiente de temperatura ocurre en el área adyacente a la zona afectada térmicamente por la soldadura, el 304 es recomendado para la construcción de soldaduras bajo algunas condiciones corrosivas cuando no es posible un recocido después de la soldadura. Cuando calibres gruesos son requeridos en el soldado, es recomendable que se use el grado de nivel más bajo de carbono, el 304 L.

El tipo 304 no exhibe el punto de cedencia en el alargamiento y por eso no es sujeto al efecto formador de bandas de Lüders como lo son los ferríticos. Como resultado, esta aleación puede ser usada en condiciones de recocido sin proceso de Skin Pass (molino templador) correspondientes al acabado mate que otorga propiedades óptimas de embutido.

### Ventajas del grado 304

- Alta resistencia a la corrosión
- Excelente formabilidad
- Facilidad de fabricación
- Facilidad de limpieza
- Buena soldabilidad
- Amplio rango de propiedades mecánicas en condiciones de recocido y trabajado en frío.
- Buena apariencia
- Alta resistencia con bajo peso
- Buena resistencia a temperaturas criogénicas.

### COMPOSICION QUIMICA, (Porcentaje de peso)

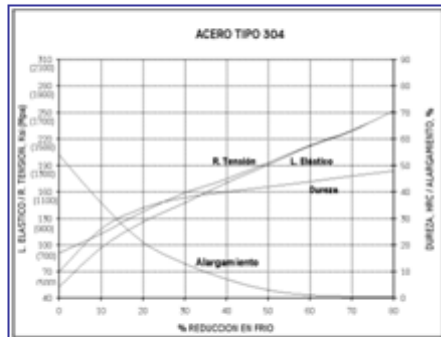
	<b>AISI 304 UNS S30400 ASTM A240</b>	<b>Típico 304 ThyssenKrupp Inermax</b>
Carbono	0,08 max.	0,044
Manganeso	2,0 max.	1,30
Fósforo	0,045 max.	0,028
Sulfuro	0,030 max.	0,001
Silicón	0,75 max.	0,36
Cromo	18,0 - 20,0	18,12
Níquel	8,0 - 10,5	8,03
Molibdeno	---	0,19
Nitrógeno	0,10 max.	0,053
Cobre	---	0,28
Hierro	Balance	Balance

### PROPIEDADES MECANICAS (Condiciones de recocido)

	<b>AISI 304 UNS S30400 ASTM A240</b>	<b>Típicos del 304 ThyssenKrupp Mexinox.</b>
Resistencia Máxima a la Tensión, ksi (MPa)	75 (515) min	95 (655)
Límite Elástico o Esfuerzo de Cedencia al 0.2 %, ksi (MPa)	30 (205) min	46 (317)
Alargamiento % a 2" (50.8 mm)	40 min	57.0
Dureza, Rockwell	B92 max	B84

### TRABAJO EN FRIO

El tipo 304 es muy dúctil y puede ser trabajado fácilmente por reducción en frío. Su deformación a temperatura ambiente produce e incrementa la resistencia acompañado por una disminución en el valor de alargamiento. Una porción de éste incremento en la resistencia su fuerza es causado por una transformación parcial de austenita a martensita durante la deformación. Los datos típicos son mostrados en la siguiente gráfica.



Aleación 304. Efectos del trabajo en frío en sus propiedades mecánicas.

### MICROESTRUCTURA

El tipo 304 presenta una estructura de grano austenítico equiaxiado uniformemente.



Microestructura típica del tipo 201, 200X. Ataque químico con reactivo glicerregia.

### PROPIEDADES FISICAS (Condiciones de recocido)

<b>Unidades de las propiedades</b>	<b>Valor</b>
Densidad g/cm <sup>3</sup> (lb/in <sup>3</sup> )	8,0 (0.29)
Modulo elástico GPa (10 <sup>6</sup> psi)	193 (28.0)
Resistencia eléctrica n Ω m	720
Calor específico J/kg* °K (Btu/lb* °F)	500 (0.12)
Conductividad térmica a 100 °C (212 °F) W/m* K (Btu/R* h* °F)	17.2 (9.6)
Rango de fusión °C (°F)	1400-1450 (2550-2650)

### RESISTENCIA A LA CORROSION

El tipo 304 tiene una excelente resistencia a la corrosión en muchos ambientes. Esta aleación sirve a un amplio rango de ambientes moderadamente oxidantes y moderadamente reductores. Soporta oxidación ordinaria en la arquitectura y es inmune a ambientes donde se procesan alimentos (excepto posiblemente en condiciones de altas temperaturas incluyendo altos contenidos de ácido y cloruros). Resiste químicos orgánicos y una amplia variedad de químicos inorgánicos. El tipo 304 también es buen resistente al ácido nítrico. Es altamente usado en el almacenamiento de gases líquidos y equipo que se usa a temperaturas criogénicas.

## RESISTENCIA A LA OXIDACION A ALTAS TEMPERATURAS

Para el servicio continuo a elevadas temperaturas, el tipo 304 presenta una buena resistencia a la oxidación hasta 1650 °F (900 °C). En servicio intermitente, la temperatura máxima es alrededor de 1500 °F (815 °C).

## SOLDABILIDAD

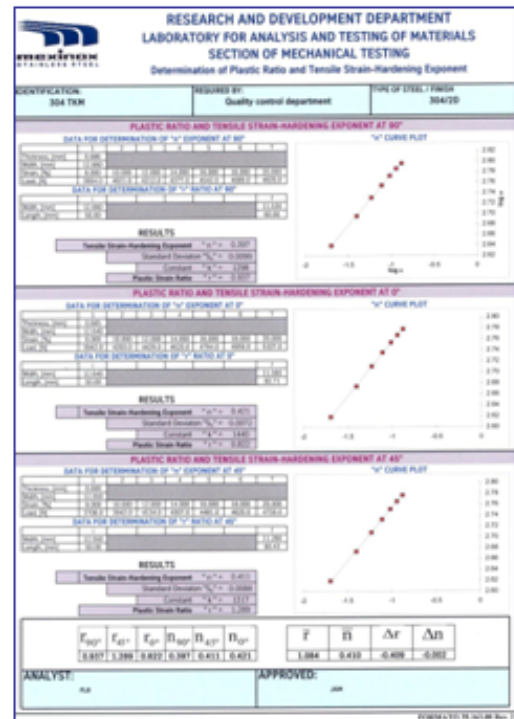
El acero inoxidable de tipo 304 puede ser soldable por técnicas convencionales de soldadura por fusión y resistencia (GTAW, TIG, GMAW, MIG, SAW). Si electrodo de alambre como metal de aporte son requeridos, los tipos AWS E/ER 308, 308L o 347 son usados frecuentemente.

Similar a otros aceros inoxidables austeníticos, donde el contenido de carbón es mayor a 0,03%, la aleación 304 es susceptible a la corrosión intergranular en la zona afectada térmicamente por la soldadura, cuando la aleación es enfriada lentamente o recalentada dentro de un rango de temperatura de 800 a 1500 °F (425 a 815 °C)

## FORMABILIDAD

El tipo 304 tiene buenas propiedades de embutido. Este grado puede ser trabajado por los métodos estándar del trabajo de hoja de metal. El embutido es el procedimiento más común para la deformación de hojas. La combinación de su bajo límite elástico (esfuerzo de cedencia) y un alto alargamiento son factores importantes en la optimización de operaciones de embutido.

La composición química del material de TKM AISI 304 es cuidadosamente controlada para obtener valores de  $r$  alrededor de 0,40. Por otro lado, cuando el metal puede fluir libremente entre el dado y la platina para "alimentar" la deformación, se dice que el formado es un embutido profundo. El comportamiento del embutido profundo es evaluado en TKM desde la determinación de los parámetros de anisotropía  $r$  y  $\Delta r$ . Un buen comportamiento de embutido profundo es obtenido con materiales que tengan alta resistencia al adelgazamiento bajo cargas tensiles, esto es, materiales con un mayor valor en el parámetro de anisotropía  $r$ . Relativamente altos parámetros de anisotropía son consistentemente obtenidos para el acero TKM 304. Los valores de  $r$  dependen fuertemente de las condiciones en los procesos de fabricación como lo son los tratamientos térmicos y las reducciones en la laminación en frío. Los valores típicos de  $r$  están alrededor de 1,0 los cual confirman una isotropía de propiedades en todas las direcciones.



Hoja de cálculo típica de valores de coeficientes de anisotropía y endurecimiento por deformación en frío obtenidos en el laboratorio de TKM para material 304 2D.

