



REDUCCIÓN DE INVENTARIOS DE IMPLANTES QUIRÚRGICOS MEDIANTE LA INTRODUCCIÓN DE IMPRESIÓN 3D

ALUMNO: CRISTIAN VACAREZZA

TUTOR: DIEGO ALTVARG

AÑO 2015

LUGAR: CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES



AGRADECIMIENTOS

A mis padres Héctor y Leonor, a mis hermanas Mariela y Cecilia y mi tutor Diego por su dedicación y paciencia...



RESUMEN

En la actualidad, los modelos de abastecimiento de implantes quirúrgicos sean éstos importados o de fabricación local, exigen mantener grandes cantidades de inventario. Para atender una cirugía en particular, es necesario disponer de todo el espectro de medidas de prótesis posibles según la anatomía particular de cada paciente. Para cada tipo de patología, sea por ejemplo de cadera, rodilla o columna; es necesario disponer de sets completos con más de 100 medidas de implantes diferentes según la patología que se trate.

Si bien una primera solución de la Industria fue la estandarización de éstas medidas, para acotar el universo de tamaños posibles; esta estandarización no se adapta 100% a las necesidades del paciente.

Por otro lado, por más optimización que se realice a la cadena de suministro, los tiempos de abastecimiento son muy superiores a los exigidos por el cirujano. Pues, la decisión de qué medida de implante utilizar, se toma horas antes o durante la cirugía y es necesario contar con el implante adecuado en ese momento. Un modelo de abastecimiento del tipo “a pedido” o como se lo llama comúnmente “make to order”; no es posible bajo el esquema clásico. Aún utilizando el medio de transporte más rápido: el avión; los tiempos de abastecimiento desde la colocación del pedido y su arribo pueden ser como mínimo de 60 a 90 días, principalmente debido a los tiempos de producción, preparación del pedido en origen, aprobaciones previas de la importación y turnos de retiro en la terminal aeroportuaria.

Como consecuencia de los largos tiempos de abastecimiento necesarios para disponer de una prótesis (60-90 días) y los tiempos de respuesta requeridos por el cirujano (horas); es necesario contar con altos niveles de inventario. No es posible prescindir éstos, ya que hay que hacer frente a tiempos de respuesta acotados, mix de medidas amplios y un alto nivel de servicio; pues el paciente se encuentra internado y preparado para una cirugía.

De qué manera podemos reducir o incluso eliminar los inventarios de implantes?. Cómo se puede obtener un alto nivel de servicio con inventario



cero, bajo este contexto?. Podemos pasar de un esquema de mantener inventarios a un esquema de “hecho a pedido”. Como se puede disminuir los tiempos de respuesta y mix de medidas? Es en este punto, donde la tecnología de impresión 3D de implantes quirúrgicos juega su rol disruptivo, modificando el paradigma actual de abastecimiento para éstos productos y en consecuencia alterando el planteo clásico de ésta Industria. De ser clásicos productores en masa de implantes, la impresión 3D de éstos permitirá acercar la producción al consumo al mismo tiempo que permitirá la customización del implantes a medida de cada paciente, evitando así los altos niveles de inventario necesarios en toda la cadena de abastecimiento.

Por último, la creciente oferta de materiales para imprimir, su costo decreciente y la posibilidad de intercambiar diseños de manera digital; facilita que un mayor número de personas puedan desarrollar sus propios diseños para aplicaciones médicas y comerciales

PALABRAS CLAVE: Inventarios, Producción, Abastecimiento, Implantes quirúrgicos, impresión 3D, Nivel de servicio, Lead time, Variaciones en la demanda

**INDICE**

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	3
PALABRAS CLAVE	4
INTRODUCCIÓN	6
OBJETIVO DE LA TESIS.....	8
HIPOTESIS.....	8
ESTRUCTURA Y METODOLOGÍA UTILIZADA.....	9
DESARROLLO TEÓRICO	10
CAPITULO I: GESTIÓN DE INVENTARIOS Y DE LA CADENA DE DISTRIBUCIÓN	10
CAPITULO II: PROCESOS DE PROTOTIPADO RÁPIDO	19
CAPITULO III: TÉCNICAS DE IMPRESIÓN PARA PROTOTIPADO RÁPIDO	22
CAPITULO IV: TENDENCIA DE LA IMPRESIÓN 3D PARA APLICACIONES MÉDICAS	27
DESARROLLO EMPÍRICO	30
CAPITULO V: APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE IMPRESIÓN 3D.....	30
CAPITULO VI: ABASTECIMIENTO DE IMPLANTES EN BBRAUN MEDICAL	36
CAPITULO VII: MODELOS DE ABASTECIMIENTO BASADOS EN IMPRESIÓN DE IMPLANTES 3D.....	54
CONCLUSIONES.....	72
BIBLIOGRAFIA.....	75, 76, 77
ANEXO.....	78,79,80,81,82,83, 84,85,86



INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la producción de implantes se encuentra centralizada en Plantas Industriales ubicadas alrededor del mundo, las cuales producen las diferentes medidas de prótesis estándar de forma masiva, desde donde luego se distribuyen a los distintos centros de consumo. Es decir, es un modelo clásico de producción en masa de medidas estándares. Esto les permite lograr economías de escala, puesto que deben producir grandes cantidades de una medida de prótesis en particular para abastecer el Globo.

El proceso de producción actual de implantes, consiste principalmente en la investigación y desarrollo de materiales biocompatibles, diseño de la prótesis, estandarización de medidas, producción (forjado en aleaciones de titanio y recubrimientos de materiales biocompatibles) y distribución logística a los centros de consumo.

Las características anatómicas del paciente por su parte, determinan la medida del implante a utilizar. En una cirugía de rodilla por ejemplo, será diferente la medida del implante de una tibia que se utilice en un paciente de origen alemán, que para un paciente de origen latino. Al mismo tiempo, será diferente si este paciente es hombre o mujer. Debido a la variedad de anatomías, razas, patologías y posturas naturales de los seres humanos, la Industria recurrió a la estandarización de prótesis, a fin de acotar el universo de medidas posibles.

Esta estandarización de medidas, dio origen a los kits de implantes los cuales para cada tipo de cirugía presentan un universo finito de medidas estándar potencialmente utilizables en una cirugía. Para cada tipo de patología, la Industria ha desarrollado sistemas de cirugías los cuales se componen de un Kit de instrumental adecuado para abordar el paciente y su correspondiente kit de implantes con todas las medidas estándares posibles.

Por otro lado, no es posible anticipar las medidas de los implantes a utilizar, hasta tanto se realice un diagnóstico por imágenes del paciente, o en algunos casos; incluso se realice el procedimiento quirúrgico (traumas de urgencia por ejemplo). Por esta razón, es necesario llegar a la cirugía con todo el espectro



de medidas de implantes posibles, a fin de que el cirujano pueda seleccionar la medida más adecuada en el momento de la intervención.

Esta variabilidad de la demanda de medidas de implantes, sumado a los tiempos necesarios para su producción y abastecimiento (lead times), impactan enormemente en los niveles de inventario de toda la cadena de suministro, necesarios para asegurar un buen nivel de servicio. El hecho de no contar con el espectro adecuado de medidas, deriva en que el cirujano tenga que suspender la cirugía con el consecuente riesgo para el paciente, o en casos de alto riesgo, definir utilizar una medida aproximada lo que puede dejar secuelas post operatorias.

Si bien cada país puede armar sus curvas de consumo de medidas centrales, es decir las más probables de utilizar; estas curvas son poco fiables y sólo sirven de orientación para definir una mayor o menor cobertura de inventario de seguridad de algunas medidas específicas. Por lo general esta aproximación se realiza de manera pragmática, tomando como base los consumos históricos pasados.

En la actualidad, se han desarrollado una amplia variedad de sistemas para intervenciones de rodilla, cadera o columna; cada una de las cuales a su vez tiene un espectro de medidas de implantes específico; lo cual hace muy complejo la planificación y optimización de inventarios dado la variedad de sistemas, medidas de las prótesis y el alto nivel de respuesta necesarios.

Los recientes avances en impresión 3D está haciendo posible la impresión de los más variados objetos. Si bien en un comienzo la impresión 3D se utilizaba para el prototipado de objetos con el fin de modelarlos antes de su producción Industrial; hoy en día es posible producir el objeto totalmente a través de la impresión 3D para su aplicación final.

Con softwares (incluso gratuitos) y partiendo de una imagen digitalizada del objeto, es posible transformar esta información en un lenguaje capaz de ser interpretado por la impresora 3D, de manera que ésta pueda imprimir en tres dimensiones el objeto en cuestión.



En el campo de la medicina en particular, ya se puede imprimir implantes en materiales o incluso metales biocompatibles; algo que hace unos años era impensado.

Si bien aún resta mucho desarrollo por delante, la capacidad de poder imprimir el implante en un tiempo mucho menor a lo que hoy se tarda en producirlo, sumado a la capacidad de poder imprimir la medida exacta de acuerdo a la anatomía del paciente; hace sentido pensar que la tecnología de impresión 3D revolucionará este tipo de Industrias y sus modelos de producción y abastecimiento de prótesis.

Objetivo de la Tesis

El presente trabajo propone una posible solución para disminuir los altos niveles de inventarios necesarios de implantes quirúrgicos, mediante la introducción de tecnología de impresión 3D.

De manera específica, se abordará el impacto directo en los tiempos de abastecimiento y su consecuencia directa en los niveles de inventario en la cadena de abastecimiento. De forma paralela, se demostrará como el problema del mix de medidas queda resuelto por la capacidad de imprimir los implantes a medida.

Finalmente se postulará un posible cambio de paradigma de la Industria de Producción de Implantes, como consecuencia de la evolución de la tecnología de impresión en 3D.

Hipótesis

Se busca demostrar de qué manera, el desarrollo de la tecnología de impresión 3D y su aplicación a implantes quirúrgicos; permite reducir los niveles de inventario necesarios para atender el mercado de cirugías actual.

Nos proponemos responder a las preguntas: ¿el nivel de inventario es menor si pudiera imprimir un implante in-situ en lugar de importarlo?, ¿es posible prescindir de inventarios aún imprimiendo en 3D?, ¿si resultara más económico imprimir que forjar un implante, que sucedería con el modelo actual de



producción/abastecimiento?; la Industria de implantes tal cual hoy, debería repensar su actual modelo de Producción?

Estructura y metodología utilizada

A partir del estudio de un caso real de una Empresa Alemana, se describirá el modelo actual de abastecimiento de implantes para cirugías. Específicamente se trabajará con un caso de implantes para cirugías de rodilla (sin producción local). Se mostrarán los actuales niveles de inventario necesarios, la complejidad de la planificación, variedad de medidas (mix) y niveles de servicio exigidos en el mercado argentino.

Se describirán las distintas tecnologías de impresión 3D desarrolladas en la actualidad y diversos ejemplos de casos de aplicación en el campo de la medicina y en particular en la fabricación de implantes.

A partir de la convergencia de la evolución de la impresión 3D de implantes y los modelos de abastecimientos; se abordará de que manera la posibilidad de poder imprimir en 3D los implantes impactará en los tiempos de abastecimiento de los modelos actuales y su consecuencia directa en los niveles de inventario de producto terminado en la cadena de abastecimiento.

A partir de los efectos demostrados en los niveles de inventario al final de la cadena, se inferirá de qué manera éste efecto, se amplificará aguas arriba en una red de producción y distribución centralizada como la actual.



DESARROLLO TEÓRICO

CAPITULO I: GESTIÓN DE INVENTARIOS Y DE LA CADENA DE DISTRIBUCIÓN

Proceso de Planeación de Ventas y Operaciones

La Planeación de las ventas y las operaciones es un proceso a través del cual las áreas de Ventas, Operaciones y Finanzas se ponen de acuerdo para alinear los objetivos de ventas con los recursos operativos y financieros (Chase, Jacobs & Aquilano, 2000). Es decir, el objetivo es equilibrar la demanda de los clientes con la oferta de recursos de la Empresa (Ej.: capacidad de producción y capital de trabajo).

El Proceso comienza con un Plan de Ventas elaborado por el área de Marketing, el cual es enviado al área de Operaciones. En base a éste, se determinen los productos a producir y/o comprar, teniendo en cuenta las restricciones de capital de trabajo (inventarios y liquidez) requeridos por el área de Finanzas.

Dependiendo del horizonte de planeación, podemos hablar de Planeamiento de Largo, Mediano o Corto Plazo. Un Plan de Ventas a 5 años vista, es de largo plazo y sirve a los efectos de Planificar los Recursos de Capacidad Instalada de la Empresa: nuevas plantas de producción y/o capacidad de proveedores. Normalmente este tipo de Planes de largo plazo se establecen para familia de productos que poseen similares necesidades de producción.

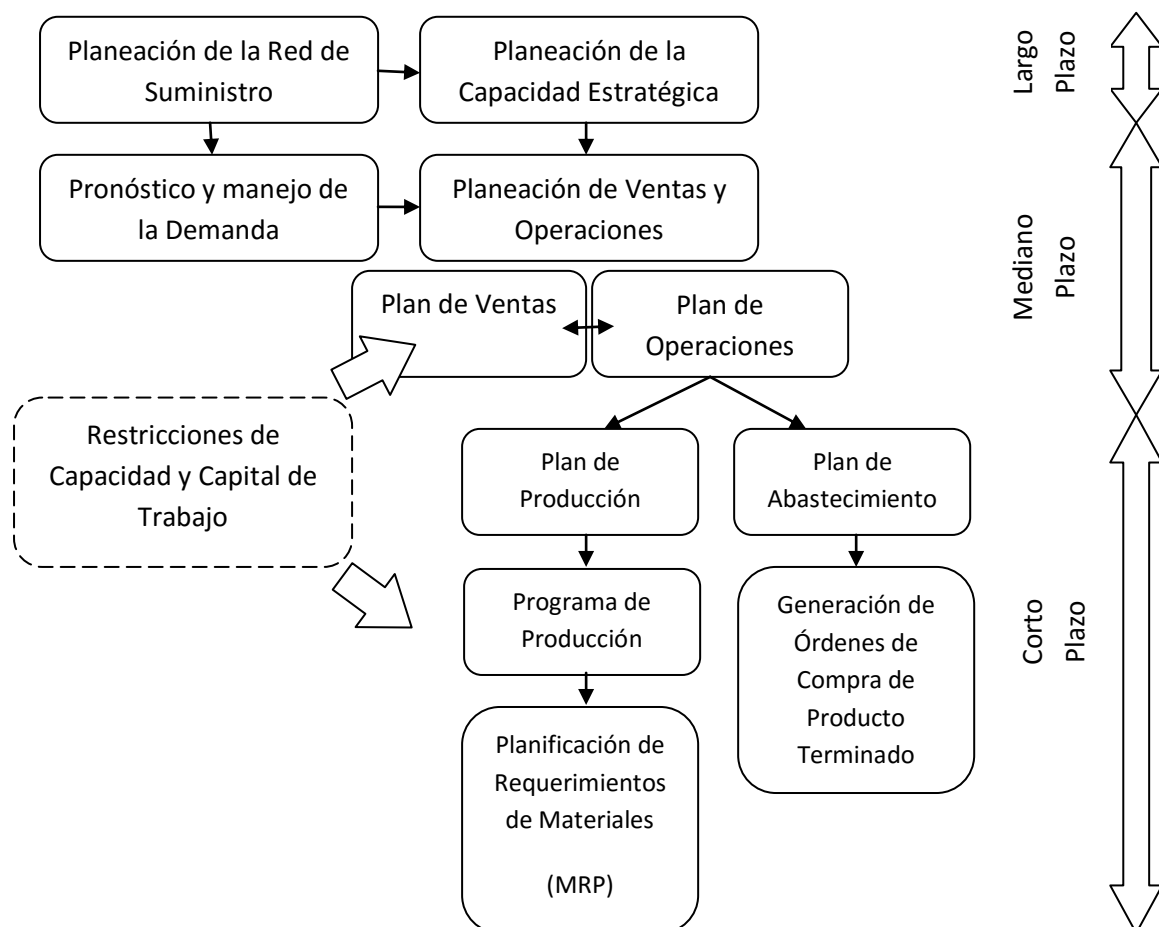
La planeación de largo plazo es también denominada planeación estratégica. Ésta no sólo se utiliza para determinar las capacidades productivas, sino que además y en forma paralela, se usa para definir desde el punto de vista Logístico la red de distribución que tendrán los productos. Es decir, la ubicación de las Plantas de producción, almacenes y tipo de transporte a utilizar.