## APLICACIONES

- Equipo para el proceso de alimentos.
- Utensilios de cocina, tarjas, canales, equipo y aplicaciones en electrodomésticos.
- Paneles en arquitectura , estructuras y ornamentales.
- Contenedores químicos, incluyendo la transportación.
- Intercambiadores de calor.
- Cubiertas de hornos comerciales y filtros de agua.
- Equipo utilizado en hospitales.
- Equipo de aire acondicionado
- Evaporadores, tambores y barriles

## **I** **ACABADOS**

El acero inoxidable 304 puede ser presentado con los siguientes acabados:

### **2B**

Acabado laminado en frío por rodillos brillantes de Skin Pass. Este es un acabo de uso general con un valor típico de Ra de 4 micropulgadas en calibres delgados.

### **BA**

Este acabado es producido por un recocido brillante en una atmósfera inerte después del laminado en frío. Es más liso y brillante que el 2B. El brillo mínimo es de 40° gloss a 20° de inclinación, los valores típicos de Ra son de 2 micropulgadas para calibres delgados

### **Pulido #3 y #4**

Los acabados de pulidos son producidos por bandas abrasivas de carburo de silicio u óxido de aluminio, resultando un rango de cepillado de 25 a 50 y 8 a 20 micropulgadas respectivamente.

### **Rolled-On #3 y #4**

Este acabado de superficie es producido por el embozado o grabado del material usando rodillos de Skin Pass especialmente preparados. Los valores típicos de Ra para #3 y #4 son 30 a 60 y 8 a 30 micropulgadas. Su aspecto final asemeja al de una superficie cepillada o pulida.

## ACERO INOXIDABLE



**AISI 420**

**Soluciones sólidas y duraderas...**

## ACERO INOXIDABLE 420 (UNS S42000)

**1. Descripción:** éste acero inoxidable tiene buena ductilidad en la condición de recocido, pero es capaz de ser endurecido hasta 52 HRc, la dureza máxima que se puede conseguir en los aceros inoxidables con 12% de cromo. La mayor resistencia a la corrosión para este grado es lograda cuando el metal es endurecido y luego rectificado o pulido. En la condición de endurecido tiene buena resistencia a la atmósfera, alimentos, agua fresca y ácidos y bases medios. La resistencia a la corrosión es muy baja en la condición de recocido. No se recomienda utilizar en temperaturas mayores de los 370 °C

**2. Normas involucradas:** ASTM A 176

**3. Propiedades mecánicas:** Resistencia a la fluencia 345 MPa (50 KSI)  
Resistencia máxima 690 MPa (100 KSI)  
Elongación 15 % (en 50mm)  
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)  
Dureza de suministro: 235 Brinell

**4. Propiedades físicas:** Densidad 7.8 g/cm<sup>3</sup> (0.28 lb/in<sup>3</sup>)

**5. Propiedades químicas:** 0.15 % C min  
1.00 % Mn  
1.00 % Si  
12.0 – 14.0 % Cr  
0.04 % P  
0.03 % S

**6. Usos:** para producir cuchillos, hojas de navaja, instrumentos quirúrgicos, válvulas de agujas, partes de tijeras.

**7. Tratamientos térmicos:** el recocido se logra luego de calentarlo hasta 845 – 900 °C, seguido de un enfriamiento lento en el horno hasta 535 °C y luego enfriamiento al aire. El endurecimiento se da con un calentamiento entre 980 – 1035 °C y con enfriamiento en aceite o al aire. El temple en aceite es necesario para piezas grandes. El revenido se hace entre 200 y 650°C, no se recomienda revenir entre 430 y 535 °C ya que la resistencia al impacto es muy baja.

**NOTA:**

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

## ACERO INOXIDABLE- AISI 420



## ALUMINIO

El aluminio es un metal muy común extraordinariamente versátil, ya que puede ser transformado en una amplia gama de formas y diferentes acabados. El aluminio es un metal duro, flexible, impermeable, de larga vida útil y es 100% reciclable. Los perfiles Emac<sup>®</sup> de aluminio están fabricados en dos aleaciones diferentes (6063 y 1050A) y están tratados mediante lacas y anodizados con certificado de calidad Qualicoat y Qualanod respectivamente. Estos perfiles combinan las altas prestaciones mecánicas del aluminio con acabados de calidad en múltiples colores disponibles.

### Características técnicas

Ductilidad	Elevada
Resistencia mecánica	Buena
Resistencia a tracción	160-200 Mpa (N/mm <sup>2</sup> ) estado puro
Límite elástico	110 N/mm <sup>2</sup>
Límite a rotura	150 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia a cizalladura	117 MPa
Módulo elástico	69
Resistencia a la corrosión	Muy buena
Densidad	2,7 g/cm <sup>3</sup>
Resistencia al fuego	M0 según UNE 23-727-90 No combustible frente a acción térmica
Coefficiente dilatación lineal	23,5 * 10 <sup>-6</sup> m/mK
Reciclable	Sí

### Aplicaciones

El aluminio es uno de los metales más empleados para la fabricación en el mundo. Está presente en múltiples ámbitos y de formas muy diferentes. Sectores como por ejemplo la automoción, el transporte, el envase y embalaje para la conservación de alimentos o la arquitectura y edificación, entre otros, son ejemplos del uso de este material.

Emac<sup>®</sup> trabaja con aleaciones de aluminio. Estas aleaciones, 1050A y 6063, son de altas prestaciones y se presentan en múltiples posibilidades de acabados. Estos perfiles son fabricados mediante diferentes procesos como extrusión, laminado o plegado.

Emac<sup>®</sup> posee una amplia gama de productos fabricados en aluminio: listeles decorativos, peldaños, escocias, separadores de pavimentos, protectores de cantos, etc. La multitud de aplicaciones posibles es viable y adecuada dependiendo de los acabados elegidos para cada fin.

### Acabados superficiales

Emac<sup>®</sup> ofrece distintos acabados para sus productos en amplia gama de colores:

- **Anodizado:** Es un tratamiento electroquímico superficial en el que el aluminio queda protegido mediante una capa superficial de alúmina (óxido de aluminio). El espesor de esta capa condiciona la protección del perfil. El anodizado aumenta la resistencia a la abrasión y corrosión del aluminio y proporciona coloración a las piezas a través del tinte. Los perfiles anodizados Emac<sup>®</sup> se fabrican mediante procesos certificados mediante el sello de calidad Qualanod, que regula los ensayos aplicados a la pieza. Los acabados anodizados de Emac<sup>®</sup> están disponibles en diferentes colores, originales texturas o estampados decorados con cristal.





- **Lacado:** El lacado consiste en la aplicación de laca sobre la superficie del perfil. Se puede aplicar como pintura en polvo, cargado eléctricamente con signo contrario al soporte, siendo atraído por la superficie del perfil, fundiéndose y polimerizando en un horno. Los lacados de los perfiles Emac<sup>®</sup> están certificados por el sello de calidad Qualicoat, que garantiza la calidad de los procesos y los productos finales. Emac<sup>®</sup> ofrece en su catálogo una amplia gama de lacados entre los que se pueden encontrar sorprendentes colores como el coral nácar, verde vida, blanco mineral, etc.



- **Tecnología de control microbiano:** Este acabado está presente en la gama de productos higiénico-sanitarios de Emac<sup>®</sup>. Se trata de un recubrimiento específico que protege al perfil de microorganismos dañinos como hongos, mohos, levaduras y bacterias. Es ideal tanto para instalaciones donde el control de las bacterias es primordial (hospitales, guarderías, etc.) como para el entorno del hogar. Disponible en colores blanco y metalizado.

- **Natural:** el acabado natural es del característico color plata del aluminio. El aluminio natural, a pesar de su capa de protección pasiva natural, es más vulnerable químicamente que el resto de acabados ofrecidos en Emac<sup>®</sup>, que mejoran su protección notablemente. Este material es susceptible de variar de color ante agentes ambientales y/o humedad. No posee ninguna protección adicional ante corrosión y también se raya con más facilidad. Recomendamos protegerlo mediante barnices o pinturas específicas para mejorar su apariencia y propiedades. Sin protección adicional no se recomienda en ambientes húmedos ni salinos.

## Limpieza y mantenimiento

La limpieza debe realizarse periódicamente con un paño suave. Si se opta por emplear un líquido limpiador neutro, se debe aclarar con agua fría y secar para retirar el exceso de humedad. Si la suciedad es persistente, limpie el perfil con una disolución al 5% de detergente o jabón neutro en agua clara, frotando con un paño que no contenga partículas que puedan rayar el acabado. Asegúrese de que la superficie lacada esté totalmente fría (máximo 20°C) antes de efectuar la limpieza.

No se recomienda el uso de lana de acero, productos abrasivos o decapantes así como ácidos fuertes (clorhídrico y perclórico), bases fuertes (sosa cáustica o amoníaco) o soluciones carbonatadas. El ácido cítrico tampoco debe usarse, pues disuelve la capa de óxido protectora de la superficie del aluminio. Las ceras, vaselina, lanolina o similar no son adecuadas. Se deben evitar los disolventes con haloalcanos (hidrofluoroéteres o disolventes clorados) y los acelerantes del fraguado que contengan cloruros (use acelerantes sin cloruros).