La Planeación de mediano plazo, tiene un horizonte de planificación de 3 a 18 meses, y tiene por objetivo alinear tanto los objetivos de ventas con el presupuesto anual de la Empresa. A este nivel, es útil disponer de información

a nivel de cada producto aunque no es una condición necesaria, pudiendo realizarse una planificación por unidades de negocio.

Por último, tenemos la Planificación de corto plazo, la cual puede tener un horizonte de planificación que va desde 1 día (en la práctica a este horizonte se le denomina Programación) a 6 meses. El objetivo de este proceso es asignar recursos productivos y financieros para cumplir con los objetivos de ventas mensuales. En este caso es necesario contar con un Plan de Ventas a nivel de cada producto, de manera de poder planificar para cada caso los niveles de inventario necesarios y recursos productivos (por ejemplo necesidades de materias primas).

A partir de la Planeación de Operaciones de corto plazo, se establece el Programa de Operaciones; el cual detalla día a día cual será la secuencia de fabricación y/o las órdenes de compra para el abastecimiento de productos y materias primas (Chase *et al.*, 2000).



Gestión de Inventarios

Los inventarios son las existencias de una pieza o recursos (ej.: materia prima) utilizados en una Organización. La Gestión de Inventarios, refiere al conjunto de políticas y controles sobre el inventario, para definir los niveles necesarios, el tamaño de los pedidos y la frecuencia de reposición de éstos. Es así como, los inventarios podrán ser de producto terminado, semi-elaborado, materias primas, consumibles o partes.

Propósito de los Inventarios (Chase et al., 2000).

- Minimizar los setups entre estaciones de trabajo. Es decir que los inventarios permiten evitar el cambio en la configuración de una estación de trabajo para pasar de un producto a otro.
- Cubrir variabilidad de la demanda. Si fuera posible conocer con precisión el momento exacto y el tipo de producto que ordenará un cliente, no sería necesario mantener existencias.
- Cubrir la variabilidad de los tiempos de entrega de los proveedores. De igual forma, si un proveedor se atrasa o bien la producción posee una alta variabilidad, será necesario guardar existencias con el fin de amortiguar dichas variaciones y poder así cumplir con los clientes.
- Optimizar costos de producción y/o abastecimiento. En ocasiones, mientras mayor sea el tamaño del pedido o lote de fabricación, menores serán los costos. Por tal motivo quizá sea conveniente realizar pedidos que exceden la demanda y generan inventario, con el objetivo de optimizar los costos de abastecimiento y/o producción.

Costos del Inventario

- *Costos de Mantenimiento o Transporte:* incluye los costos de los almacenes, personal, seguros, daños, obsolescencia, depreciación, impuestos y costos de oportunidad del capital. Estos costos favorecen los niveles bajo de inventario y los pedidos frecuentes en lotes chicos.



- *Costos de Setup o cambio de configuración*: El costo de cambiar de configuración de una línea de producción para pasar de un producto a otro, hace que sea más conveniente producir lotes grandes lo que incrementa el costo de inventario. Si no hubiera costos de setups, se producirían lotes más pequeños.
- *Costos de pedidos*: se refieren a los costos incurridos para preparar el pedido de reposición. Incluye el costo de administración y oficina para colocar la orden de compra y/o producción.
- *Costos de Faltantes*: son los costos tangibles e intangibles de no poder entregar a los clientes por falta de existencias.

Modelos de Inventarios

Es usual clasificar la demanda en dos grandes grupos: Demanda Independiente y Demanda Dependiente (Chase *et al.*, 2000). La primera, es aquella en la cual la demanda de diferentes productos no está relacionada entre sí. Por el contrario, los productos que tienen una demanda dependiente guardan una relación clara de consumo. Por ejemplo para la fabricación de un automóvil, la cantidad de neumáticos será 5 (4 más el neumático de auxilio). En este sentido la demanda de neumáticos será dependiente de la demanda de vehículos.

Para poder hacer frente a esta demanda, se desarrollan diferentes modelos de inventario con el fin de determinar cada cuanto y cuanto pedir.

Modelo de Periodo Único

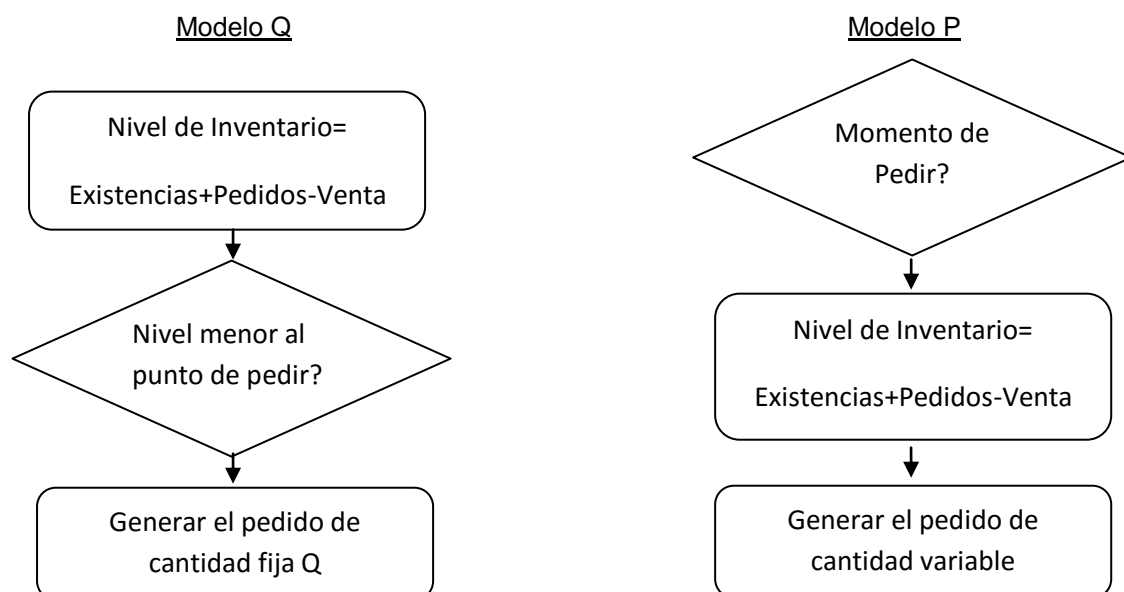
Este tipo de modelo se aplica cuando la demanda de un producto es periódica pero el producto en cuestión cambia de periodo en periodo. Un ejemplo podría ser un periódico, el cual se publica diariamente pero que cambia su contenido día a día. Cuando existe tal demanda, la pregunta será que cantidad de diarios comprar para no quedarnos sin existencias pero al mismo tiempo no quedarnos con exceso, puesto que al día siguiente la demanda de ese diario será nula.

En estos modelos aparecen dos costos claves: costo de sobrestimar la demanda y costo de subestimarla.

Modelo de Periodo Múltiples

A diferencia de los modelos de periodo único, en los modelos múltiples, el mismo producto es demandado repetidamente de un periodo a otro. Estos modelos de inventarios a su vez se pueden sub clasificar en dos:

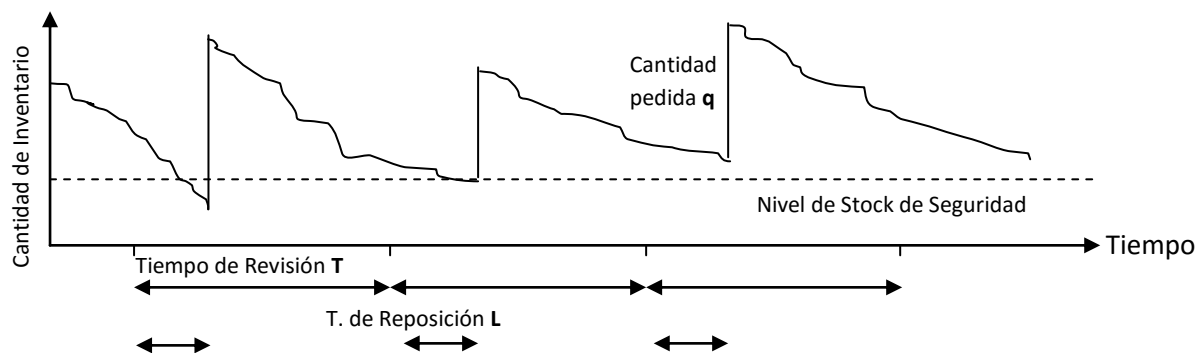
- *Modelos de Cantidad de Pedido Fija o EOQ (Modelo P):* se repone el inventario cuando el nivel de las existencias cae por debajo de cierto nivel establecido para pedir.
- *Modelos de Periodo Fijo (Modelo Q).* Se fija un periodo de revisión de los niveles de inventario. Cuando llega el periodo de revisión, se miden los niveles de inventario y se ordenan las cantidades necesarias para reponer los niveles establecidos.



Modelos de Periodo Fijo

Dado el objetivo del presente trabajo, sólo se profundizará en este modelo en particular por ser el utilizado en la Empresa objeto de estudio.

En los modelos de periodo fijo, como mencionamos, se espera a que se produzca la fecha de revisión del nivel de inventario para realizar el pedido de reposición. De esta manera las cantidades a solicitar son variables dependiendo de los niveles de inventario al momento de la revisión. Por otra parte y dado que hay que esperar al momento de la revisión, será necesario contar con stocks suficientes no sólo para cubrir la demanda entre los periodos de revisión sino además para cubrir posibles excesos de demanda o demoras en el abastecimiento (Chase *et al.*, 2000).



De acuerdo a este modelo, la cantidad a reponer “q” al momento de la revisión, será el resultado de:

$q = \text{Demanda Promedio durante } L \text{ y } T + \text{Inventario de Seguridad } S - \text{Existencias al momento } T$

El nivel de stock de seguridad, se determina en función de la desviación estándar de la curva de probabilidad de la demanda para un nivel de servicio dado. Si ésta curva de probabilidad es normal, entonces podemos definir el stock de seguridad como:

$$S = Z \times \sigma_{L+T}$$

Donde:

S: Stock de Seguridad

Z : valor de la curva normal para el nivel de servicio deseado.

σ_{L+T} : desviación estándar de la demanda durante el tiempo de reposición y revisión

Rotación del Inventario

Las existencias en la Empresa representan capital inmovilizado, por tal motivo es fundamental que sea motivo de control y seguimiento por parte de la Dirección. Pues, un exceso de inventario, puede derivar en el gasto de grandes sumas de dinero en inventarios innecesarios.

Una de las medias de control financiero más comunes es la Rotación de Inventario o su inversa la Cobertura:

$$\text{Rotación del Inventario} = \frac{\text{Costo de los bienes vendidos}}{\text{Valor Promedio del Inventario}}$$

$$\text{Cobertura} = \frac{\text{Valor Promedio del Inventario}}{\text{Costo de los bienes vendidos}}$$

Debido a que los niveles de inventario se definen para una demanda dada, es necesario establecer ratios que referencien los niveles de existencias con respecto a la venta. De esta manera disponemos de un criterio de evaluación del nivel de inventario para ver si este está siendo muy alto o muy bajo para un nivel de venta dado.

Hay que tener presente que para evaluar este ratio, tanto el nivel de inventario promedio como el costo, deben estar referenciados a una unidad temporal homogénea. Es decir, si tomamos el nivel promedio de inventario a lo largo de todo un año, el costo que tomaremos para el ratio; será también el costo de la mercadería vendida en un año. De esta forma, es posible expresar la cobertura en diferentes unidades temporales: días, semanas, meses o años; dependiendo del momento de evaluación de las componentes del ratio.

Un aspecto a tener presente, es la atemporalidad entre los costos y los inventarios. Es decir, los inventarios tienen que existir primero para que se



produzca la venta. Por esta razón, se suele evaluar estos ratios con inventarios promedio sobre costes promedio a lo largo de periodos largos como un año.

Planificación de Requerimiento de Materiales: MRP

La rutina de MRP, refiere al método de cálculo mediante el cual se realiza la planificación de todos los componentes de un producto final. Por componente entendemos una materia prima, un material de empaque o bien una sub parte del producto terminado. La demanda de estos componentes es una demanda del tipo dependiente, pues es función de la demanda de un producto final de nivel superior. Así por ejemplo, si la demanda del producto A (independiente) es de 5 unidades y cada unidad de A se compone de 6 unidades del componente B (dependiente); entonces serán necesarias 30 unidades del componente B para poder producir las cinco unidades del producto final A.

De esta forma y de manera sistemática, es posible calcular con precisión la cantidad total que se necesitará de cada componente y establecer el momento para enviar los pedidos y cumplir con el Plan de Producción.

En resumen, el MRP es el paso necesario para transformar un Plan de Producción de productos terminados en un Plan de Abastecimiento de sus componentes.

Elementos que componen el sistema del MRP

Para que un proceso de MRP pueda llevarse a cabo, es necesario contar con los siguientes elementos según:

- *Demanda de Productos Terminados*: es la cantidad a Producir y/o Comprar (en el caso de que no exista proceso de transformación). Es el Plan Maestro de Producción y/o Compras, donde se indica para cada producto para cuando y que cantidades serán necesarias. Este Plan es el punta pié inicial para los procesos posteriores del MRP y es el resultado de combinar el pronóstico de ventas, los pedidos en firme y las capacidades productivas con las que cuenta la Empresa.



- *Lista de Materiales o BoM (por sus siglas en Inglés de bill of materials):* son las “recetas” que describen de qué manera se componen cada producto terminado. Así, para cada producto final, existirá una lista con cada uno de los componentes y cantidades necesarias para fabricar una unidad. Luego las cantidades totales a consumir de cada componente se calculará simplemente multiplicando las unidades de producto final a consumir por las cantidades unitarias de cada componente.
- *Niveles de Inventario:* al momento de ejecutar la rutina MRP, será necesario conocer con qué cantidades ya se cuenta de cada componente de manera de evitar abastecerse de mayor número de componentes innecesariamente.

Con estos tres elementos y conocidos los tiempos de producción y abastecimiento de los componentes, es posible ejecutar la rutina MRP por medio de la siguiente secuencia:

- 1- Se toma el Plan Maestro de Producción para conocer las cantidades totales necesarias de producto final.
- 2- Se leen los niveles de inventario de producto final, las órdenes de producción y/o compra en firme y se determinan así las cantidades netas a producir y/u ordenar: Plan de Necesidades Netas
- 3- El Plan de Necesidades Neta, luego se transforma en un Programa de Necesidades, al colocarles la fecha de necesidad de cada producto.
- 4- Haciendo uso de las Listas de Materiales (BoMs), niveles de inventario y pedidos en firme ya colocados, se calculan las cantidades totales netas de cada componente a utilizar por cada producto, convirtiendo así el Plan Maestro de producto final, en un Plan de Requerimiento de Materiales (o componentes).
- 5- Con cada ciclo de Planificación de los productos acabados, se vuelve a recalcular el Plan de Requerimientos de Materiales.