## Enlaces de interés

- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- [www.instaladoresdealuminio.es](http://www.instaladoresdealuminio.es)
- [www.aluminio.org](http://www.aluminio.org)
- [www.eaa.net](http://www.eaa.net)
- [www.emac.es](http://www.emac.es)

## Información Técnica

Puede ampliar información sobre las características técnicas de los productos de Emac<sup>®</sup> descargando su ficha técnica en [www.emac.es](http://www.emac.es).

Si tiene alguna consulta no dude en contactar con nuestro Departamento Técnico en [otecnica@emac.es](mailto:otecnica@emac.es).

## Bronce Grafitado

<http://www.industriassg.com/es/11222.htm>

### Código INSG-PJ Barras de Bronce Grafitado

#### Ficha Técnica

##### Material

Barras sólidas sinterizadas de bronce grafitado, obtenidas a partir de polvo atomizado de bronce prealeado mezclado con grafito, clasificado gran ulométricamente a fin de obtener densidad y pesos adecuados.

##### Presentación

Barras macizas, semiterminadas de diversas dimensiones en función a requerimientos del cliente, impregnadas en aceite.

##### Características

Tipo Bronce Grafitado	Composición Química Nominal	Densidad Gr / cc	Porosidad %	Constante Carga Radial Kg./ MM2
Tipo I	Cu — 90%; Sn -10%	6.2-6.6	18-20	25
Tipo II	Cu — 90%; Sn -10%	6.6-7.2	14-16	35

##### Dimensiones de bocinas

Se suministran en función a las medidas requeridas por el cliente

##### Aplicaciones

###### **Tipo I**

Bocinas para trabajo a elevadas 3500 rpm como máximo sometidas a cargas de trabajo no muy exigidas.

###### **Tipo II**

Bocinas para trabajo a bajas 1500 rpm como máximo y sometidas a cargas de trabajo elevadas: Para la fabricación de piezas estructurales.

##### Normas Aplicadas

###### **ASTM B212-82**

Apparent Density of Free-Flowing Metal Powders.  
Densidad aparente de flujo en polvos metálicos

###### **ASTM B214-76**

Sieve Analysis of Granular Metal Powders  
Análisis granulométrico de polvos metálicos

###### **ASTM B255-83a**

Sintered Bronze Structural Parts  
Partes estructurales de bronce sinterizado

**ASTM B328-73**

Density and Interconnected Porosity of Sintered Powder Metal Structural Parts and Oil - Impregnated Bearings.  
 Densidad e interconexión de poros en partes estructurales sinterizadas y impregnación de aceite en bocinas.

**ASTM B438-83a**

Sintered Bronze Bearings (Oil Impregnated)  
 Bocinas de bronce sinterizadas, impregnación de aceite

## MECANIZADO DE BRONCE GRAFITADO

El Bronce Grafitado obtenido por sinterización, posee porosidades interconectadas, lo que facilita la impregnación del aceite brindándole la propiedad característica de material autolubricado. Las barras de Bronce Grafitado se suministran en medidas semiterminadas. Las medidas finales deben obtenerse por arranque de viruta, por lo que se dan las siguientes indicaciones a fin de conservar las propiedades de autolubricación del material.

**1.- Herramienta a Utilizar.**

- Pastillas Carburadas tipo K10 - K20, tanto para diámetros exteriores como para interiores.
- Formas de afilado : Para los bronce grafitados se recomienda usar pastillas sin ángulo de salida.

**2.- Refrigeración durante el maquinado.**

El incremento de temperatura durante el maquinado puede originar una variación de medidas entre 0.03 y 0.05 mm, lo que influye en las medidas finales. Para evitar esto se debe utilizar refrigerante.

**3.- Velocidades de corte recomendadas**

A. Bronce grafitado de Alta Densidad ( 6.6 a 7.0 gr/cc)

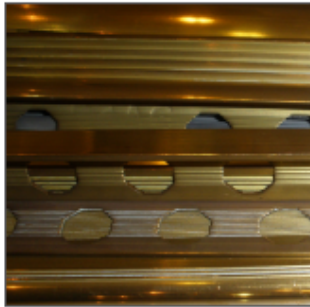
Velocidad de corte	mm 1 min.	RPM				
		2" diam.	4" diam.	6" diam.	8" diam.	10" diam.
<b>Desbaste</b>	30-32	200	100	65	50	40
<b>Acabado</b>	55-62	350-400	170-190	115-130	85-100	70-75

B. Bronce grafitado de Densidad Normal ( 6.0 a 6.5 gr/cc)

Velocidad de corte	mm 1 min.	RPM				
		2" diam.	4" diam.	6" diam.	8" diam.	10" diam.
<b>Desbaste</b>	30-32	200	100	65	50	40
<b>Acabado</b>	45-50	300	150	100	75	60

**4.- Recomendaciones:**

- Durante el mecanizado no utilizar lijas, ni esmeril ya que estas tapan los poros del material e impiden el brote del aceite lubricante.
- Se recomienda que después del mecanizado el material se impregne nuevamente según el



## LATÓN

El latón es una aleación de cobre y zinc de múltiples aplicaciones industriales. Este material es fácil de mecanizar, grabar y fundir. Es resistente a la oxidación, a las condiciones salinas y es dúctil, por lo que puede transformarse mediante varios procesos. Los perfiles Emac<sup>®</sup> de latón han sido fabricados mediante extrusión, obteniendo una tolerancia dimensional muy precisa que garantiza su óptima apariencia y funcionalidad.

### Características técnicas

#### Mecánicas

Ductilidad	Elevada
Resistencia mecánica	Buena
Resistencia a tracción	350 Mpa (N/mm <sup>2</sup> )
Resistencia a la corrosión	Elevada
Prueba de resistencia (0,2%)	240 Mpa (N/mm <sup>2</sup> )
Resistencia a compresión (R <sub>p0.2</sub> )	120 Mpa (N/mm <sup>2</sup> )
Elongación AK	20%
Deformación	100% en flexión en caliente 30% en flexión en frío
Resiliencia (KCU)	Aprox. 3 daj/cm <sup>2</sup>

#### Físicas

Densidad	8,4 g/cm <sup>3</sup>
Resistencia al fuego	M0 según UNE 23-727-90 No combustible frente a acción térmica
Propiedades antibacterianas	Sí
Temperatura de trabajo	-100/+200°C
Reciclable	Sí

### Aplicaciones

El latón es un material de múltiples usos en la industria. Sus buenas propiedades fisicomecánicas y su característico color hacen que se use en distintas aplicaciones como por ejemplo para la fabricación de bisutería, artículos de decoración, productos industriales, piezas de uso naval, instrumentos musicales, etc.

Emac<sup>®</sup> cuenta en su catálogo con una amplia gama de productos fabricados en latón, pertenecientes a diferentes familias de soluciones. Las propiedades mecánicas y físicas del latón le aportan la resistencia necesaria para que los perfiles Emac<sup>®</sup> fabricados en este material puedan ser colocados indistintamente en pavimentos o revestimientos ofreciendo una protección óptima de los mismos.

La apariencia dorada del latón aporta, además, un alto valor añadido estético a nuestros perfiles, dotando de elegancia y exclusividad a los espacios donde se instala. Las familias de producto Novosuelo, Novocanto<sup>®</sup>, Novolistel<sup>®</sup>, Novojunta<sup>®</sup> y Novosepara, cuentan con productos fabricados en latón disponibles.

### Limpieza y mantenimiento

El latón, de forma natural, adquiere un color marrón apagado en contacto con el aire. Para su limpieza existen varios productos en el mercado que se pueden utilizar, si bien en ocasiones puede hacerse con ácido natural frotando con pulpa de limón con sal. Algunos de estos productos son:

- *Lustradores*: Mantienen el brillo del latón. Estos productos no dejan olor en las manos y son muy sencillos de utilizar. Para su aplicación, se humedece un paño con el producto y se frota la pieza hasta que se haya eliminado la capa superficial decolorada y a continuación se pasa un paño seco para un acabado perfecto.
- *Abrillantadores*: Recuperan el brillo de las piezas de latón parcialmente oxidadas. Dado que pueden ennegrecer las manos, es necesario seguir las instrucciones detalladas de utilización del producto. Existen versiones con alto contenido en silicio que son más efectivas que las habituales.
- *Desoxidantes*: Recuperan piezas muy oxidadas o engrasadas. Son productos bastante fuertes y corrosivos cuyas instrucciones de uso deben seguirse de forma estricta. Se recomienda el uso combinado de lana de acero fina para ayudar a desincrustar, procurando no ejercer mucha presión para no rayar el material. Tras la aplicación del producto se puede aplicar abrillantador o lustrador para un mejor acabado.
- *Barnices*: Son productos específicos para estos metales que recubren el material para evitar el deterioro de su aspecto por oxidación.