El término MRP también puede ser interpretado como Planificación de los Recursos de Manufactura (Chase et al., 2000), cuando se incorpora a ésta rutina información sobre restricciones de capacidad a un nivel más detallado. La capacidad podría interpretarse como un inventario de otros recursos como son las horas máquina y mano de obra los cuales también tienen que ser gestionados. De esta forma, es posible no sólo lograr un Plan de Requerimiento de Materiales; sino además a un Plan integral para todos los recursos de producción.

Por último, cuando además de los recursos de manufactura se incorporan restricciones presupuestarias, podemos hablar de un completo sistema de gestión de recursos o ERP por sus siglas en inglés: Planificación de los Recursos de la Empresa (o también llamado MRP II).

CAPITULO II: PROCESOS DE PROTOTIPADO RÁPIDO 3D

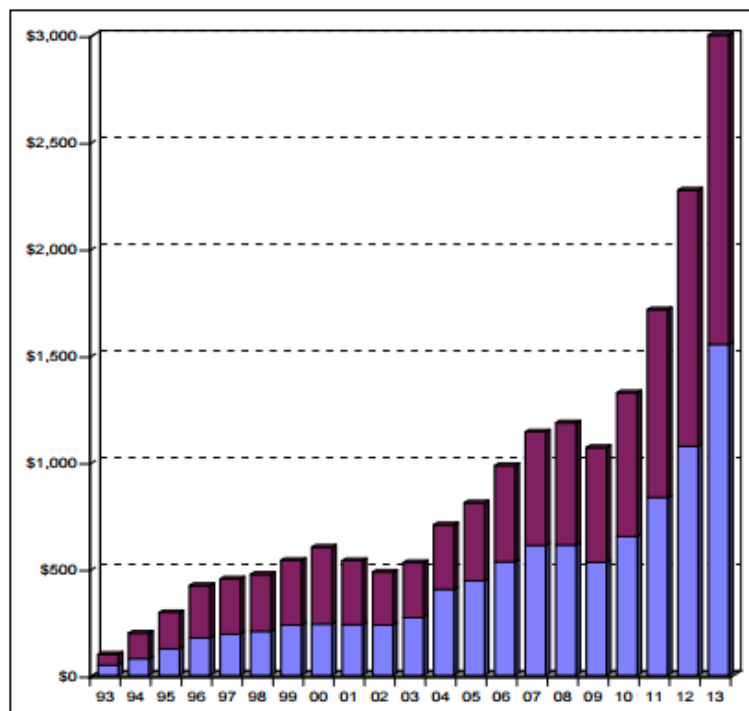
Los procesos de prototipado rápido, consisten en un conjunto de tecnologías que permiten recrear objetos, a partir de modelos digitales realizados en software del tipo CAD (Computer-aided design o en español, diseño asistido por computadora), los cuales luego son materializados por medio de máquinas que recrean formas en tres dimensiones.

El desarrollo de las impresoras 3D con sus diferentes métodos de impresión, ha permitido un rápido crecimiento de las técnicas de prototipado rápido. De forma simultánea, el desarrollo de materiales hace posible imprimir objetos de formas complejas en materiales tan diversos como plástico, madera, cerámica o metal, que antes eran imposibles de reproducir.

En un principio, las técnicas de prototipado rápido fueron desarrolladas con el propósito de ser utilizadas en el modelado de piezas o partes, las cuales eran evaluadas antes de ser llevadas a escala real. No obstante esto, el desarrollo de nuevos materiales y técnicas de impresión en 3D, ha permitido que estas mismas tecnologías sirvan además para la fabricación del producto final a escala real. Cuando las técnicas de prototipado rápido son aplicadas a la

producción de bienes, hablamos de *fabricación rápida o rapid manufacturing o RM* (Wohlers, 2001).

El crecimiento en el uso de estas tecnologías para la producción de bienes finales, puede verse en el siguiente gráfico, donde en una década; los ingresos por la producción de bienes finales (barra azul) y servicios (bordo), se incrementaron un 500% del total mundial de la producción en 3D (Wohlers, 2014).



Figura

2.1

Source: Wohlers Associates, Inc.

El primer paso del proceso de prototipado rápido, consiste en generar un modelo en tres dimensiones del objeto que se quiere imprimir, mediante el uso de software de diseño asistido o CAD. Una vez generado el modelo digital del objeto deseado, el archivo es transformado a un formato específico denominado Stereo Lithography o STL (3DSystems, 2015) por sus siglas en inglés; el cual luego es interpretado por la impresora 3D para recrear el objeto (Figura 2.1).

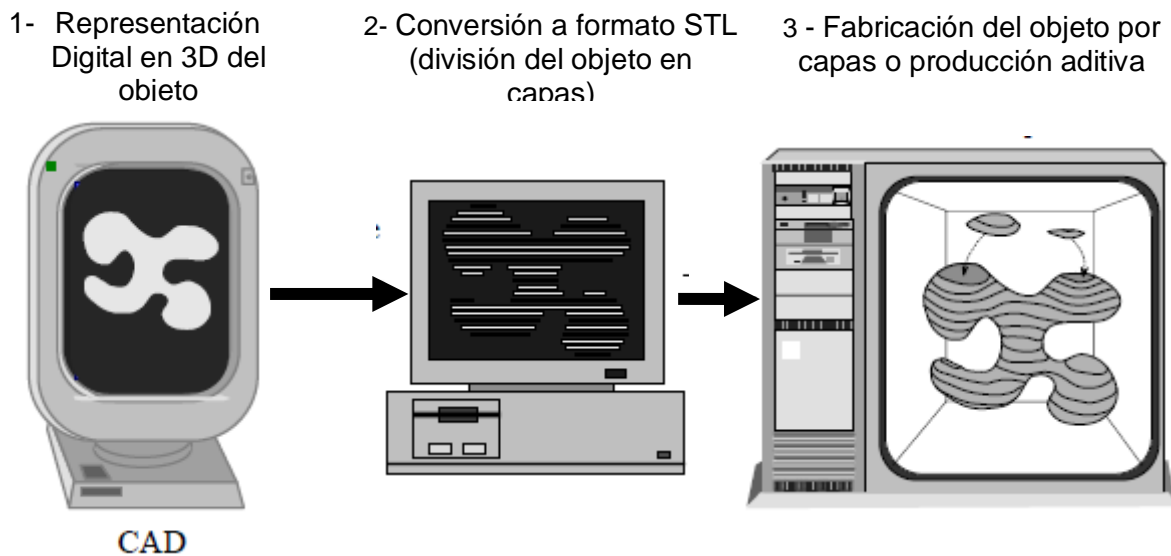


Fig. 2.1. Proceso de Prototipado Rápido

Existen dos principales métodos de impresión en 3D o también denominados de *additive manufacturing* o producción aditiva (Wohlers, 2013):

- *Impresión por inyección*, mediante la cual la máquina construye el objeto depositando capa tras capa de algún material, de manera que el objeto se construye capa sobre capa. Estos modelos de impresoras también se denominan de *fused deposition modeling* o *FDM* (Binstock, 2014).
- *Impresión por fusión selectiva de partículas*. En este caso, un láser fusiona o solidifica selectivamente las partículas de un sustrato en polvo o líquido, sobre el cual se imprime el objeto capa sobre capa. Finalizado el proceso, se remueve el resto del material sin solidificar, dando lugar al objeto recreado. Este tipo de impresoras se les denomina de *selective laser sintering* o *SLS* (Wohlers, 2013).

CAPITULO III: TÉCNICAS DE IMPRESIÓN PARA PROTOTIPADO RÁPIDO

Fotolitografía

Esta técnica utiliza rayos U.V. los cuales en forma selectiva van solidificando una resina foto curable mediante la cual se va imprimiendo y recreando el objeto capa sobre capa (Fig. 3.1)

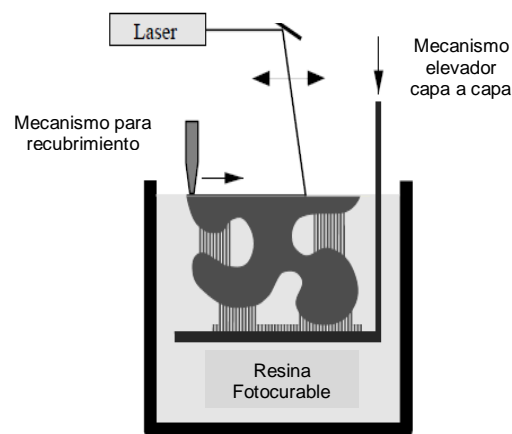


Fig. 3.1. Fotolitografía

Por medio de esta técnica se pueden crear objetos en acrílico, resinas epoxi o fotopolímeros. Mediante este procedimiento, el rayo dibuja la capa y va solidificando la misma. Una vez curada la resina, el elevador baja un paso, permitiendo que la resina líquida forme una nueva capa la cual es nuevamente curada por el contacto con los rayos U.V. De esta manera, el paso del elevador define el espesor de cada capa y una vez finalizado el proceso, el objeto sólido emerge del líquido (Japanese and World Technology Evaluation Centers [JTEC/WTEC], 1997).

Debido a que usualmente el líquido es muy viscoso, es necesario algún mecanismo de recubrimiento que facilite la dispersión de éste sobre las sucesivas capas del objeto a medida que se van generando y vuelva más ágil este proceso.

Existen otras técnicas que utilizan el mismo principio básico, como lo es la litografía con foto máscaras. Esta técnica difiere de la primera, en que el láser no dibuja la capa sino que la máscara define la forma de la capa. Esta máscara, cuya forma va cambiando mediante un tóner electrostático, se expone a una fuente de rayos U.V. y permite selectivamente solidificar la forma deseada. Esta técnica es utilizada para la producción de grandes lotes de la misma pieza.

Fusión con Láser

En caso, un láser dibujando capa tras capa fundiendo las partículas de un sustrato en polvo, permitiendo que estas se vayan adhiriendo unas con otras y así formar una capa sólida sobre otra (Fig. 3.2)

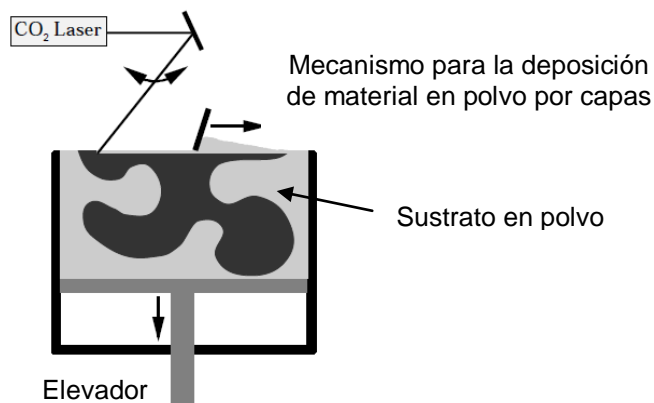


Fig. 3.2. Fusión con Láser

A diferencia de la litografía, el estado de agregación del sustrato es sólido en polvo y el láser utilizado no es de rayos U.V. De esta forma, las partículas de polvo se unen mediante el fusionado directo del material por debajo de su punto de fusión, sinterizado o polimerizado de la superficie de las partículas. Por otro lado, es el mismo láser el que permite la adhesión de una capa con la siguiente (JTEC/WTEC, 1997).

Con esta técnica se pueden utilizar e imprimir objetos de resinas plásticas, metales y aleaciones de bajo punto de fusión, cerámicas y ceras. Así mismo, esta técnica permite la inclusión de materiales de soporte, utilizados cuando el

objeto impreso tiene cavidades internas, que pueden ser fácilmente removidos una vez que el objeto está impreso.

Laminación

La técnica de laminación consiste en etapas sucesivas de dibujar el contorno de la capa sobre una lámina, cortar y pegar (Fig.3.3)

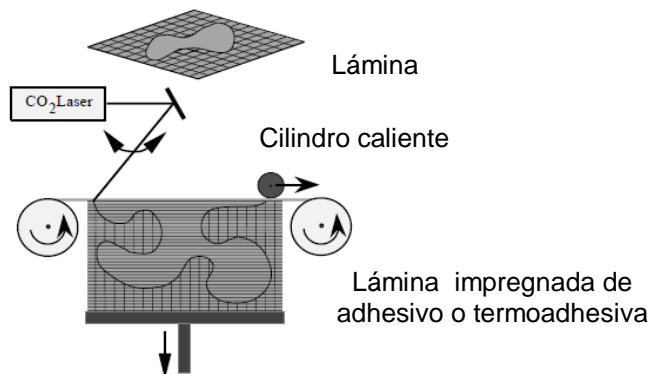


Fig. 3.3. Laminación

Como muestra la figura 3.3, un láser corta el contorno de la sección que se quiere imprimir sobre una lámina y luego un rodillo caliente pega una capa con otra por medio de un adhesivo termo activable (JTEC/WTEC, 1997).

Esta técnica permite una rápida impresión puesto que sólo se dibujan y cortan los contornos de la capa, pero se limita a objetos cuyas formas no contienen cavidades internas. Pues la técnica se basa en dibujar el contorno de la capa asumiendo que su interior es sólido. Si bien existen maneras de subsanar esta limitación, el proceso se torna muy complejo.

Las impresoras que utilizan la laminación, pueden imprimir objetos en materiales como polímeros y cerámicas.

Extrusión

La técnica por extrusión es una de las más difundidas y masificadas en la actualidad gracias a iniciativas como RepRap.

El proceso de extrusión como su nombre lo indica, se basa en la extrusión de materiales termoplásticos o ceras y su posterior deposición para formar capas sobre capas del objeto que se quiere imprimir.

Mediante una boquilla caliente, el material termoplástico o cera es calentado sensiblemente por encima de su punto de fusión (para permitir una rápida solidificación) y depositado en sucesivas capas (Fig. 3.4).

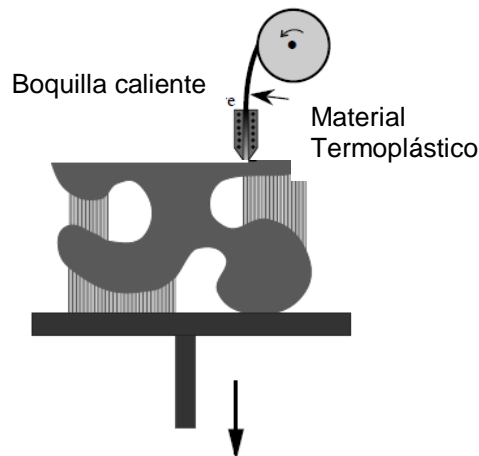


Fig. 3.4. Extrusión

Si bien esta técnica es ampliamente utilizada con materiales termoplásticos, se han desarrollado técnicas de extrusión de suspensiones de cerámicas y metales, mediante las cuales se utiliza una suspensión de metales o cerámicas en polvo sobre ceras o polímeros termoplásticos (JTEC/WTEC, 1997).

Impresión por Inyección

En este caso, se utiliza un sustrato en polvo al igual que en la técnica de fusión por láser, pero lugar de ser un láser el que adhiere las partículas de polvo, se utiliza una boquilla que suministra algún material aglomerante (Fig. 3.5).

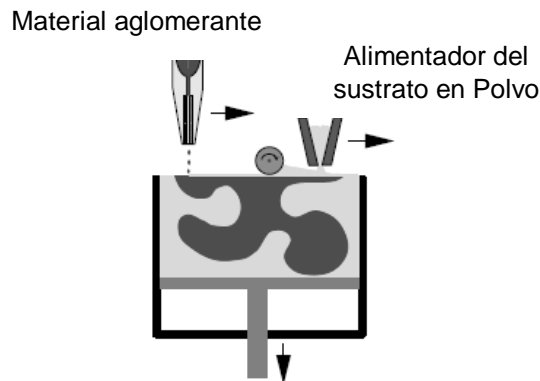


Fig. 3.5. Impresión por Inyección

El proceso se inicia con la deposición de una capa de material en polvo (por ejemplo alumina), la cual se deposita dentro de un compartimento. Luego un rodillo dispersa y nivela el polvo de manera que este quede uniformemente distribuido en toda la capa. Posteriormente, una boquilla escanea la superficie y selectivamente va inyectando el material aglomerante sobre el material en polvo. Con la ayuda de un elevador, se van generando capa sobre capa del objeto hasta que este queda totalmente recreado. Una vez finalizado, este emerge del resto del material sin aglomerar que a su vez sirvió de estructura soporte (JTEC/WTEC, 1997).

Por medio de esta técnica se pueden imprimir objetos en polímeros o cerámicas.

La decisión de que técnica utilizar dependerá de la aplicación que se necesite, pero además estará restringida por variables como el costo, rapidez, precisión y escala de producción.



CAPITULO IV: TENDENCIA DE LA IMPRESIÓN 3D PARA APLICACIONES MÉDICAS

La impresión 3D para aplicaciones médicas se está expandiendo rápidamente y es de esperar que revolucione la industria de cuidado hospitalario. Las aplicaciones presentes y futuras de esta tecnología, las podemos agrupar en diferentes categorías como la fabricación de tejidos, órganos; creación de prótesis e implantes a medida, generación de modelos anatómicos y nuevas formas de administración de medicamentos.

Una de las mayores ventajas que ofrece esta tecnología, es la posibilidad de poder adaptar los diseños, personalizándolos a medida de cada paciente de forma económica y permitiendo así una **democratización de los diseños y su fabricación** (Ventola, 2014).

Si bien existen actualmente empresas que desarrollan aplicaciones médicas de uso comercial impresas en 3D, éste mercado aún es muy chico. En la actualidad el mercado de impresión 3D para aplicaciones médicas es de cerca de usd 700 millones y se espera que sea de u\$s 8.900 millones dentro de 10 años (Schubert, Van Langeveld y Donoso, 2014). Empresas como por ejemplo Organovo, ya comercializan tejidos vivos impresos en 3D.

Por otra parte, las impresoras 3D se están volviendo cada día más económicas, permitiendo a los propios consumidores desarrollar y producir sus propios diseños. Así mismo, en la actualidad se pueden encontrar miles de diseños 3D (archivos en formato STL), listos para ser utilizados en los dispositivos de impresión. Iniciativas de código abierto como Reprap permiten la fabricación de impresoras 3D y desarrollo de diseños a bajo costo. Mientras una impresora 3D de uso profesional puede costar unos u\$d 2.500 -3.000, con iniciativas de código abierto como los mencionados; se pueden construir impresoras con un costo de u\$d 300 – 400. Por otro lado, existen empresas como Shapeways o MyminiFactory que prestan el servicio de impresión 3D, a quienes se les puede entregar el diseño deseado para que realicen su impresión. En Argentina, si bien este servicio aún es muy incipiente, se pueden



encontrar empresas como Z-Lab o 3D Lab, que prestan servicios básicos similares.

Ventajas de la Impresión 3D en Aplicaciones Médicas

Además de la posibilidad de personalización de los diseños, una ventaja cada vez mayor de la fabricación 3D, es la posibilidad de reducir los costos de fabricación. En contraste con la producción tradicional de grandes lotes para obtener economías de escala, la tecnología 3D se está volviendo cada vez más competitiva para lotes pequeños. Esto es especialmente cierto para implantes o prótesis pequeñas utilizados en odontología, cirugías de columna o traumatología craneana; donde a menudo la complejidad de los diseños requiere fabricaciones a medida (lotes pequeños) y modificaciones frecuentes.

Los costos de producción se pueden reducir a su vez por una mejor utilización de los recursos como la materia prima. Así por ejemplo es posible personalizar pastillas con una cantidad personalizada de droga, en lugar de imprimir miles de pastillas con una dosis estándar, lo que permite un medicamento menos costos y más económico.

Otro aspecto importante que mejora la tecnología 3D, son los referidos a los tiempos de fabricación. Pues la producción tradicional de implantes y prótesis, requiere de la fundición de metales, forjado y en consecuencia largos tiempos de fabricación que pueden llegar a meses. Con los crecientes desarrollos y mejoras de resolución y rapidez de las impresoras 3D, estos tiempos se acortan considerablemente.

Fabricación de Implantes y Prótesis a medida

Los implantes o prótesis pueden fabricarse a medida, mediante la transformación de imágenes tales como radiografías, tomografías o resonancias magnéticas; en archivos STL aptos para ser interpretados por las impresoras 3D. En la actualidad se utiliza esta técnica para imprimir implantes dentales, de columna o cadera.



La posibilidad de poder imprimir implantes a medida, resuelve un problema persistente en la actualidad: las medidas estándares que se fabrican no siempre se adaptan al paciente. Esto es especialmente cierto en casos complejos como por ejemplo deformaciones congénitas o bien cuando se desea reemplazar partes del cráneo, donde las superficies son irregulares. Cuando se presentan traumas de cráneo, es común que el neurocirujano extraiga parte del cráneo para dar lugar al cerebro inflamado. Una vez que éste regresa a su tamaño normal, es necesario reponer el hueso extraído por lo cual el implante debe encajar perfectamente.

Otra aplicación médica de la impresión 3D ampliamente difundida en la actualidad, es la impresión de prótesis auditivas. En estos casos, las prótesis deben insertarse en los canales auditivos del paciente cuya forma varía de persona a persona, por lo cual fabricarlas a medida es crucial.

Así mismo, el desarrollo de materiales biocompatibles como las aleaciones de titanio en polvo, están permitiendo la impresión de prótesis completas, como es el caso de las prótesis maxilares desarrolladas por el Instituto de Investigación BIOMED de Bélgica (Klein, Lu y Wang, 2013).

Tendencia

La impresión 3D juega y jugará un importante rol en la personalización de la medicina. Es de esperar que los laboratorios en un futuro, puedan enviar sus formulaciones a las farmacias para que estas realicen la impresión de medicamentos a medida. La producción y distribución de medicamentos cambiará drásticamente en poco tiempo.

Aunque unos de los principales desafíos de la impresión 3D en medicina es la impresión de órganos vascularizados, se estima que en menos de 20 años se podrá imprimir un corazón 100% funcional (Science & Society, 2013).

Par finalizar, la impresión in-situ de órganos o implantes durante la operación es una de las tendencias más prometedoras. La bioimpresión o crecimiento controlado de células sobre andamios biocompatibles, permitirá la reparación de tejidos y órganos dañados. En la actualidad ya se ha logrado reparar piel



dañada mediante el agregado con una impresora 3D de queratinocitos y fibroblastos (Ozbolat y Yu, 2013).

DESARROLLO EMPÍRICO

CAPITULO V: APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE IMPRESIÓN 3D EN MEDICINA

Los métodos o técnicas de prototipado e impresión 3D desarrollados en el capítulo anterior, han dado lugar a una multiplicidad de usos en diferentes campos; como la industria de consumo masivo, el arte y la medicina. En cada caso, la evolución de la impresión 3D presenta ciertas limitaciones derivadas de las exigencias de los productos que se quieren fabricar. La rigidez de los objetos, su porosidad, los materiales con los cuales se puede construir; son ejemplo de características donde la impresión 3D encuentra hoy en día limitaciones. Aún cuando se hubiesen superado las limitaciones mencionadas, aparece luego la restricción más importante: la aplicación económica de las técnicas (no tan importante quizá en el campo del arte) o viabilidad económica. Acá entran en juego variables tales como las economías de escala, tasas de producción, costos de materia prima, mano de obra e infraestructura.

En este capítulo describiremos una variedad de ejemplos de aplicaciones en el campo de la Medicina y más específicamente nos centraremos diversas aplicaciones para la impresión de prótesis o implantes.

De manera de explorar ejemplos y usos concretos, la mayoría de los mismos fueron extraídos de documentos de patentes solicitadas para registrar la propiedad intelectual y Empresas especializadas endichas aplicaciones, presumiendo de esta manera que tanto los aspectos técnicos como económicos se encuentran de alguna manera probados y en constante evolución.

CASO 1: Patente para impresión de moldes para implantes de rodilla

Esta aplicación consiste en el escaneo del hueso de rodilla del paciente para generar una imagen digital tridimensional de la misma. Esta imagen digital, siguiendo el proceso de prototipado rápido, es convertida al estándar de formato SLT por el cual la imagen tridimensional es digitalmente seccionada en múltiples capas de 2 dimensiones. Este archivo a su vez es interpretado por una impresora 3D que, utilizando la técnica de fusión selectiva por láser, imprime un patrón de la rodilla en cera. Este patrón luego es utilizado para realizar el implante final mediante fundición clásica el cual se adapta perfectamente a la morfología de la rodilla del paciente. Por otro lado, es posible realizar sobre el molde de cera cualquier adaptación según el tratamiento de que se trate, permitiendo así producir el implante modificado (European Patent Office 2014).

Si bien este caso no expone de forma directa la impresión en tres dimensiones del implante para luego ser colocado en el paciente, sin embargo expone que es de esperar que evolucionen la tecnología y materiales para prescindir del modelo en cera como proceso intermedio (Fig. 5.1).

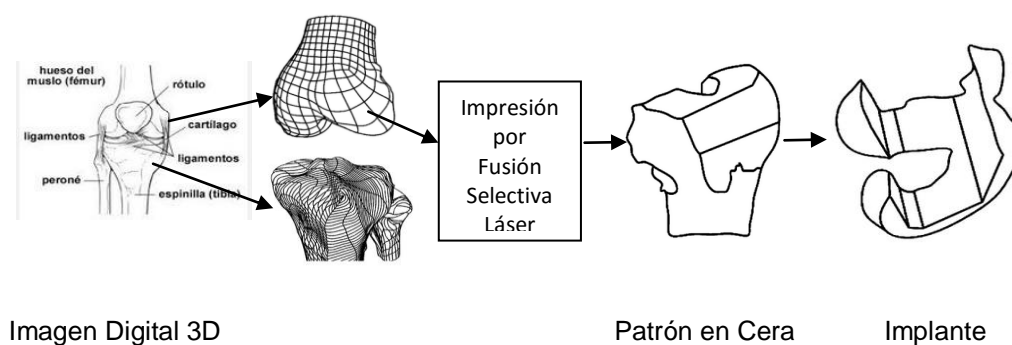


Figura 5.1

CASO 2: 3DSystems, LayerWise Impresión de implantes ortopédicos y dentales

La Empresa 3DSystems es una de las empresas pioneras en el desarrollo del prototipado rápido en 3D. Dentro de su gama de servicios y aplicaciones médicas, se encuentra el método de impresión de implantes LayerWise (3DSystems, 2013). Mediante este método es posible la impresión directa de implantes de rodilla, de maxilar, de columna y dentales. El proceso se basa en el uso de impresión por capas o producción aditiva (additive manufacturing) de delgadas láminas de metal, las cuales son fundidas por láser. De esta manera se logra entre otras aplicaciones, la producción de implantes porosos que permiten en su interior la regeneración de las células óseas.

La prótesis de maxilar inferior de titanio como se muestra en la figura. 5.2.1 o el implante de codo de la figura 5.2.2., son alguno los logros de esta tecnología aplicados a la Medicina.



Implante impreso de Titatium

Fig.5.2.1.

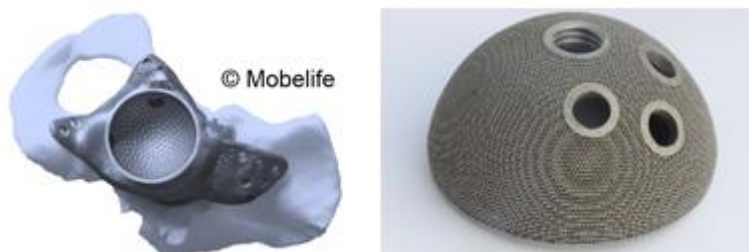


Fig. 5.2.2.

CASO 3: Patente para implantes de hueso y método de fabricación

La principal característica que debe tener un implante de hueso, es que el mismo debe permitir una óptima integración con el esqueleto humano. Entre otras cosas, esto implica una correcta fijación y al menos igualar o superar la resistencia estructural del propio hueso. Para ello y en la medida que sea necesario, los materiales con que se construyen los implantes deben procurar promover el crecimiento de las células óseas sobre la superficie y en el interior del implante (United States Patent and Trademark Office, 2015).

Por esta razón los implantes óseos estarán formados por una estructura heterogénea, compuesta por núcleos sólidos, capas con cierta porosidad y superficies que promuevan o no el crecimiento de células óseas; dependiendo del lugar del cuerpo donde se inserten.

El cuerpo del implante, podrá ser así realizado por uno o una combinación de materiales implantables tales como: acero inoxidable, aleaciones de acero inoxidable, titanio, aleaciones de titanio o materiales plásticos como el PEEK (polieter éter ketona) o PEKK (polieter ketona ketona); entre otros materiales sintéticos.

Los avances tecnológicos en impresión tridimensional, permiten la producción de planillas con resoluciones de hasta 10 micrones. Esto facilita la producción sintética de estructuras porosas, con una morfología similar a la de los huesos de mamíferos marinos como ballenas o delfines.

La tecnología de la Empresa Intelligent Micropatterning por ejemplo, permite el prototipado rápido de plantillas utilizando la técnica de litografiado con máscaras (Figura 5.3.1).

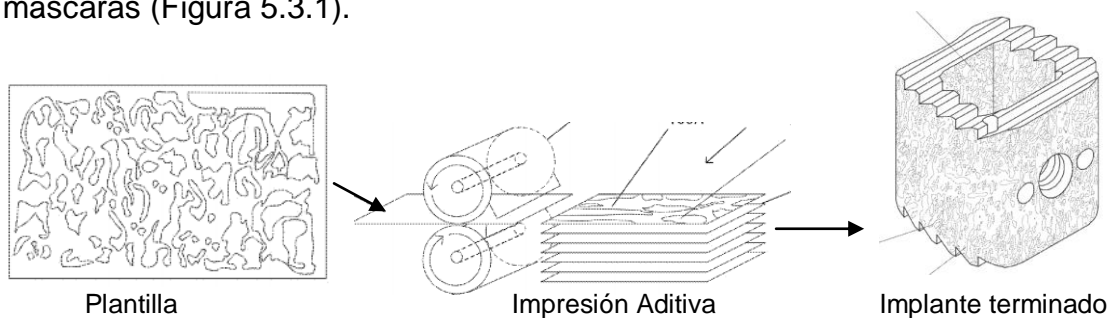


Fig. 5.3.1



CASO 4: Desarrollo de biomateriales para impresión 3D de Implantes

El hueso natural, es una mezcla de fosfatos de calcio en un 65%(sales inorgánicas) y colágeno 35% (polímero natural). Esta invención se focaliza en la síntesis de materiales compuestos biocompatible y fotopolimerizables; que pueden ser utilizados en la impresión de implantes mediante la técnica de litografiado en 3D o estereolitografiado. Estos materiales se denominan compuestos debido al hecho que constan de material orgánico (fotopolímeros) que los vuelve biocompatibles y materiales inorgánicos (ej. óxido de titanio, hidroxí-carbonato-fosfato de calcio), que los dotan de la rigidez estructural necesaria para reemplazar el tejido óseo o huesos completos. Específicamente se trata de fotopolímeros derivados del dimetacrilato de metano (UDMA), Metacrilato de Metilo (MMA), Acetato de polivinilo (PVAc), Tetrahidrofurfuril Metracrilato (THFMA) entre otros; a los que se adicionan sales inorgánicas.