### Recuperación de un perfil de latón

Para recuperar o reparar un perfil de latón que ha perdido su aspecto inicial, prepare la superficie colocando material protector a ambos lados del perfil. A continuación, puede seguir los siguientes pasos:

#### - Preparación de la superficie

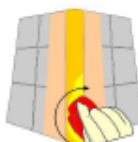


Para la aplicación de productos reparadores la superficie debe estar convenientemente preparada, especialmente si está oxidada parcial o totalmente. Para ello, aplique un desoxidante con pincel o lana de acero de grado medio, deje actuar el producto y aclare con agua hasta que la superficie esté limpia.

A continuación repase la superficie con lana de acero de grano fino, teniendo cuidado de no rayar el material. Finalmente, seque bien la superficie para evitar una nueva oxidación.

#### - Pulido y abrillatado

Una vez que la superficie ya ha sido preparada, se procede al pulido y abrillatado de la misma para obtener el máximo brillo posible.

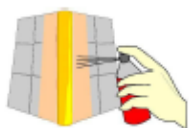


Para la aplicación del material, use un trapo o una muñequilla de algodón y extienda el producto por toda la superficie del perfil. Es recomendable aplicarlo realizando movimientos circulares y repetir la operación tantas veces como sea necesario hasta obtener el resultado deseado.

Una vez que el producto se haya secado, aplique el lustrador con un trapo limpio u otra muñequilla de algodón, frotando enérgicamente mediante movimientos circulares.

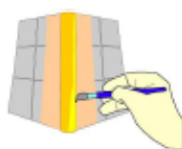
## - Barnizado

Existen en el mercado diferentes opciones de lacas o barnices específicos para metales en función de su modo de aplicación:



- *Barnizado con spray*: Para aplicar este tipo de barnizado, ponga especial atención a las instrucciones de uso especificadas en el envase.

Pulverice el spray a una distancia de aproximadamente 25 cm. del perfil. No lo aplique a una distancia menor ni en gran cantidad ya que se pueden formar gotas que, al secar, dejarán un mal acabado. Una vez la primera capa esté seca, repita el proceso.



- *Barnizado con pincel*: Use un pincel grande y suave específico para la aplicación de barnices o lacas. Aplique el barniz de forma uniforme, evitando dar varias pasadas a una misma zona. Aplique una segunda capa tras aproximadamente 8 horas de secado. Para un resultado óptimo, puede aplicar una tercera capa.

Asegúrese de no dejar trazos de pincel sobre la superficie del perfil, pues podrían dar una apariencia poco uniforme al perfil.



Finalmente, retire el material protector que había colocado al principio del proceso. Este ejemplo es un procedimiento que no exige del correcto uso de los productos indicado en sus instrucciones de uso. Asegúrese de usar siempre materiales específicos y de buena calidad.

## Enlaces de interés

- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- [www.barradelaton.com](http://www.barradelaton.com)
- [www.emac.es](http://www.emac.es)

## Información Técnica



Puede ampliar información sobre las características técnicas de los productos de Emac® descargando su ficha técnica en [www.emac.es](http://www.emac.es). Si tiene alguna consulta no dude en contactar con nuestro Departamento Técnico en [otecnica@emac.es](mailto:otecnica@emac.es).

En [www.emac.es](http://www.emac.es) puede descargar el Manual Técnico de perfiles donde encontrará información sobre todas las gamas de producto: características, aplicaciones, consejos de limpieza y mantenimiento, normativas y ordenanzas que les afectan y otra información de interés.



## BRONCE ESTAÑO SAE 65 (Colada Continua)

### CARACTERÍSTICAS MECANICAS

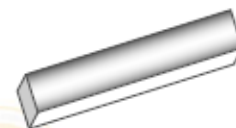
TENSION MIN.	% ALARGAMIENTO EN 5 cm.	DUREZA BRINELL	DENSIDAD (Kg./dm <sup>3</sup> )	PLASTICIDAD CEDENCIA MIN
35,000	10	80-90	8.75	16.00

### COMPOSICIÓN QUIMICA CORRESPONDE O ES SIMILAR A:

METAL	MIN. %	MAX %	A.S.T.M.	B-159 (D)
Cu	89	91		
Sn	9	11	CDA	907
Pb.	0	0.5	C	90700
Zn	0.00	0.5		

### APLICACIONES GENERALES

*CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES. Conocidos como Bronces de engranes y coronas resistentes a la corrosión. Adecuado para válvulas y cajas de bombas, cojinetes, tornillo sin fin, cuando el servicio es pesado y es necesario un bronce muy duro para mediana velocidad.*



EJE 126, No. 270, ZONA INDUSTRIAL, CP.78395  
TEL (444)8240191, FAX(444)8240889, SAN LUIS POTOSI, S.L.P.  
ventas@broposa.com, www.broposa.com

Composición Química

Análisis típico en %	Zn	Mg	Cu
	6.0	2.4	1.6

PROPIEDADES DE ALEACION

Propiedades mecánicas	Espesor en mm	Valores Mínimos			Valores Típicos			
		Rm Mpa	Rp 0.2 Mpa	A %	Rm Mpa	Rp 0.2 Mpa	A %	HB
Los valores indicados en la tabla se han medido a 1/4 de espesor	25 < A ≤ 76.2	560	510	5	590	540	10	190
	76.2 < A ≤ 127	550	500	4	580	530	6	185
	127 < A ≤ 152.4	540	490	2.5	570	520	4	185
	152.4 < A ≤ 203.2	525	480	1	555	510	2	180
	203.2 < A ≤ 254	505	460	1	535	490	1.5	180
	254 < A ≤ 305	470	435	0.5	510	470	1.5	175

\*Nota: los valores indicados en la tabla se han medido de 1/4 de espesor

PROPIEDADES FISICAS

Propiedades Físicas	
Peso específico Kg/dm <sup>3</sup>	2.83
Dilatación térmica entre (0-100°C)	23.7 10 <sup>-6</sup> /°C
Conductividad térmica (0-100°C)	153 (W/m°C)
Calor específico(0-100°C)	857 J/kg °C
Módulo de elasticidad	73.000 MPa
Módulo de compresión	73.000 MPa
Coefficiente de "Poisson"	0.33
Intervalo de fusión	475 – 630 °C

Propiedades de utilización		
<b>Soldadura</b>	Ajuste (mig o tig) Recarga(tig)	Evitar Bueno
<b>Mecanizado</b>	Fragmentación de viruta Brillo superficial	Bueno Muy Bueno
<b>Anodización</b>	De protección De brillo De dureza	Aceptable Evitar Muy Bueno

#### APLICACIONES

Moldes para inyección y soplado de termoplásticos, porta-utillaje de corte, conjuntos mecánicos.

Aplicaciones en termoformado. Fabricación de moldes para suelas de zapatos. Fabricación de repuestos mecánicos tales como poleas y piñones. Aplicaciones diversas en la industria aeronáutica.

#### NOTA:

No se recomienda hacer ningún tipo de tratamiento térmico a esta aleación

### Anexo C. Listado de piezas comerciales

Lista Oring			
Referencia pieza	Cant.	Ø int.	espesor
980-01-02-04	1	21	1,5
980-01-03-11	1	10	1
980-01-03-12	1	18	1
980-01-03-13	1	19	2
980-01-03-15	1	12	2
980-01-06-01	1	18	1,8
980-01-06-03	1	10	2,5
980-02-09	1	6,5	1