En el ejemplo 2 del presente invento, se describe el uso de una mezcla de 20% de hidroxí-fosfatos de calcio, en solución de polímeros y fotoiniciadores. Esta mezcla homogeinizada, se coloca en la bandeja de una impresora 3D modelo Prefactory RP que utiliza una fuente de luz ultravioleta para polimerizar la solución. Se imprime así una figura digitalizada de un cubo de 1cm². Se logró así una figura con una resistencia a la tracción de entre 50 y 60 MPa y una resistencia a la flexión de entre 75 y 90 MPa (LATIPAT, 2014).

CASO 5: Sinterizado Láser de Aleaciones de Titanio

Si bien este desarrollo no tiene por objeto una aplicación médica, el objeto de exponer la misma es para mostrar en qué grado de avance se encuentra la técnica de impresión de metales. Pues, bien podría utilizarse este método para el diseño y fabricación de las partes metálicas de los implantes cuyos metales deben ser biocompatibles (como es el caso del titanio).

A diferencia de la litografía que necesita de polímeros fotosensibles, por medio de esta técnica es posible fundir partículas de aleación de titanio mediante la aplicación de un láser que funde las mismas selectivamente, para que estas se adhieran unas con otras (SLS o selective láser sinterig). De esta manera es

posible genera láminas de metal, que por fabricación aditiva van formando el objeto capa por capa (additive manufacturing).

Específicamente mediante esta técnica se logran piezas de aleaciones de Titanio-Cobre-Níquel por medio del sinterizado con un rayo láser de frecuencia infra rojo o rayo de electrones. Esta aleación rápidamente se funde pero además rápidamente se solidifica permitiendo el sinterizado selectivo. Para brindar soporte durante la fase líquida, se utilizan compuestos cerámicos cuyo punto de fusión es muy superior y son fácilmente removidos una vez culminado el proceso. De esta manera se puede lograr con esta técnica la fabricación de piezas con intersticios o cavidades internas (World Intellectual Property Organization [WIPO], 2009).

Empresas como Incept3d utilizan esta técnica para la construcción de piezas como muestras las siguientes figuras:



Fig. 5.5.1 pieza con cavidades internas fabricada mediante SLS



Fig. 5.5.2 pieza con cavidades internas fabricada mediante SLS



CAPITULO VI: ABASTECIMIENTO DE IMPLANTES EN BBRAUN MEDICAL

Breve reseña de la Empresa

BBraun es una empresa familiar de origen Alemán, con presencia en más de 163 países; dedicada al desarrollo, producción y distribución de insumos hospitalarios.

Con alrededor de 56.000 empleados a nivel mundial, ostenta el portfolio de productos más amplio del mercado.

Posee cuatro divisiones de negocio:

- *HOSPITAL CARE*: producción de sueros, descartables para terapias de infusión, nutrición parenteral y bombas de infusión, entre otros productos.
- *AESULAP*: producción de instrumental quirúrgico, suturas, clips de aneurisma, e implantes ortopédicos de rodilla, cadera, columna.
- *OM*: producción de bolsas para ostomía, productos para el cuidado de heridas crónicas y sondas urinarias.
- *AVITUM*: producción de equipamientos y consumibles para tratamientos de diálisis.

En la Argentina, BBraun posee el 38% de participación de mercado de sueros, siendo éste el único producto que se fabrica localmente. El resto del portfolio de productos es importado, principalmente de Alemania, España, Brasil y Francia.

Para poder dar cobertura a nivel nacional, la Empresa cuenta además con un Centro de Distribución ubicado en la Prov. de Buenos Aires y un pequeño almacén en la ciudad de Córdoba.

Dado que el objeto de estudio del presente trabajo se centrará en el impacto que tendrá la impresión 3D en los modelos de planificación de inventarios de implantes (AESULAP), el presente trabajo focalizará en el modelo de abastecimiento de la División AESULAP.

Modelo de negocio de la división Ortopedia en Argentina

La división de negocios de Ortopedia de la marca AESCULAP, al igual que otras marcas del Mercado como Jhonson & Jhonson o Striker; comercializan implantes a través de dos vías. Por un lado, está la venta clásica a clientes que disponen de sus propios kits para cirugías. En este caso, los clientes colocan pedidos de instrumental o implantes y se les suministra dicho pedido de forma estándar procediendo a su facturación al momento de la entrega.

En el caso de los implantes, existe una segunda vía de comercialización. Esta vía consiste en la prestación de un *servicio* de cirugías, mediante el cual se envía en préstamo los kit de instrumental e implantes para realizar la cirugía. Una vez culminada la intervención, los kits de instrumental regresan a la Empresa para ser lavados y reacondicionados para una próxima intervención. Los kits de implantes por su parte, también regresan a la Empresa, donde se controla que medidas de implantes fueron consumidas durante la cirugía para proceder a su facturación.

Los kits de implantes se reponen en el almacén con las medidas consumidas, de manera de dejar el kit completo con todas las medidas potenciales para una nueva cirugía (Fig. 6.1)

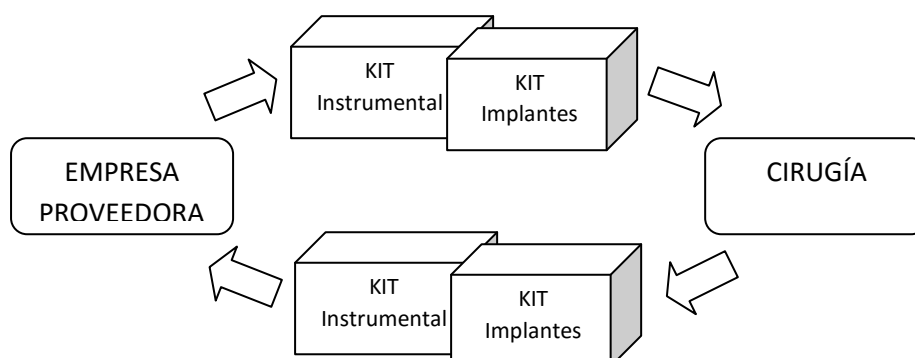


Figura 6.1

Sistema Global de Abastecimiento de Implantes e Instrumental quirúrgico

La división AESCULAP es la responsable de desarrollar, producir y distribuir implantes e instrumental quirúrgico a nivel mundial. Específicamente, se especializa en implantes para intervenciones de rodilla, cadera, columna y neurocirugía.

La compra y control de calidad de materias primas principales para la producción, como el titanio, acero quirúrgico y polímeros especiales; es centralizada en la ciudad de Tuttlingen Alemania. Una vez aprobada la materia prima, ésta es distribuida a las diferentes Plantas de Producción.

BBraun cuenta a nivel global con Plantas de producción ubicadas diferentes países de Asia pero principalmente en la ciudad de Tuttlingen en Alemania. Allí, se realiza la consolidación de los pedidos de implantes, que luego son distribuidos vía aérea a todas las Subsidiarias alrededor del Globo. Para este tipo de insumos, el uso del transporte aéreo es crítico, dado los cortos tiempos de respuesta necesarios para responder a la demanda y el alto costo unitario de los implantes e instrumental.

A diferencia de los instrumentales que siguen una planificación del tipo *make to order*, para los implantes se sigue un modelo *make to stock*, que se replica en toda la cadena de suministro a nivel mundial. En este sentido, la mantención de altos niveles de inventario de implantes tanto en Tuttlingen como en las subsidiarias, es central para mantener un alto nivel de servicio que se espera sea superior al 98%.

La red de abastecimiento de implantes de BBraun se muestra en la Fig.6.2 a continuación.



Figura 6.2.



En algunos países donde los mecanismos de importación lo permiten, como por ejemplo países de la Comunidad Europea, es posible evitar en algunos casos los stocks en las subsidiarias. Esto se logra mediante el envío directo de implantes de Tuttlingen al cliente final.

Este sistema centralizado de abastecimiento de materia prima y distribución de implantes en Alemania, deriva no sólo del origen de capitales de la Empresa, sino que además es un elemento diferenciador en marketing; como símbolo de excelencia en calidad y confiabilidad ante la comunidad médica.

El prestigio del “*made in Germany*”, ha hecho que muchas empresas de origen chino (Nopainstruments) y/o pakistaní (Kolpen), produzcan partes en sus respectivos países pero realicen algún proceso de ensamble en Alemania con el único objeto de publicitar que fue hecho en Alemania.

Abastecimiento de Implantes de BBRAUN ARGENTINA

La Demanda

La demanda de implantes ortopédicos sea de rodilla, cadera o columna, depende claramente de la cantidad de pacientes que son intervenidos quirúrgicamente de estas dolencias. Por otro lado y como se mencionara anteriormente, cada paciente presente una anatomía particular, por lo que las medidas del implante a colocar, varían de persona a persona aún cuando puedan compartir características similares (raza, contextura, edad, género, etc.).

De forma general, es práctica habitual que este tipo de intervenciones sean programadas con una antelación que promedia los 15-20 días. No obstante esto, también existen las cirugías por trauma (por ejemplo producto accidentes automovilísticos), cuyas intervenciones pasan a ser de urgencia y deben ser atendidas en el menor tiempo posible.

Una vez que el cirujano ha tomado la decisión de operar, solicita a la empresa proveedora de los implantes *agenda de cirugía*. Para hacer esto, informa lugar,



día y horario donde se llevará adelante la intervención, como así también tipo cirugía y nombre del paciente (ver Anexo I).

Dependiendo del tipo de dolencia y características del paciente, existe una multiplicidad de combinaciones de implantes (y su correspondiente instrumental), que pueden ser utilizados por el cirujano. Cada una estas combinaciones, da origen a un *tipo o sistema de cirugía*.

A modo de ejemplo, se muestra en el cuadro inferior los diferentes sistemas que ofrece la Empresa para intervenciones de rodilla y cadera:

Ejemplos de Combinaciones de Kits para cirugías de Cadera y Rodilla (Tabla 6.3):

Cirugía	Sistema para tratarla	Cantidad de Kits necesarios para el Sistema
CADERA	COTILO NO CEMENTADO	LSET_AR_1001 INSTRUMENTAL PLAS
		LSET_AR_1019 IMPLANTES COTILO NO CEMENTADO 28MM
	COTILO CEMENTADO	LSET_AR_1001 INSTRUMENTAL PLAS
		LSET_AR_1012 IMPLANTES COTILO CEMENTADO 28MM
		LSET_AR_1027 INSTRUMENTAL TAPONES ENDOMEDULARES
	CADERA NO CEMENTADA	LSET_AR_1001 INSTRUMENTAL PLAS
		LSET_AR_1069 INSTRUMENTAL BICONTACT
		LSET_AR_1070 IMPLANTES CADERA NO CEMENTADA
	CADERA CEMENTADA	LSET_AR_1001 INSTRUMENTAL PLAS
		LSET_AR_1003 INSTRUMENTAL CENTRAMET
		LSET_AR_1004 IMPLANTES CADERA CEMENTADA
		LSET_AR_1027 INSTRUMENTAL TAPONES ENDOMEDULARES
		LSET_AR_1026 INSTRUMENTAL TAPONES ENDOMEDULARES BEAR
	CADERA HÍBRIDA	LSET_AR_1001 INSTRUMENTAL PLAS
		LSET_AR_1003 INSTRUMENTAL CENTRAMET
		LSET_AR_1022 IMPLANTES CADERA HÍBRIDA OPCION CEMENTADA
		LSET_AR_1027 INSTRUMENTAL TAPONES ENDOMEDULARES
	OPCIÓN CERÁMICA	LSET_AR_1014 INSTRUMENTAL CADERA OPCIÓN CERÁMICA
		LSET_AR_1039 IMPLANTES CADERA OPCIÓN CERÁMICA 32MM
	CADERA REVISIÓN	LSET_AR_1001 INSTRUMENTAL PLAS
LSET_AR_1043 INSTRUMENTAL PREVISION		
LSET_AR_1044 IMPLANTES PREVISION		



RODILLA	RODILLA PRIMARIA	LSET_AR_1061 INSTRUMENTAL COLUMBUS PRIMARIA
		LSET_AR_1066 IMPLANTES COLUMBUS PRIMARIA
		LSET_AR_1067 IMPLANTES COLUMBUS PRIMARIA ADICIONAL
	RODILLA COMPLEJA	LSET_AR_1061 INSTRUMENTAL COLUMBUS PRIMARIA
		LSET_AR_1064 INSTRUMENTAL COLUMBUS revision
		LSET_AR_1066 IMPLANTES COLUMBUS COMPLEJA
	OPCIÓN NAVEGADA	LSET_AR_1065 INSTRUMENTAL COLUMBUS NAVEGADA
		LSET_AR_1021 INSTRUMENTAL NAVEGACION

Tabla 6.3

Cada uno de esos sistemas está compuesto por un *kit* de implantes que contiene todas las medidas de implantes potencialmente posibles de implantar en un paciente y su correspondiente kit o kits de instrumental/les específico con el cual se puede llevar a cabo la cirugía.

Para que una cirugía sea llevada a cabo con un nivel de servicio del 100%, se deben enviar a ésta los kits de instrumental e implantes de manera completa. De manera específica, cada kit de implantes debe contener una unidad de cada una de las medidas potenciales que podría ser implantada en el paciente.

Anualmente del Plan de Negocios elaborado por el área Comercial, se determina el nivel de cirugías a realizar en el año y en consecuencia el número de kits a utilizar. Dado el alto costo de éstos y las restricciones de capital de trabajo, se define una cantidad óptima de equipos la cual se procura que rote de la forma rápida, a fin poder atender un mayor número de intervenciones posibles.

El nivel de servicio será del 100% en tanto y en cuanto la cirugía pueda llevarse a cabo con el kit de implantes completo. Es decir, éste debe contener una unidad de cada una de las medias de potencialmente implantables en el paciente.

Ciertas intervenciones, pueden ser realizadas con faltantes de alguna medida de implantes *no críticos o centrales*, cuando el cirujano evalúa que la probabilidad de ser utilizado este faltante es muy baja. Si el faltante es una



medida de implante crítica o central (de las más utilizadas), la cirugía se suspende.

Agenda de Cirugías

El proceso de agendar una cirugía es complejo, puesto que se cuenta con un número finito de kits de implantes e instrumental, que se encuentran permanentemente en rotación. Pasan de una cirugía a otra dentro de un mismo Hospital, entre diferentes Hospitales e inclusive entre Hospitales que se encuentran geográficamente en diferentes Provincias.

Para poder aceptar agendar una cirugía, se debe tener plena certeza de que se contará con los kits de instrumental e implantes completos al momento de la intervención. Para poder realizar esto, se debe realizar una estimación de los tiempos que conllevan una cirugía y su logística de envío y retiro. Como toda estimación, estos tiempos pueden fluctuar dentro de parámetros esperados o bien de manera inesperada, con el consecuente impacto en la reprogramación de toda la agenda de cirugías.

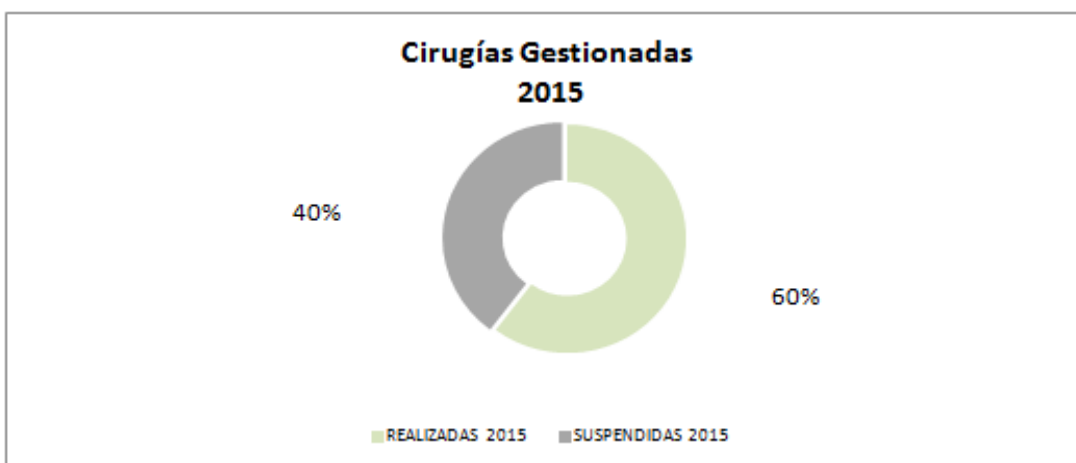
La única forma de minimizar estos impactos, es contar con suficiente cantidad de kits completos, *lo que impacta en el inventario*. Adicionalmente, es posible agendar con márgenes mayores de tiempos para cada cirugía; pero esto impacta directamente en el volumen (capacidad) de cirugías posibles de realizar. Por ejemplo, si a cada cirugía se le asigna un tiempo total de rotación (preparación, envío, esterilización, cirugía y retorno) de 3 horas, en un día de 24hrs podrían realizarse 8 intervenciones. Ahora bien, si estimo que por cada cirugía se tardará 4 horas, el número posible de intervenciones será de 6 por día.

Otra estimación implícita que se realiza al momento de agendar, es que cada cirugía vendrá con un *consumo de implantes coherente*. Es decir, si se opera una rodilla, es de esperar que se consuma un implante de tibia y no dos. Pues una rodilla posee sólo una tibia. Aún así, por diversos factores, puede suceder que se consuma un mayor número de medidas de implantes a lo esperado, con lo cual los kit de implantes regresan de las cirugías con un mayor número de

medidas de implantes consumidos a lo esperado. Por esta razón, es necesario contar con stocks de seguridad suficientes para reponer los kits de manera completa.

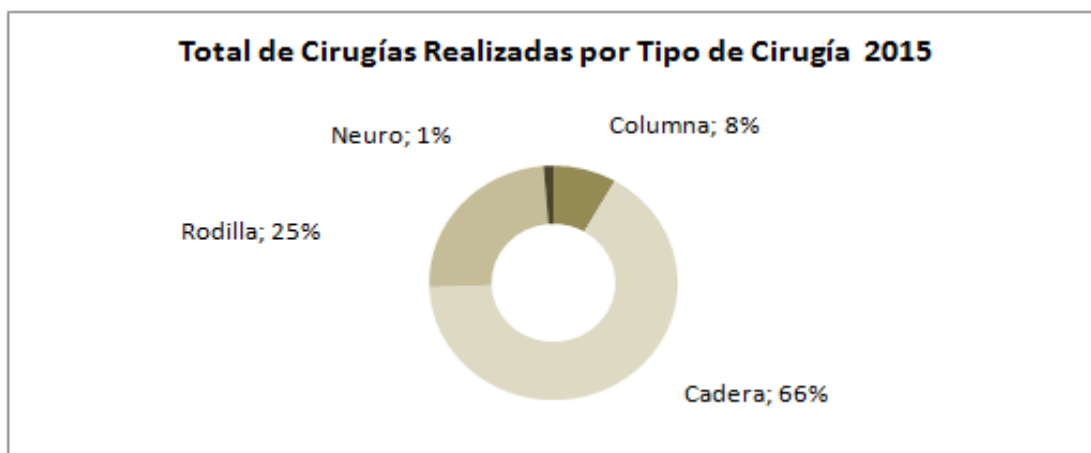
Como se ve en el Anexo I, agendar una cirugía implica conocer el día, horario, paciente, médico, lugar y tipo de cirugía a realizar. Con toda esta información, se procede a reservar los kits correspondientes de instrumental e implantes, para que el área de logística los reacondicione y puedan ser enviados al hospital.

A modo de ejemplo, en los siguientes gráficos se puede ver alguno de los indicadores que muestran la evolución de cirugías y nivel de servicio (Fig. 6.4, 6.5 y 6.6).



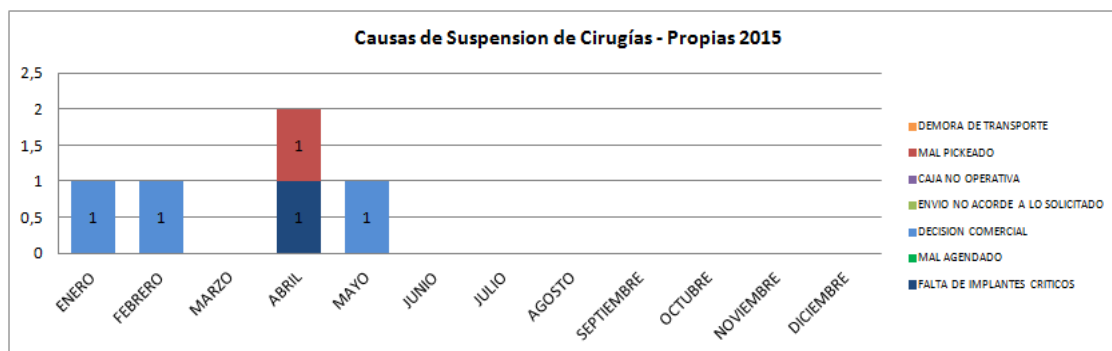
Fuente: Elaboración propia, BBraun Argentina, actualizado a Julio 2015 sobre un total de 1179 cirugías agendadas.

Figura 6.4



Fuente: Elaboración propia ,BBraun Argentina, actualizado a Julio 2015 sobre un total de 1179 cirugías agendadas.

Figura 6.5



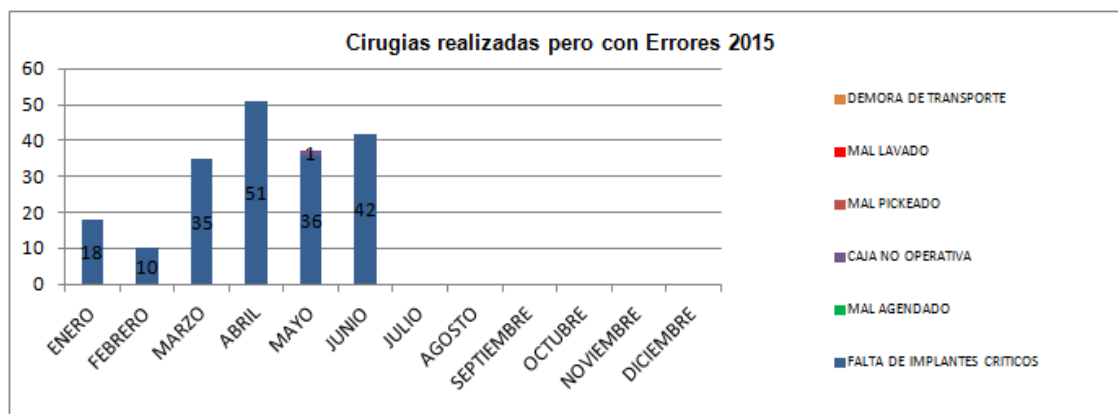
Fuente: Elaboración propia ,BBraun Argentina, actualizado a Julio 2015 sobre un total de 1179 cirugías agendadas.

Figura 6.6

Como se puede apreciar, el nivel de servicio es muy elevado si se considera que sólo 5 cirugías se han debido suspender por razones internas, de un total de 468 cirugías suspendidas (por razones externas como paciente, médico, institución, obra social, etc.). Esto representa un nivel de servicio del 99,58%.

Sin embargo, si bien pareciera ser que el nivel de servicio fuera excelente, existen cirugías que no se suspenden pero que el cirujano acepta realizar a riesgo con kits de implantes incompletos. Por esta razón es necesario complementar esta información con algún indicador que nos muestre que cantidad de cirugías fueron enviadas con kits de implantes incompletos.

En el siguiente gráfico se puede ver el volumen de cirugías realizadas pero con kits incompletos (Figura 6.7):



Fuente: Elaboración propia, actualizado a Julio 2015 sobre un total de 1179 cirugías agendadas, BBraun Argentina Figura 6.7

En éste gráfico se puede observar que 193 cirugías se realizaron con kits incompletos de un total de de 711 realizadas. En este caso, el nivel de servicio real es de 72,85%

Pronóstico de Consumo de Implantes

Por la dificultad que supone poder anticipar las medidas y tipo de implantes que se van a consumir en una cirugía, no se utiliza el modelo de pronóstico clásico donde el área comercial estima la cantidad de implantes a consumir. Hacer esto, derivaría en grandes desviaciones y en consecuencia en grandes volúmenes de inventario de seguridad, entre otras dificultades.

Adicionalmente, si bien la demanda de implantes es *dependiente* de las cirugías que se agenden; no se toman éstas últimas como input directo para deducir un pronóstico de consumo a partir de la composición de los kits de implantes (bill of material). En su lugar, se utiliza un modelo de pronóstico estadístico basado en la facturación histórica de cada uno de los implantes de manera independiente. Aún en los casos donde podría haber alguna correlación entre implantes de una misma cirugía, como por ejemplo entre una tibia y su correspondiente cabeza de fémur para componer una rodilla; las medidas pueden variar dependiendo de la anatomía del paciente.



El modelo estadístico así utilizado, revisa la facturación de los seis últimos meses y aplicando un algoritmo específico (los detalles de la fórmula estadística no son públicos, por razones de confidencialidad); pronostica los seis meses siguientes de consumo para cada una de las medidas de implantes. El proceso se repite mensualmente al comienzo de cada mes.

A modo de ejemplo, en la siguiente tabla se muestra el histórico de facturación para cada tipo de medidas de implantes del kit de Rodilla Primaria en los últimos años (Fig.6.8)

n°	Código de material	Año natural/Mes	2012	2013	2014	2015
1	NN073K	COLUMBUS CR/PS PLACA TIB.CEMENTADA T2	6 UN	7 UN	14 UN	5 UN
2	NN074K	COLUMBUS CR/PS PLACA TIB.CEMENTADA T2+	4 UN	1 UN	7 UN	4 UN
3	NN075K	COLUMBUS CR/PS PLACA TIB.CEMENTADA T3	8 UN	7 UN	9 UN	12 UN
4	NN076K	COLUMBUS CR/PS PLACA TIB.CEMENTADA T3+	5 UN	4 UN	2 UN	4 UN
5	NN077K	COLUMBUS CR/PS PLACA TIB.CEMENTADA T4	8 UN	4 UN	8 UN	8 UN
6	NN078K	COLUMBUS CR/PS PLACA TIB.CEMENTADA T4+	1 UN	1 UN	4 UN	5 UN
7	NN079K	COLUMBUS CR/PS PLACA TIB.CEMENTADA T5	2 UN	2 UN	6 UN	1 UN
8	NN162K	COLUMBUS PS COMP.FÉMORAL CEMENTADO F2L		2 UN	3 UN	
9	NN163K	COLUMBUS PS COMP.FÉMORAL CEMENTADO F3L	3 UN	3 UN	5 UN	4 UN
10	NN164K	COLUMBUS PS COMP.FÉMORAL CEMENTADO F4L	6 UN	5 UN	7 UN	12 UN
11	NN165K	COLUMBUS PS COMP.FÉMORAL CEMENTADO F5L	7 UN	4 UN	12 UN	7 UN
12	NN166K	COLUMBUS PS COMP.FÉMORAL CEMENTADO F6L	6 UN	1 UN	7 UN	3 UN
13	NN167K	COLUMBUS PS COMP.FÉMORAL CEMENTADO F7L	1 UN		2 UN	
14	NN171K	COLUMBUS PS COMP.FÉMORAL CEMENTADO F1R		1 UN		
15	NN173K	COLUMBUS PS COMP.FÉMORAL CEMENTADO F3R	4 UN	1 UN	9 UN	5 UN
16	NN174K	COLUMBUS PS COMP.FÉMORAL CEMENTADO F4R	8 UN	6 UN	12 UN	7 UN
17	NN175K	COLUMBUS PS COMP.FÉMORAL CEMENTADO F5R	8 UN	5 UN	6 UN	11 UN
18	NN176K	COLUMBUS PS COMP.FÉMORAL CEMENTADO F6R	3 UN	2 UN	5 UN	4 UN
19	NN177K	COLUMBUS PS COMP.FÉMORAL CEMENTADO F7R	1 UN	1 UN	1 UN	
20	NN261K	TORNILLO DE CIERRE TIBIAL D12MM	27 UN	19 UN	28 UN	21 UN
21	NN262K	COLUMBUS VÁST.DE EXTENS.TIB.D12MM CORTO		2 UN	1 UN	2 UN
22	NN263K	COLUMBUS VÁST.DE EXTENS.TIB.D12MM LARGO			1 UN	2 UN
23	NN264K	TORNILLO DE CIERRE TIBIAL D14MM	11 UN	9 UN	18 UN	14 UN
24	NN481	COLUMBUS RÓTULA 3 PERNOS P1 27X7MM	8 UN		4 UN	2 UN
25	NN482	COLUMBUS RÓTULA 3 PERNOS P2 30X8MM	14 UN	9 UN	8 UN	9 UN
26	NN483	COLUMBUS RÓTULA 3 PERNOS P3 33X9MM	5 UN	3 UN	7 UN	4 UN
27	NN484	COLUMBUS RÓTULA 3 PERNOS P4 36X10MM	3 UN	3 UN	3 UN	
28	NN512	COLUMBUS PS SUP.DESLIZ.C.TORN.T1/1+14MM		1 UN		
29	NN520	COLUMBUS PS SUP.DESLIZ.C.TORN.T2/2+10MM	8 UN	6 UN	15 UN	7 UN
30	NN521	COLUMBUS PS SUP.DESLIZ.C.TORN.T2/2+12MM	1 UN	2 UN	3 UN	3 UN
31	NN522	COLUMBUS PS SUP.DESLIZ.C.TORN.T2/2+14MM			1 UN	1 UN
32	NN523	COLUMBUS PS SUP.DESLIZ.C.TORN.T2/2+16MM			1 UN	
33	NN524	COLUMBUS PS SUP.DESLIZ.C.TORN.T2/2+18MM		1 UN		
34	NN530	COLUMBUS PS SUP.DESLIZ.C.TORN.T3/3+10MM	10 UN	6 UN	6 UN	18 UN
35	NN531	COLUMBUS PS SUP.DESLIZ.C.TORN.T3/3+12MM	3 UN	1 UN	1 UN	2 UN
36	NN532	COLUMBUS PS SUP.DESLIZ.C.TORN.T3/3+14MM		4 UN	1 UN	2 UN
37	NN533	COLUMBUS PS SUP.DESLIZ.C.TORN.T3/3+16MM		1 UN	4 UN	
38	NN534	COLUMBUS PS SUP.DESLIZ.C.TORN.T3/3+18MM		1 UN		
39	NN540	COLUMBUS PS SUP.DESLIZ.C.TORN.T4/4+10MM	8 UN	4 UN	8 UN	12 UN
40	NN541	COLUMBUS PS SUP.DESLIZ.C.TORN.T4/4+12MM	4 UN	2 UN	4 UN	2 UN
41	NN550	COLUMBUS PS SUP.DESLIZ.C.TORN.T5 10MM		2 UN	4 UN	1 UN
42	NN551	COLUMBUS PS SUP.DESLIZ.C.TORN.T5 12MM			2 UN	1 UN
43	NN553	COLUMBUS PS SUP.DESLIZ.C.TORN.T5 16MM			1 UN	

Fuente: Elaboración propia, BBraun Medical S.A., Business Intelligence Plataforma. Datos actualizados a Julio de 2015.

Figura 6.8

El ejemplo de arriba, muestra que sólo para éste tipo de cirugía: Rodilla / Rodilla Primara; el kit contiene 43 tipos y medidas diferentes de implantes. Una rápida observación, permite ver que no hay un patrón de consumo definido año a año, lo que indica la dificultad para pronosticar dichos consumos.