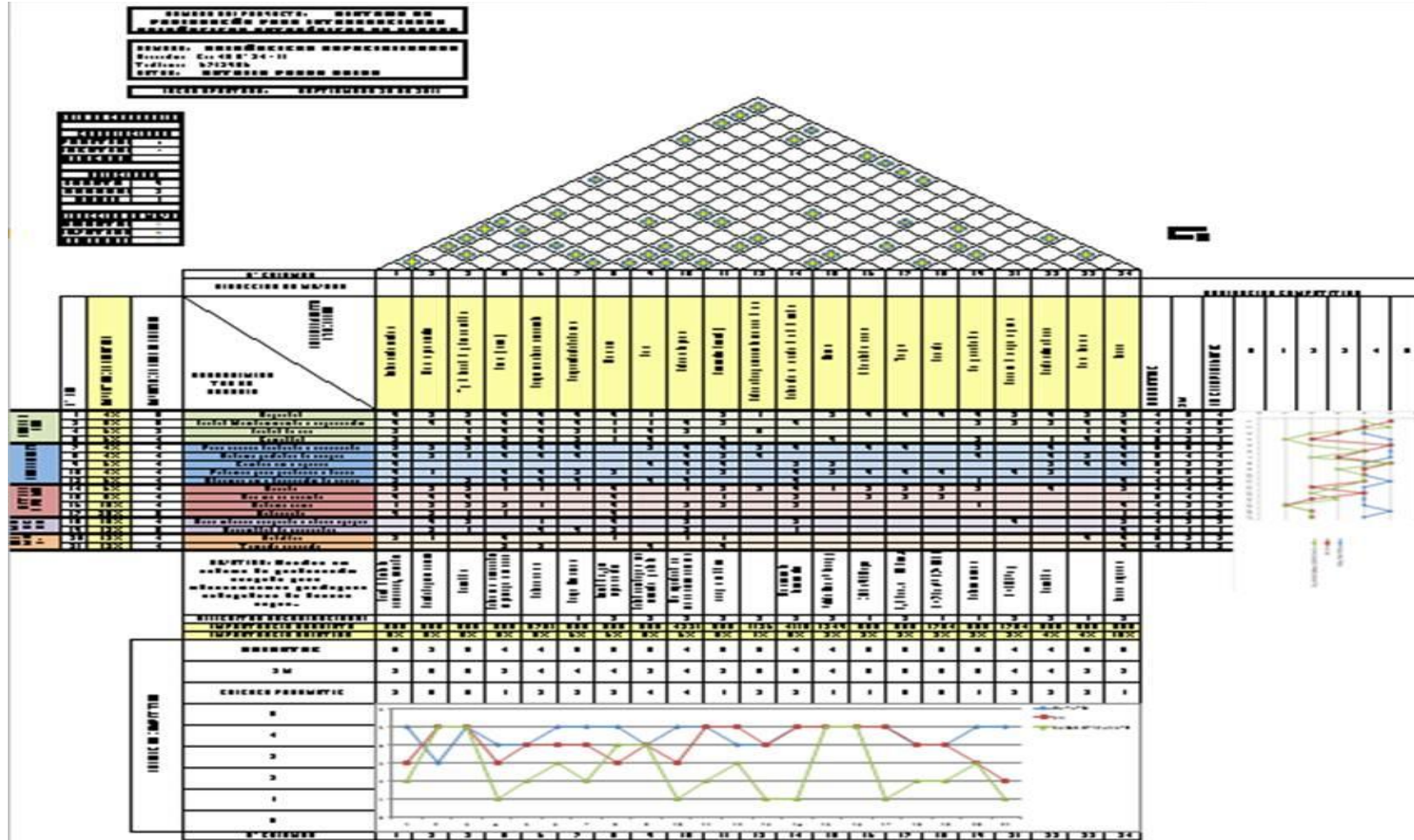
Lista de anillos de retención						
Referencia pieza	Cant.	Ref. comercial	interior	exterior	agujero/eje	espesor
980-01-01-02	2		X		30	1,3
980-01-04-01	1			X	7	0,8
980-01-04-14	2			X	12	1
980-02-11	2			X	9	1

Lista de rodamientos					
Referencia pieza	Cant.	Ref. comercial	Ø interior	Ø exterior	espesor
980-01-02-05	1	7R4	6,35	15,875	4,96
980-01-02-12	1	R3MC3 sinsello	4,763	12,7	3,969
980-01-04-03	4	SKF 61802	15	24	5
980-02-03	2	SKF 61800	10	19	5
980-02-13	2	SKF W62892Z	9	17	5

Lista de retenedores					
Referencia pieza	Cant.	Ref. comercial	Ø interior	Ø exterior	espesor
980-01-04-06	1		7	13	3
980-01-05-05	1		17	23	3

Otros			
Referencia pieza	Cant.	Nombre	Detalle
980-01-03-03	2	Prisionero	M3x0,5
980-01-03-05	1	Resorte tope	Según muestra
980-01-03-06	1	Esfera	Ø 2,38
980-01-05-04	1	Resorte	Según muestra
980-02-01	1	Mandril Jacobs	

# Anexo D. QFD



## Anexo E. Catalogo Motores IR

Catalogo de Motores Neumaticos Ingersoll Rand

Para mayor información ver catalogo en la pagina web

[www.ingersollrandproducts.com](http://www.ingersollrandproducts.com)

142

### Air Production Drills

Pistol Grip

#### 1 Series

*1 Series drills combine proven quality and performance with economy for day-in day-out production drilling.*

##### Features

- Stall Torque: 20 – 100 in-lbs (2.3 – 11.3 Nm)
- Speeds: 600 – 3800 rpm
- Power: 0.15 – 0.19 hp
- Double row ball bearings construction assures max TIR of 0.005" for precise, concentric holes
- Variable speed control allows slow starting and high speed for fast drilling
- Excellent power-to-weight ratio gets the job done with less fatigue

##### Service and Accessories

###### Manuals:

- 1657 2760
- 1657 2661
- 1657 2059

###### Accessories:

Horizontal hanger: 3RA-365  
Chuck: RCH-99  
Spindle accessories, see page 185

###### Kits:

Tune-up kit: 3A-TK2



Model	in-lbs (Nm)	rpm	lbs (kg)	in (mm)	in (mm)	in (mm)	cfm (L/min)
<b>TRIGGER START</b>							
1P985T4	20.4 (2.3)	3,800	1.4 (0.6)	6.3" (159)	1/4" (6.0)	0.7" (17)	11 (311)
1AL1	15 (1.7)	2,800	1.4 (0.6)	6.3" (159)	1/4" (6.0)	0.7" (17)	11 (311)
1P095T4	67.3 (7.6)	900	1.5 (0.7)	6.7" (171)	1/4" (6.0)	0.7" (17)	11 (311)
1P065T4	100 (11.3)	600	1.5 (0.7)	6.7" (171)	1/4" (6.0)	0.7" (17)	11 (311)

Model	HP	dBa	Chuck	Chuck Size
1AL1	0.15 hp	73 dba	1/4" NPT	1/4" (6 mm)
1P	0.19 hp	73 dba	1/4" NPT	1/4" (6 mm)

## Air Production Drills

### Pistol Grip

### 20 Series

20 Series drills offer impressive power-to-weight ratio in a classic, comfortable design.

#### Features

- Stall torque: 2.4 – 106.8 in-lbs (0.3 – 12 Nm)
- Speeds: 400 – 22,000 rpm
- Power: 0.25 hp (0.18 kW)
- High-performance motor delivers increased speed and power for fast, smooth hole drilling
- Ergonomically correct handle styling and lightweight, compact size enhance operator comfort
- Responsive two-stage trigger provides optimum control when starting a hole
- Excellent power-to-weight ratio gets the job done with less fatigue



DG021B-33-A

#### Service and Accessories

##### Manuals:

- 49999065
- 49999471

##### Accessories:

- Horizontal hanger: 3RA-365
- Suspension bail: 47795
- Spindle accessories, see page 185
- Swivel air inlet, see page 186

##### Kits:

- Service kit: 47755

Model	in-lbs (Nm)	rpm	lbs (kg)	in (mm)	in (mm)	in (mm)	cfm (L/min)
<b>DC TRIGGER START</b>							
DG022B-50-A	7.2 (0.8)	5,000	1.5 (0.7)	5.7" (146)	1/4" (6)	0.7" (17)	15 (420)
DG022B-26-A	14.4 (1.6)	2,600	1.5 (0.7)	5.7" (146)	1/4" (6)	0.7" (17)	15 (420)
DG022B-26-P	14.4 (1.6)	2,600	1.5 (0.7)	5.7" (146)	*	0.7" (17)	15 (420)
DG022B-15-A	25.2 (2.8)	1,500	1.6 (0.8)	6.1" (155)	1/4" (6)	0.7" (17)	15 (420)
DG022B-15-B	25.2 (2.8)	1,500	1.6 (0.8)	6.1" (155)	3/8" (10)	0.7" (17)	15 (420)
DG022B-15-L	25.2 (2.8)	1,500	1.6 (0.8)	6.1" (155)	3/8" (10)**	0.7" (17)	15 (420)
DG022B-15-P	25.2 (2.8)	1,500	1.6 (0.8)	6.1" (155)	*	0.7" (17)	15 (420)
DG022B-8-A	49.2 (5.5)	800	1.6 (0.8)	6.1" (155)	1/4" (6)	0.7" (17)	15 (420)
DG022B-8-B	49.2 (5.5)	800	1.6 (0.8)	6.1" (155)	3/8" (10)	0.7" (17)	15 (420)
DG022B-8-P	49.2 (5.5)	800	1.6 (0.8)	6.1" (155)	*	0.7" (17)	15 (420)
DG022B-4-A	96 (11)	400	1.6 (0.8)	6.1" (155)	1/4" (6)	0.7" (17)	15 (420)
DG022B-4-P	96 (11)	400	1.6 (0.8)	6.1" (155)	*	0.7" (17)	15 (420)

\* No Chuck  
\*\* Keyless Chuck: 3/8" (10 mm)

(continued next page)

Series	Icon	Icon	Icon	Icon	Icon
20	0.25 hp	76 dba	1/4" NPT	5/16" (8mm)	3/8"-24*

## Drills and Tappers



### Drill Selection

Making sure you have the right tool for the right job is essential for effective drilling with consistent quality. Selecting a portable air drill involves two primary considerations:

- 1 The material and hardness.
- 2 The size of the hole to be drilled.

In general, a smaller, high-speed drill is most appropriate for smaller holes and softer materials, such as wood or aluminum. For larger holes and harder materials, a more powerful tool with slower speeds is required to prevent stalling and bit damage.

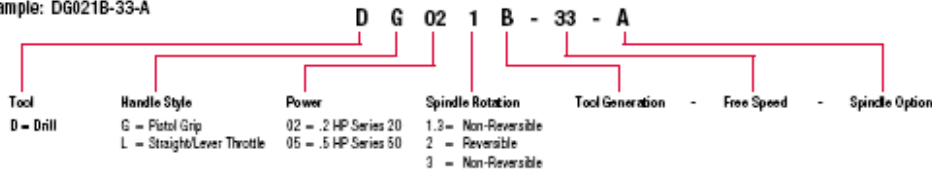
### Getting The Most From Your Drill:

To maximize your drill's output, you must use the right accessories. Always keep in mind that the force you apply on the drill will affect how fast the tool drills.

The more you push down, the slower the tool will work. The most you ever want your drill to slow down is 25 to 50 percent of its free speed, so be aware of the amount of pressure you are applying.

### Model Identification Guide Series 20/50

Example: DG021B-33-A



### Recommended Cutting Speed Range - RPM

This chart lists the recommended surface speeds for popular materials with suggested spindle speeds for various hole sizes. These recommendations are intended only as a guide for determining appropriate drill size and speed. Proper tool selection for a specific application must also take into account the operator,

the type of bit used, the amount of compressed air available, as well as other factors. Where there is a choice between ARO Series 20 and 50 drills of about the same speed, final selection is made by preference of a smaller, lighter drill, or a more powerful model to maintain speed under load.

Material	S.F.M. <sup>(1)</sup>	Hole Diameter							
		1/16"	1/8"	3/16"	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"
		1.5 mm	3 mm	5 mm	6 mm	8 mm	9.5 mm	11 mm	13 mm
Steel Alloy (300-400 Brinell)	20-30	1250-1800	600-900	400-600	300-450	250-350	200-300	175-250	150-225
Stainless Steel / Cast Iron (hard)	30-40	1800-2500	900-1200	600-800	450-600	350-500	300-400	250-350	225-300
Steel Forgings	40-50	2500-3100	1200-1500	800-1000	600-750	500-600	400-500	350-425	300-400
Tool Steel (Annealed .90-1.20 Carbon)	50-60	3100-3700	1500-1800	1000-1200	750-900	600-700	500-600	425-525	400-450
Steel (.40-.50 Carbon)	70-80	4300-5000	2100-2500	1400-1600	1050-1200	850-1000	700-800	600-700	525-600
Cast Iron (med.-hard)	70-100	4300-6000	2100-3000	1400-2000	1000-1500	850-1200	700-1000	600-900	500-800
Bronze, High-Tensile Strength	70-150	4300-9000	2100-4500	1400-3000	1000-2300	850-1800	700-1530	600-1300	500-1200
Malleable Iron	80-90	5000-5500	2500-2800	1600-1800	1200-1400	950-1100	800-900	700-800	600-700
Mild Steel (.20-.30 Carbon)	80-110	5000-6700	2500-3400	1600-2300	1200-1700	950-1350	800-1150	700-1000	600-850
Cast Iron (soft) / Plastic	100-150	6000-9000	3000-4500	2000-3000	1500-2300	1200-1800	1000-1530	900-1300	800-1200
Aluminum / Brass / Bronze	200-300	12000-18000	6000-9000	4000-6000	3000-4500	2400-3700	2000-3000	1700-2600	1500-2300
Magnesium	250-400	15500-25000	7500-12000	5000-12000	3800-6100	3000-4900	2500-4000	2200-3500	1900-3000
Fiberglass / Wood	300-400	18000-25000	9000-12000	6000-8200	4600-6100	3700-4900	3000-4000	2600-3500	2300-3000

Note: Actual drilling or cutting rpm will be approximately 75% of the rated free speed of a tool. (1) S.F.M. - Surface feet per minute

## Pistol Grip Drills Drills and Tappers

**Torque Output: 0.2 to 29 ft-lbs (0.3 to 39 Nm)**  
**Power: 0.25 hp / 0.55 hp (0.34 / 0.73 kW)**



DG021B-33-A



DG051B-15-B

### Pistol Grip Drills

Non Reversible Models	Free Speed rpm	Stall Torque ft-lbs Nm	Reversible Models	Free Speed rpm	Stall Torque ft-lbs Nm	Spindle Offset in. mm	Length in. mm	Weight lbs kg	Spindle Thread Male	@ Free Speed Air Cons. cfm L/s	Sound Level dB(A)
<b>Series 20</b>											
DG021B-220-(-)	22,000	0.2 0.3	DG022B-170-(-)	17,000	0.2 0.3	0.66 17	5.7 146	1.5 0.7	3/8"-24	15 7	76
DG021B-64-(-)	6,400	0.7 1.0	DG022B-50-(-)	5,000	0.6 0.8	0.66 17	5.7 146	1.5 0.7	3/8"-24	15 7	76
DG021B-33-(-)	3,300	1.3 2.0	DG022B-26-(-)	2,600	1.2 1.6	0.66 17	5.7 146	1.5 0.7	3/8"-24	15 7	76
DG021B-19-(-)	1,900	2.3 3.0	DG022B-15-(-)	1,500	2.1 2.8	0.66 17	6.1 155	1.6 0.7	3/8"-24	15 7	76
DG021B-10-(-)	1,000	4.5 6.0	DG022B-8-(-)	800	4.1 5.5	0.66 17	6.1 155	1.6 0.7	3/8"-24	15 7	76
DG021B-5-(-)	500	8.9 12.0	DG022B-4-(-)	400	8.0 11.0	0.66 17	6.1 155	1.6 0.7	3/8"-24	15 7	76
<b>Series 50</b>											
DG051B-180-(-)	18,000	0.7 1.0	DG052B-170-(-)	17,000	0.6 0.8	0.9 22	6.8 171	2.3 1.1	3/8"-24	25 12	78
DG051B-52-(-)	5,200	2.4 3.0	DG052B-50-(-)	5,000	2.0 2.7	0.9 22	6.8 171	2.3 1.1	3/8"-24	25 12	78
DG051B-33-(-)	3,300	3.5 5.0	DG052B-30-(-)	3,000	2.8 3.8	0.9 22	6.8 171	2.3 1.1	3/8"-24	25 12	78
DG051B-27-(-)	2,700	4.1 5.5	DG052B-25-(-)	2,500	3.3 4.8	0.9 22	6.8 171	2.3 1.1	3/8"-24	25 12	78
DG051B-15-(-)	1,500	8.0 11.0	DG052B-15-(-)	1,500	6.4 8.7	0.9 22	7.5 189	2.7 1.2	3/8"-24	25 12	78
DG051B-11-(-)	1,100	9.5 13.0	DG052B-10-(-)	1,000	7.6 10.0	0.9 22	7.5 189	2.7 1.2	3/8"-24	25 12	78
DG051B-6-(-)	600	17.0 23.0	DG052B-6-(-)	600	14.0 19.0	0.9 22	7.5 189	2.7 1.2	3/8"-24	25 12	78
DG051B-4-(-)	400	29.0 39.0	DG052B-4-(-)	400	23.0 31.0	0.9 22	7.5 189	2.7 1.2	3/8"-24	25 12	78

• Most popular model.  
 Air Inlet – 1/4" NPTF Recommended Air Pressure – 90 PSI (6.2 bar) Recommended Hose Size – 3/16" (8 mm) I.D.

### Ordering Information

Specify the Base Model Number having the desired speed from the specification chart above. Add the appropriate Dash Letter to indicate the desired spindle option from the chart below.

Example: DG021B-19-A

### Spindle Options

Dash Letter	Spindle Option	Series 20 Models Free Speed						Series 50 Models Free Speed								
		Non-Reversible	500	1000	1900	3300	6400	22000	400	600	1100	1500	2700	3300	5200	18000
A	1/4" (6 mm) Cap. Chuck	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
B	3/8" (9 mm) Cap. Chuck	•	•	•	NR	NR	NR	•	•	•	•	•	•	•	•	NR
L <sup>1</sup>	3/8" (9 mm) Cap. Keyless Chuck	NR	•	•	NR	NR	NR	NR	NR	•	•	•	•	•	•	NR
P	3/8" – 24 Male Thread	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Q	1/4" Hex Quick-Change Chuck	•	•	•	•	•	NR	•	•	•	•	•	•	•	•	NR

• Indicates the model speeds on which a particular spindle option is available. NR indicates that the spindle option is not recommended for a particular speed tool.  
 (1) Note: Keyless Chuck is only available on reversible models.