De forma complementaria en el Anexo II, se muestra la lista de componentes de un kit de implantes de cadera no cementada; donde la cantidad de componentes es de 36. En el caso de un kit de columna, para que este pueda ser entregado de forma completa; se deben suministrar 63 medidas de implantes diferentes.

A modo ilustrativo, a continuación se muestran dos fotos reales de kits de implantes de columna (Fig. 6.9) y cadera (Fig. 6.10); donde se puede apreciar la complejidad del mix mencionado.



Una de las bandejas con parte de un Kit de Implantes de Columna

Figura 6.9



Kit de Implantes de Cadera

Figura 6.10

En el caso de los kits de instrumental, también son necesarias grandes cantidades de inversión, pero al ser bienes durables; su reposición se realiza con mucha menor frecuencia.

Es necesario destacar que estas listas de componentes son necesarias para asistir a una sola cirugía, por lo que la multiplicidad de combinaciones que se mencionó, sumada a los diferentes tipos de cirugías (rodilla, columna, cadera, etc.), hace que la complejidad de la planificación sea exponencial a la cantidad de kits que se manejan.

Una demanda altamente fluctuante y el elevado nivel de servicio exigido por el mercado, deriva en la necesidad de grandes cantidades de inventarios.

Política de Inventarios para Implantes

Como se vio en el Capítulo VI, la cantidad de inventarios necesarios para soportar una Demanda, dependerá no sólo de ésta, sino además de cómo sean los tiempos de reaprovisionamiento. A los altos niveles de servicio que exige el mercado y demanda compleja, se le adiciona la variabilidad de los tiempos de



reaprovisionamiento. Todo ello, debe ser tenido en cuenta para establecer una política de inventario óptima.

El modelo de Planificación utilizado en este caso por BBraun, es de Periodo Fijo con revisión semanal. Es decir que una vez a la semana, se revisa el nivel de inventario de todas las medidas de implantes. Si este nivel de inventarios es menor al punto de reposición, se pide una cantidad variable tal que cubra los objetivos de cobertura. Las reposiciones se realizan semanalmente por transporte aéreo.

Si por alguna razón no se dispone de todas las medidas necesarias, se determina si el faltante de medidas está dentro del considerado grupo de medidas críticas o centrales. De ser así, se informa al cirujano con la mayor antelación posible para que proceda a suspender la cirugía.

Como el pronóstico se revisa mensualmente, todos los parámetros de la Política de stock se definen de manera dinámica. Es decir, en lugar de establecer una cantidad fija de unidades a reponer o mantener, se utiliza como medida del inventario el ratio cobertura (Capítulo VI). De esta manera, se expresan los objetivos de inventario de manera dinámica como una función de la demanda pronosticada. Si cambia el pronóstico, cambian las cantidades a mantener en el inventario. Así nos aseguramos que durante los periodos de baja demanda, también bajen las coberturas y no se mantengan innecesariamente niveles elevados de existencias.

Ejemplo: Determinación dinámica del stock de seguridad

$$\text{Stock de Seguridad (semanas)} = \frac{\text{Stock Seguridad (unidades)}}{\text{Pronóstico Mensual (unidades/mes)}} \times 4,33 \text{ (semanas/mes)}$$

Política de Stock de Seguridad = 8 semanas



$$\text{Por lo tanto: Stock Seguridad (unidades)} = \frac{8 \text{ (sem)} \times \text{Pron. Mensual (un/mes)}}{4,33 \text{ (semanas/mes)}}$$

Como la Política de 8 semanas es fija, si se incrementa el pronóstico de demanda, también se incrementará el stock de seguridad a mantener.

$$\text{Stock Objetivo (un)} = \text{Stock de Seguridad} + \text{Demanda durante el LT de reposición:}$$

$$\text{Stock Objetivo (un)} = \text{Stock Seg. (un)} + \text{demanda (un/día)} \times \text{Lead Time Total (día)}$$

Esta fórmula demuestra de qué manera se combinan los efectos del pronóstico y del lead time de reposición en el inventario. Si se incrementan los lead time de reposición, así lo harán los inventarios puesto que serán necesarias mayores cantidades de unidades para soportar el consumo por un periodo mayor.

El stock objetivo luego se compara con el existente al momento de la revisión (semanal)

$$\text{Stock Existente (un)} = \text{Stock en Depósito} + \text{Tránsito} - \text{Reservado}$$

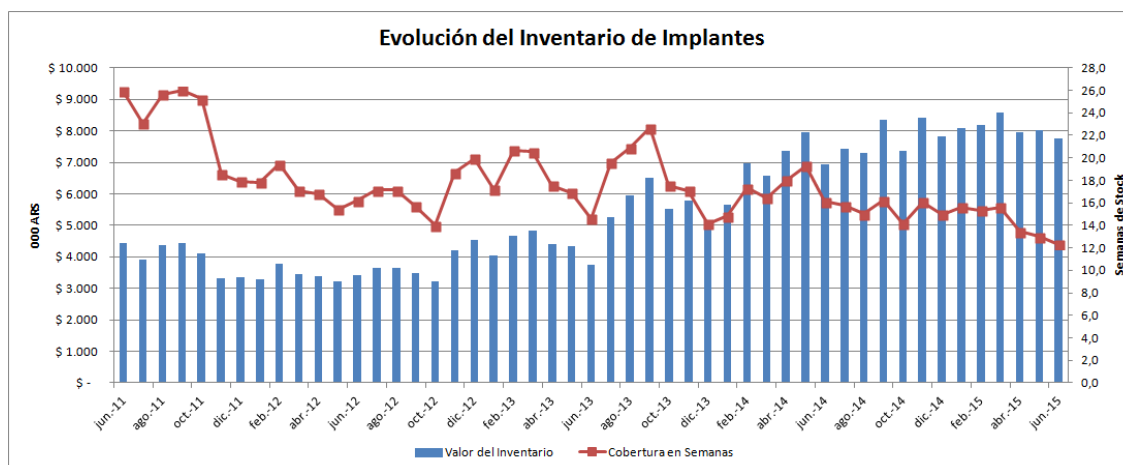
Así, si Stock Existente es menor al Stock Objetivo, entonces se ordena la reposición

$$\text{Cantidad a Ordenar } q \text{ (un)} = \text{MIN} [(\text{Stock Objetivo} - \text{Stock Existente}); \text{Stock Máx.}]$$

Como mencionáramos, una vez por semana se compara el stock existente vs. el stock objetivo y se repone en consecuencia. Adicionalmente se recalcula el pronóstico mensualmente en función de las ventas pasadas.

Como se puede ver, la política de 8 semanas de stock implica fijar un stock inmovilizado para 2 meses de consumo, los que se adicionan al stock para soportar la demanda en el tiempo de reposición. Cabe destacar que aún cuando tenemos semejante nivel de cobertura, las variabilidades de la demanda y de los lead time de reposición, hacen que el nivel de servicio sea insuficiente: 72%.

En el siguiente gráfico, se puede ver la evolución del nivel de stock valuado y su correspondiente cobertura expresada en semanas (Fig. 6.11)



Fuente: Elaboración propia, datos de gestión de BBraun Medical S.A.

Figura 6.11

Para tener como referencia, podemos observar la columna de la derecha donde podemos ver que el nivel de inventario total actual a Junio llegó a 12 semanas. Esto representa el equivalente a 3 meses de ventas que aún así está por debajo del objetivo de 14 semanas!

Tiempos de Reposición

Como se puede ver en los apartados anteriores, si fuera posible realizar un pronóstico certero de la demanda y a su vez los tiempos de abastecimiento fueran estables y menores, no sería necesario establecer inventarios de seguridad y por otra parte podría reducirse enormemente los inventarios a partir de una demanda conocida y estable.

De acuerdo a lo establecido con Alemania, un implante estará disponible para su consumo, a los 42 días corridos desde la fecha en que se ordena. Si se tiene en cuenta que se utiliza el medio de transporte más rápido, el avión; es importante destacar la cantidad de días que tardan gestiones de preparación de pedido, Aduana y autorizaciones de importación.

Un avión tarda no más de 15 horas de vuelo neto entre Tuttlingen y Ezeiza, no obstante esto, se establecen 42 días de tiempo de reaprovisionamiento, que como vimos; terminan siendo afrontados con mayores niveles de inventario.



Siguiendo con el ejemplo del kit de cirugías de Rodilla Primaria, en el Anexo III, se presenta la variabilidad de los tiempos reaprovisionamiento reales respecto del estándar para cada medida de implante de este kit: La tabla muestra la cantidad de días promedio de desviación del lead time real respecto al prometido por Alemania. Los valores positivos deben interpretarse como días de atraso por encima de los 42 días estándar. Esta variabilidad repercute directamente en los niveles de inventario de seguridad puesto que con ellos es necesario compensarlas.

Para tener una idea del potencial por delante, sólo para el caso de BBraun Argentina, es necesario planificar, importar y mantener inventarios para 640 medidas diferentes de implantes¹ con un valor de stock promedio diario de EUR 650.000².

Lo expuesto anteriormente, nos muestra la dinámica por medio de la cual se generan inventarios, dados los tiempos necesarios de reposición cuya magnitud, no permite un tiempo de respuesta adaptado a las necesidades del negocio.

Dicho de otro modo, podrían evitarse estos inventarios, si fuera posible agendar una cirugía con 43 días de antelación (se necesita al menos 1 día para el esterilizado), se tuviera plena certeza de que a los 43 días se dispondrá del implante y además se conociera con precisión qué medida de implante va a ser consumido. Como hemos visto, la alta variabilidad de estas variables sumada a la falta de información del paciente, nos llevan a tener que construir inventarios para suplir la demanda.

Por otro lado, por más que se puedan optimizar los tiempos de gestión de importaciones al punto tal de llevarlos a su mínima expresión; no será posible evitar el tiempo de tránsito del vuelo de Alemania a Argentina (y su

¹ Datos obtenidos de la herramienta de gestión de stock VMI "Tercer Ojo" de BBraun Argentina. Valores para el periodo Enero-Agosto 2015.

² Datos obtenidos de la herramienta de gestión del Negocio "Globe" de BBraun Argentina. Valores para el periodo contable Enero-Julio 2015.

variabilidad). En consecuencia siempre será necesario contar con todo el kit de medidas de implantes listos para su potencial utilización al momento de la cirugía (esto es así dado que el lead time de un vuelo es mucho mayor al lead time que necesita un cirujano al momento de definir qué medida de implante a utilizar).

Es en este punto, donde la evolución de las técnicas de impresión 3D de implantes jugarán un papel preponderante, logrando un cambio disruptivo en los modelos de abastecimiento de estos productos y consecuentemente en los modelos de negocio de las Empresas dedicadas a este rubro.

Costos del Abastecimiento

El costo del abastecimiento puede ser subdividido en los siguientes componentes:

- Costos de ordenar: básicamente constituido por el costo del personal para planificar colocar y dar seguimiento a las órdenes de compra. Adicionalmente podría considerarse dentro de este rubro el costo de la licencia del software utilizado.
- Costos de Importar : transporte, despachantes y derechos de nacionalización
- Costos de almacenaje : costos del personal de almacén e infraestructura

A modo de ejemplo, se muestra en el Anexo IV, el desglose del costo de importar un kit de implantes de rodilla con todos sus componentes. Como se puede ver en la tabla, el costo de éste kit nacionalizado es de USD 17.500 *por cada kit*. En cuanto a los gastos de ordenar y almacenar, dado que son costos distribuidos, cuando se aplican a la unidad de 1 kit, no son de gran impacto como el costo anteriormente mencionado.



No obstante a los fines de completar el cálculo, se resume en el siguiente cuadro un resumen de los costos de abastecimiento en su totalidad:

Gastos Totales Almacén AESCULAP	Monto	Unidad
Gastos de Almacén	20.983	USD/MES
Planificación y Comercio Exterior	5.770	USD/MES
Total de Costos de Almacén y Ordenar	26.753	USD/MES
% Ventas de Rodillas	25%	
Total de Costos de AlmyOrd Rodilla	6.688	USD/MES
Número de KITS Rodilla	11 kits	
Total de Costos de AlmyOrd Rodilla	608	USD/MESxKIT
Costos de Importación (*)	17.505	USD/KIT

(*) Ver detalle en Anexo IV

Fuente: Elaboración propia, costos de BBraun Medical S.A., Julio 2015

Tabla 6.12

De este cuadro se desprende de forma simple, que si fuera posible encontrar los mecanismos para producir el kit de implantes in-situ y éste a su vez fuera inferior a usd 17.500, sería conveniente dejar de importar para pasar a producir. Pero adicionalmente, si este mecanismo de producción fuera lo suficientemente rápido y personalizable; sería posible imprimir sólo las medidas necesarias y no el kit completo.

De esta forma, sería posible eliminar el concepto de kit puesto que ya no sería necesario y tampoco se incurriría en gastos de almacén y ordenar porque la rapidez del mecanismo haría que no fuera necesario mantener inventarios.

CAPITULO VII: MODELOS DE ABASTECIMIENTO BASADOS EN IMPRESIÓN DE IMPLANTNES 3D

En la actualidad, el sistema de Producción de Implantes es Centralizado en unas pocas Plantas debido al hecho que son necesarias grandes inversiones en infraestructura y maquinaria especializada para poder producir. Instalar una Planta en cada país donde se atiende un Mercado, no es viable desde el punto de vista económico para este tipo de productos de alto valor. Los costos (y riesgos) de traslado de producto terminado de un país a otro son mucho menores a los de mantener una Planta Industrial. Esto da origen a establecer



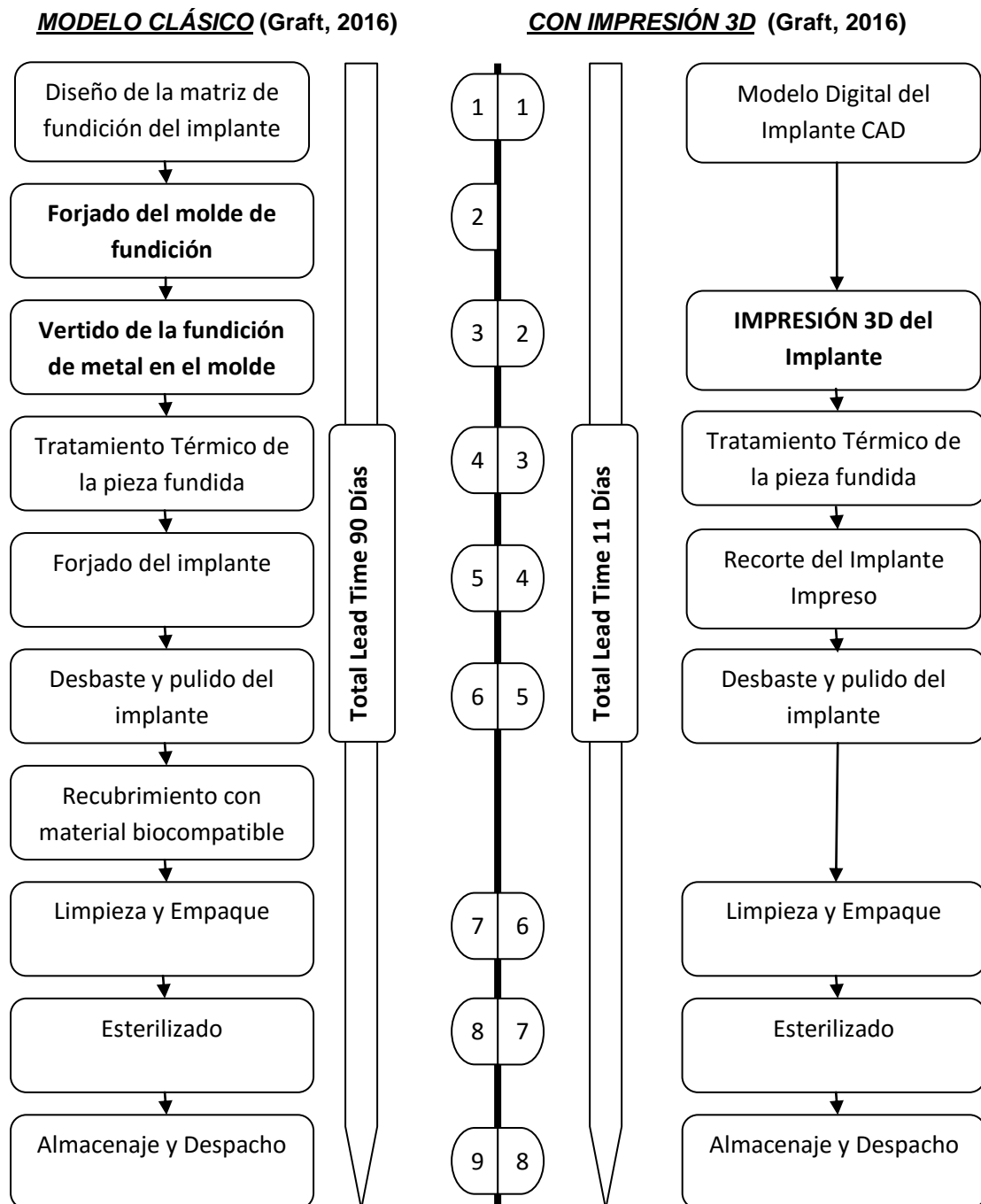
redes de distribución globales para los productos de manera de llegar a todas los mercados como vimos en el caso de BBraun.