## Anexo F. Mecanismos

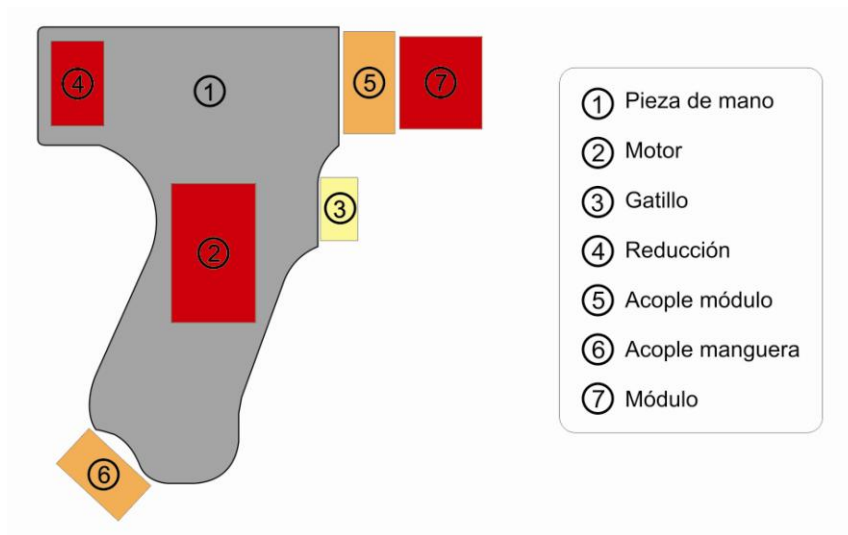
Proyecto: **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PERFORACIÓN NEUMÁTICO PARA INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS ORTOPÉDICAS EN HUESOS LARGOS.**

Autor: **NATALIA PRADA**

### **SOBRE LOS MECANISMOS**

Teniendo en cuenta la distribución de los componentes del sistema de perforación seleccionada (figura 1) se realizó la adaptación de los mecanismos en detalle.

Figura 1. Distribución de los componentes en la propuesta final



Fuente: Autor

### **Propuesta del mecanismo del sistema de perforación**

Un aspecto primordial para la propuesta global del mecanismo era la selección del motor neumático que se utilizaría en el sistema, este inicialmente se busco en el mercado a través de proveedores de motores de este tipo como Parker, Atlas

Copco, Chicago Pneumatic entre otros, encontrando en sus catálogos de productos motores neumáticos compactos, sin embargo las dimensiones que ofrecen estos proveedores no cumplían con las dimensiones requeridas.

Por ello se realizó un análisis detallado de los motores de los equipos con los que cuenta la empresa, y a partir de estos se selecciona el motor de uno de los perforadores por sus dimensiones y buen desempeño, el cual fue fabricado con la tecnología que cuenta la empresa y modificado de acuerdo a las necesidades de la propuesta de diseño.

El motor neumático seleccionado y rediseñado corresponde a un taladro industrial de marca IR (Ingersoll-Rand) con las siguientes características tomadas del catalogo del fabricante:

Modelo número: **DG022B-170** Reversible

Velocidad del motor: **17.000 rpm.**

Torque: **0.3 Nm.**

Presión de trabajo: **6.3 bares (90 Psi.)**

Del mismo modo fue selecciona y rediseñada una etapa de reducción de sistema de engranajes epicicloidales correspondiente a un equipo del mismo fabricante teniendo en cuenta los requerimientos dimensionales, técnicos y formales de la propuesta de diseño.

Modelo número: **DG022B-50** Reversible

La etapa de reducción seleccionada tiene una relación de reducción de velocidad de **3.43:1**, por medio del catalogo del producto, la inspección y medición de las piezas que componen el sistema planetario se determinan las siguientes características:

### **Corona**

Número de dientes:  $Z = 51$

$\emptyset$  exterior = 24.5

$\emptyset$  interior = 26.75

### **Piñón Sol**

Número de dientes:  $Z = 21$

$$\emptyset \text{ exterior} = 11.5$$

$$\emptyset \text{ interior} = 9.3$$

### **Piñones planetarios**

Número de dientes:  $Z = 15$

$$\emptyset \text{ exterior} = 8.5$$

$$\emptyset \text{ interior} = 6.33$$

Para corroborar que la relación del número de dientes de los piñones es correcta se aplicó la fórmula:

$$Z_{\text{corona}} = 2 \times Z_{\text{planetario}} + Z_{\text{sol}}$$

$$Z_{\text{corona}} = 2 \times 15 + 21$$

$$Z_{\text{corona}} = 51$$

A partir de los datos obtenidos se calculó el módulo y los diámetros primitivos según las fórmulas:

$$M = \frac{dp}{Z} = \frac{10.5}{21} = 0.5$$

### **Corona**

$$Dp = Z \times M = 51 \times 0.5 = 25.5$$

### **Piñón Sol**

$$Dp = Z \times M = 21 \times 0.5 = 10.5$$

### **Piñones planetarios**

$$dp = Z \times M = 15 \times 0.5 = 7.5$$

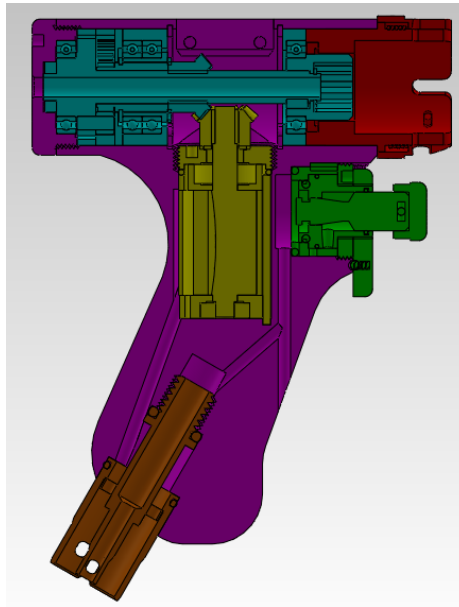
Una vez calculados los diámetros primitivos se obtuvo la distancia entre los ejes de los piñones:

$$\text{Distancia entre ejes} = \frac{Dp + dp}{2} = \frac{10.5 + 7.5}{2} = \mathbf{9}$$

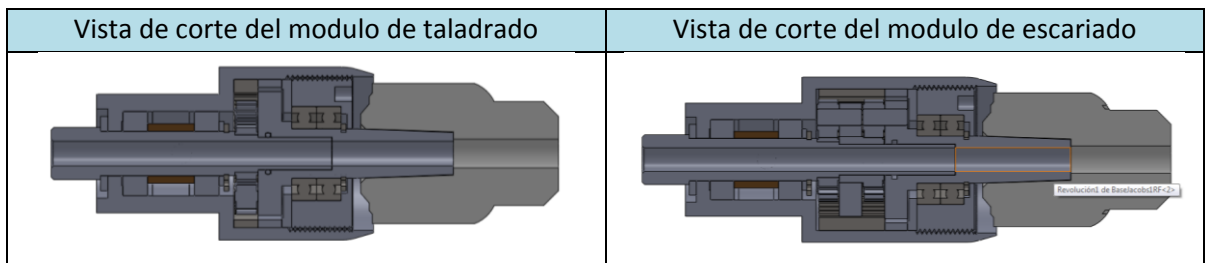
El ángulo de presión de los piñones es de 20°, el diámetro de la cara externa de la corona, el ancho de cara y el eje nominal de los piñones se adaptó para la propuesta de diseño.

A partir de los datos anteriores se modeló en SolidWorks cada pieza del mecanismo y se realizaron los planos técnicos para cada pieza para su fabricación.

Una vez fabricado el motor se realizó la prueba de velocidad del eje de salida medida con el tacómetro y se obtuvo que el motor arrojaba **11.000 Rpm.** y al adicionar la primera etapa de reducción se obtuvieron 2600 Rpm. lo que indica que la relación de reducción aumento **4,2:1**



La pieza de mano cuenta con una etapa de reducción, pero en vista de que esta no es suficiente para cumplir con los requerimientos de las velocidades para taladrado y escariado, el módulo de taladrado cuenta con una reducción más arrojando así **659 Rpm.** y el módulo de escariado cuenta con dos reducciones más arrojando **148 Rpm.**



Otros componentes para el mecanismo de transmisión son los piñones cónicos rectos, su diseño esta normalizado y fueron seleccionados del fabricante de engranajes BEA, los principales criterios para su selección fueron que la relación de transmisión fuera **1:1** y que sus dimensiones fueran las apropiadas para la propuesta, ver figura



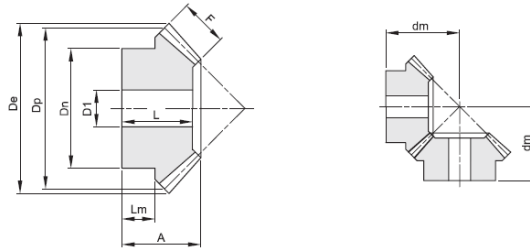
## ENGRANAJES CONICOS DENTADO RECTO TIPO "A"

CONICAL STRAIGHT TOOTHED GEARS TYPE "A"

RELACION **1:1**

ANGULO DE PRESION  $20^\circ$

ANGULO ENTRE EJES  $\Sigma = 90^\circ$



Material C43 UNI 7847

modulo	dientes	De	Dp	A	F	Dn	D1	dm	L	Lm	Kg.
1,5	16	26,1	24,0	18	8	18	8	23,8	17	8,9	0,03

### Descripción del mecanismo

El aire comprimido entra por el acople de la entrada de aire a través de la manguera del suministro, este fluye por los conductos del mango hasta llegar al gatillo en donde se genera la cámara de aire comprimido, al accionar el gatillo este permite el paso de aire al motor (dependiendo de la posición de la perilla del gatillo el aire fluye por diferentes conductos hasta el motor cambiando así el sentido de giro del motor), que gira en posición vertical y es solidario con el piñón cónico, este ultimo le transmite en movimiento al otro piñón cónico a  $90^\circ$ , a su vez el piñón cónico horizontal es solidario con el piñón sol de la primera etapa de reducción, este pone en movimiento el sistema planetario quien trasmite a través del eje una segunda velocidad reducida, esta segunda velocidad es la transmitida a cualquiera de los módulos a allí es reducida una vez más por las etapas de reducción que tiene cada modulo.

## **Anexo G. Manual de uso**

### **SISTEMA DE PERFORACIÓN NEUMÁTICO PARA INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS ORTOPÉDICAS EN HUESOS LARGOS**

#### **CARACTERÍSTICAS GENERALES**

El sistema de perforación QUIRUTEK es una herramienta neumática utilizada para cirugías ortopédicas de huesos largos (húmero, cúbito, radio, fémur, tibia y peroné) y está destinado a ser usado por cirujanos especialistas.

El sistema de perforación QUIRUTEK funciona con aire o nitrógeno comprimido y cuenta con las funciones de avance y retroceso.

El sistema de perforación QUIRUTEK consta de una pieza de mano modular al que pueden conectarse el módulo de taladrado y el módulo de escariado QUIRUTEK.

#### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

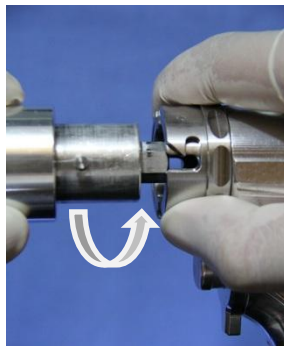
- Pieza de mano esterilizable en autoclave.
- El peso de la pieza de mano es de 790 gr. sin módulo.
- La pieza de mano neumática utiliza una conexión neumática universal para manguera neumática flexible universal (3m o 5m).
- Motor neumático de paletas de alto rendimiento
- Dispositivo de avance (rotación hacia la derecha) y retroceso (rotación hacia la izquierda)
- Posición de bloqueo de seguridad
- Gatillo de disparo progresivo
- Dimensiones: 108x150x35
- Presión de trabajo: 6 a 8 bares (87 a 116 Psi.)

- Velocidad variable: 650 y 150 rpm aprox. Según módulo
- Cánula: 5 mm.

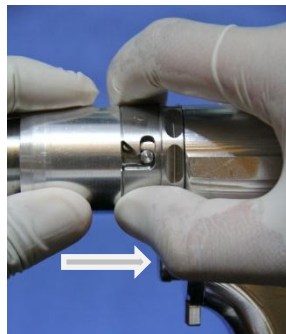
## PASOS PARA EL FUNCIONAMIENTO

- Para conectar y desconectar los módulos

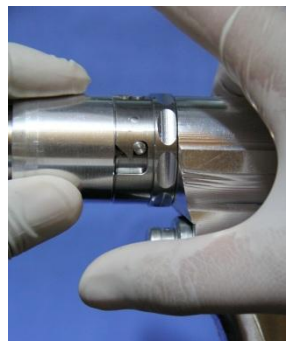
1. Gire hacia la izquierda el acople módulo



2. Sin soltar el acople introduzca el módulo hasta el tope



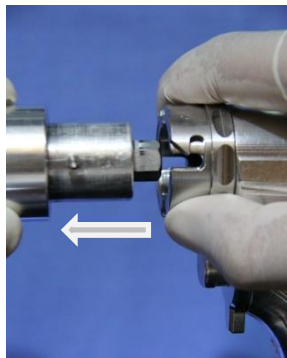
3. Suelte el acople módulo



4. Gire hacia la izquierda el acople módulo



5. Retire el módulo



- Para conectar y desconectar la manguera del suministro de aire

1. Introduzca la manguera



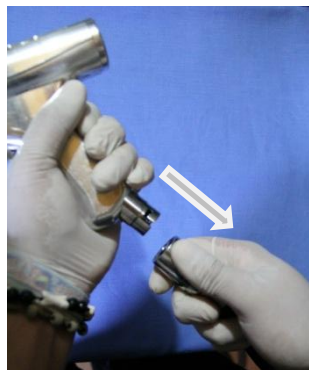
2. Gire el acople de la manguera hacia la derecha



3. Gire el acople de la manguera hacia la izquierda

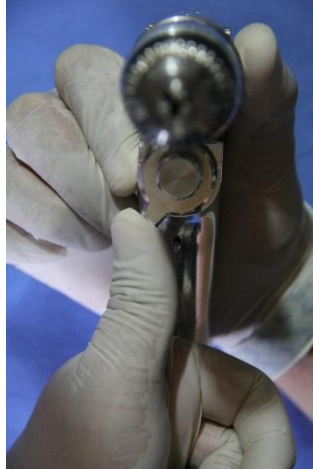


4. Retire la manguera

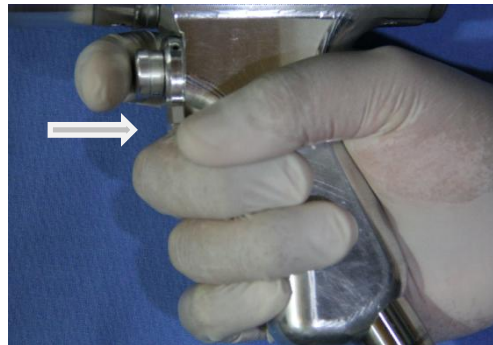


- Para arrancar el motor neumático en avance o retroceso.

1. Gire la perilla situada detrás del gatillo en sentido horario hasta el tope para el avance de la herramienta.



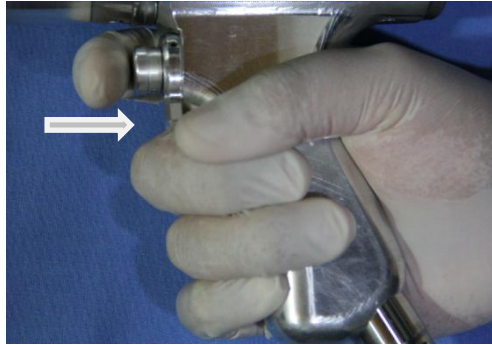
2. Presione el gatillo



3. Gire la perilla situada detrás del gatillo en sentido antihorario hasta el tope para el retroceso de la herramienta.



#### 4. Presione el gatillo



- Para bloquear el motor neumático.

1. Ubique la perilla situada detrás del gatillo en el centro de la pieza de mano para bloquear el paso de aire al motor.



#### SERVICIO TÉCNICO

En caso de requerir mantenimiento del sistema de perforación o tener algún problema técnico, póngase en contacto con su distribuidor Quirúrgicos Especializados S.A.

#### PRECAUCIONES

Verifique que el sistema este trabajando a la presión adecuada para mantener la velocidad y el torque requeridos.

Revise periódicamente que la manguera esté siempre en buen estado general.

Sólo los profesionales médicos que estén muy familiarizados con el funcionamiento del equipo, la aplicación e instrucciones de uso deben operar el sistema de perforación QUIRUTEK.

Cuando no utilice la pieza de mano, seleccione la posición de seguro.

Utilice solamente la pieza de mano neumática, con módulos y herramientas de corte en buenas condiciones de trabajo.

El sistema de perforación debe ser esterilizado antes y después de su uso en cirugía.

Se recomienda humedecer continuamente los huesos cuando el motor está en uso.

Seleccione la dirección correcta de rotación para cada accesorio.

No haga presión sobre la manguera.

Por razones de seguridad, antes de cada uso asegúrese de que el módulo y la manguera están correctamente ubicados y aseguradas en la pieza de mano.

Se recomienda usar protección en los ojos cuando se opera el sistema de perforación.