Con la evolución de las impresoras 3D, estas grandes inversiones en infraestructura para poder producir implantes se verán profundamente desafiadas. El costo del traslado será la variable más importante frente al costo de adquirir e instalar una impresora 3D cerca del lugar de consumo.

Para poder evaluar los efectos en los niveles de inventario entre un sistema clásico y uno basado en impresoras 3D, es necesario describir como son ambos modelos de producción y abastecimiento.

Tomaremos como base de ejemplo, un modelo de producción y abastecimiento de implantes para rodilla. Si bien cada tipo de implante tiene sus particularidades, la actividades de producción por las cuales tiene que pasar el implante son iguales para cada tipo de implante sea de rodilla, cadera o columna.

A continuación se muestran ambos procesos (Fig. 7.1):



Fuente: Elaboración propia en función de datos de BBraun Medical Alemania

Figura 7.1

En el esquema de arriba se observa la cantidad de operaciones necesarias para un modelo y el otro y además es posible ver en que parte de la cadena productiva se inserta el proceso de impresión 3D.



En el caso de un modelo clásico son necesarias 9 operaciones, para un modelo basado en impresión son necesarias 8 operaciones.

No obstante la cantidad de operaciones, lo más destacable y de ahí la gran potencialidad de esta tecnología, es que las actividades que reemplaza en un modelo clásico, poseen muy diferentes tiempos de ejecución y flexibilidad.

En el modelo clásico, es necesario diseñar y fundir una matriz específica sobre la cual se verterá el metal fundido para lograr la forma del implante. Esta matriz es reutilizada para la misma medida de implante y sufre un natural desgaste por su uso. Si se quiere cambiar la medida del implante o se necesitan ulteriores ajustes del diseño, es necesario diseñar y contar con una matriz diferente.

En el modelo basado en impresión 3D, la matriz y la fundición son reemplazadas por la generación de un modelo digital del implante (ver capítulo II). Luego este modelo digital es introducido en la impresora, la cual lo interpreta y por medio de tecnología de manufactura aditiva láser conforma el implante. Si se quiere cambiar la medida del implante, simplemente se debe introducir el nuevo modelo digital en la impresora. Este modelo digital no sufre desgaste, es más económico y además puede ser redefinido tantas veces como sea necesario. Adicionalmente, con la impresión 3D no es necesario realizar el proceso de recubrimiento con polímeros biocompatibles al metal, puesto que se pueden incorporar al proceso de impresión conjuntamente con el metal en polvo.

Si comparamos los tiempos o lead times desde que se diseña un implante hasta que este se encuentra en el almacén para su comercialización, la diferencia de tiempos es sorprendente. En el modelo clásico, son necesarios 90 días para poder diseñar la matriz, forjar la misma y producir el implante.

En contraste, una línea de producción con impresión 3D sólo necesita 11 días, dentro de los cuales sólo 24 horas son necesarias para realizar el proceso de impresión en sí mismo. El resto del tiempo se distribuye en las actividades posteriores a la impresión.



Si además consideramos la complejidad de las instalaciones necesarias para realizar las operaciones de fundición, versus reemplazar estas operaciones por una sola máquina de impresión 3D (las operaciones posteriores podríamos considerarlas iguales para ambos modelos); la cuantía de la inversión es considerablemente mayor en el modelo clásico.

Cabe mencionar que no es objeto de éste Estudio, abordar las ventajas de economía de escala que pudiera afrontar una instalación Industrial clásica versus una instalación basada en impresión 3D.

Impacto en los inventarios

Para poder analizar el impacto que tendría en los inventarios el uso de tecnología de impresión 3D, tomaremos como ejemplo el caso de Braun Medical Argentina como importadora de implantes de Alemania de acuerdo a lo explicado en el Capítulo VI.

La variable que se tomó como base para la medición del impacto en el inventario, es la valuación del inventario medido en dólares estadounidenses. El método de costeo elegido para llegar al valor de las existencias, fue el método de costeo clásico por costo de reposición.

De forma complementaria, se obtuvo la evolución del stock promedio móvil a lo largo del periodo medido también en dólares estadounidenses.

Finalmente la medida del impacto en entre un modelo clásico y un modelo como el propuesto, vendrá dada por la diferencia de los niveles de inventario a lo largo del periodo considerado entre ambos modelos.

En este caso, compararemos los niveles de inventario de materia prima y producto final de Braun Argentina según dos modelos de abastecimiento:

Modelo I: modelo clásico (actual)

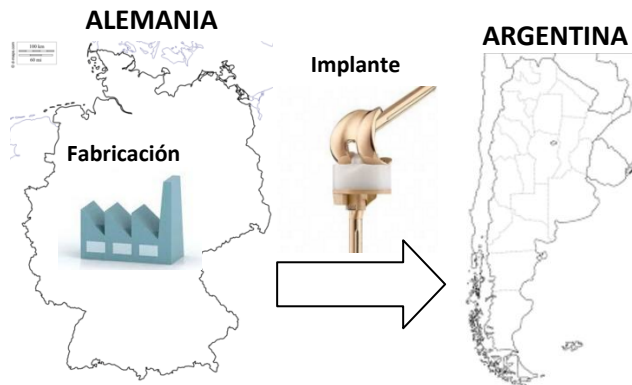


Figura 7.2

Modelo II: modelo basado en impresión 3D

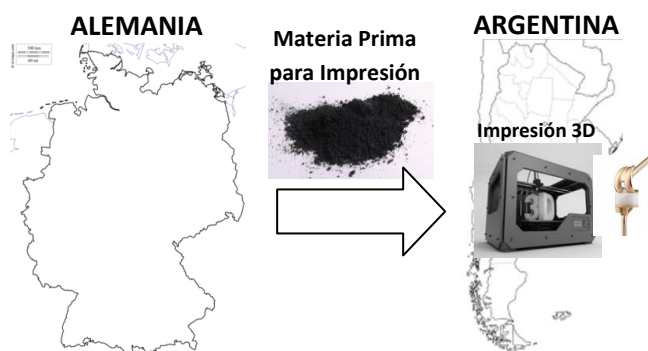


Figura 7.3

El modelo I, es el modelo actual explicado en el capítulo VI, donde los implantes son importados como bienes finales y comercializados en el mercado. En este caso, se tomará el precio de importación como el valor de base para valorizar los inventarios (Anexo IV).

En el modelo II, se plantea poder importar de Alemania la materia prima para poder realizar la impresión 3D del implante en Argentina.

Como vimos en el Capítulo III y V, ésta tecnología está permitiendo la impresión de piezas metálicas por medio del método de manufactura aditiva láser, sobre sustratos de aleaciones de titanio o cobalto en polvo.

Dada la cantidad de sistemas de cirugías que existen (cadera, rodilla, columna, etc.), se tomará para el análisis el caso de implantes para cirugía de rodilla.

Adicionalmente, como explicamos anteriormente, una cirugía se asiste por medio de un kit de instrumental y un kit de implantes; el cual contiene todas las medidas de prótesis potencialmente utilizables en la intervención. Éste kit se compone de implantes para cada parte de la anatomía de la rodilla: fémur, inserto, tibia, rótula y a su vez una para cada rodilla: izquierda y derecha (no son intercambiables)



Fuente: Elaboración propia para Sistema de Rodilla modelo "Columbus" de Braun Medical Alemania.

Figura 7.4

Para nuestra comparativa se tomará como caso particular la importación de implantes derechos de diversas medidas de fémur (fig.7.5)



Fuente: Elaboración propia implante para fémur modelo "Columbus" de Braun Medical.

Figura 7.5

Este mix específico de implantes objeto del análisis, tiene los siguientes números de artículo de acuerdo a la medida:

1	NN172K	COMP.FÉMORAL CEMENTADO F2R
2	NN173K	COMP.FÉMORAL CEMENTADO F3R
3	NN174K	COMP.FÉMORAL CEMENTADO F4R
4	NN175K	COMP.FÉMORAL CEMENTADO F5R
5	NN176K	COMP.FÉMORAL CEMENTADO F6R
6	NN177K	COMP.FÉMORAL CEMENTADO F7R

Determinación del costo del implante importado

Para el costeo, se tomó el costo base del implante importado que incluye costo y flete aéreo hasta Argentina (incoterm CIP). Por razones de confidencialidad, este costo es un precio de transferencia aproximado entre Braun Medical Alemania y Braun Medical Argentina.

Finalmente para calcular el costo del implante nacionalizado en Argentina, se tomó cada una de las diferentes medidas de los implantes y posición arancelaria correspondiente. En función de ésta, se buscó el porcentaje de derechos de importación, impuestos, gastos de acarreo y despachante. El costo del implante nacionalizado se calculó como la suma del precio de transferencia, derechos de importación, impuestos, gastos de acarreo y despachante para cada artículo.

Dado que los implantes difieren en sus medidas solamente, no así en su composición; la posición arancelaria es la misma por lo que el costo nacionalizado de cada medida resultó idéntico para cada uno de los artículos de cada medida prótesis (Tabla 7.6). El resumen de estos cálculos para éstas y otras prótesis se adjunta en el Anexo IV.



Implante	Costo Nacionalizado (USD/Unidad)
NN172K	USD 668,22
NN173K	USD 668,22
NN174K	USD 668,22
NN175K	USD 668,22
NN176K	USD 668,22
NN177K	USD 668,22

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de datos de BBraun Medical S.A.

Tabla 7.6

Determinación del costo del implante impreso

Para poder determinar el costo de un implante impreso, se estimó el costo de impresión utilizando una impresora marca EOS M280 (EOS) cuyas características se pueden ver en el Anexo V (Graft, 2016).

La elección de esta modelo de impresora no fue arbitraria. Éste modelo de impresora que fue el adquirido por Braun Medical en Alemania para imprimir un tipo de prótesis especial, utilizada para reemplazar espacios óseos. En la actualidad se encuentra en fase experimental la impresión de prótesis metálicas completas comparables a las forjadas mediante manufactura clásica.

La materia prima elegida para poder imprimir el implante en la impresora EOS, fue la aleación denominada "CoCr28Mo6". Una aleación de Cromo Cobalto y Molibdeno en polvo cuya aplicación en la impresión 3D aditiva es cada vez más amplia. Las características de esta aleación se pueden apreciar en el Anexo VI.

De la misma manera que se hizo para los implantes, se clasificó ésta aleación en función del lo exigido por el Nomenclador Aduanero Común. De esta forma se pudo encontrar la posición arancelaria que le corresponde para así conocer los porcentajes de derechos de importación a ser aplicados.

Con respecto al costo de la materia prima, este dato fue suministrado por el departamento de R&D de Braun Medical Alemania y por razones de confidencialidad se tomó un costo aproximado (Graft, 2016).



En el siguiente cuadro se resumen los valores de base para calcular el costo del kilogramo de aleación nacionalizado en Argentina:

Método de Impresión 3D:	Impresión Aditiva
Modelo de Impresora:	EOS M280
Materia Prima Utilizada:	CoCr28Mo6 Aleación de Cromo Cobalto Molibdeno en polvo
Costo Materia Prima CIF Arg:	287,5 USD/KG
Posición Arancelaria:	8105.90.90 000 J
Derechos de Importación:	6,50%
Tasa Estadística:	0,50%
Costo Mat. Prima Nac.	307,63 USD/KG

Para poder obtener el costo del producto terminado impreso, fue necesario determinar los Costos Directos y los Costos Indirectos de Fabricación.

En el Anexo VII se puede ver en detalle cómo se calculó cada uno de los componentes de ambos costos.

Costos Directos de Fabricación

Dentro de los costos directos de Fabricación se contempló el costo de la materia prima nacionalizada arriba mencionada, el costo de los consumibles de la impresora 3D y el costo de la mano de obra directa.

El costo de los consumibles se estableció en dólares por hora, tomando como base las especificaciones de consumo de la Impresora EOS M280 (Anexo V). Este costo viene dado por dos consumibles principales: energía eléctrica y gas Argón.

Para el caso del costo de Mano de Obra directa, se asumió un esquema de trabajo de Lunes a Viernes en 3 turnos, con 3 operarios en total.

Costos Indirectos de Fabricación

Las componentes de este costo son: amortización de las impresoras 3D, amortización Edilicia y Mano de Obra Indirecta.

Para eliminar los efectos de saturación de capacidad y de esta forma hacer fijo el tiempo de fabricación de cada implante, se asumió la compra de una impresora para cada medida de Implante.

Dadas las dimensiones de las impresoras, se planteó que las instalaciones de Braun Medical Argentina pudieran tener que ser ampliadas en 300 metros cuadrados a un costo por metro cuadrado de 1666 USD/mts²

Finalmente, será necesario adicionar 1 jefe de Producción y 1 representante comercial a la estructura para poder llevar adelante el desarrollo del Proyecto.

<u>Resumen Costos Unitarios</u>		
Directos		
Materia Prima	\$ 307,63	usd/kg
Mano de Obra Directa	\$ 10,42	usd/hora
Consumibles	\$ 274,833	usd/hora
MO+CONSUMIBLES	\$ 285,25	usd/hora
Indirectos		
Driver de Distribución		20 Días/Mes
Amortizaciones	\$ 2.917	usd/día
MOI	\$ 233	usd/día
Total Indirectos	\$ 3.150	usd/día

Fuente: elaboración propia en función de datos de BBraun Medical

Tabla 7.7

Para poder calcular el costo final de la prótesis y tomando de base los costos unitarios calculados en el aparatado anterior; es necesario conocer qué cantidad de materia prima consumiría cada implante y que tiempos de impresión son necesarios para cada unidad.

La cantidad de materia prima a consumir, se estimó en función del peso de cada implante al que se le adicionó un 2% de desperdicio (Graft, 2016).

De esta forma, la cantidad de gramos de aleación de Cromo Cobalto a consumir es la siguiente:

Comp	Descarte	Gramos Netos por Implante
NN172K	2%	317
NN173K	2%	342
NN174K	2%	373
NN175K	2%	423
NN176K	2%	472
NN177K	2%	559

Fuente: elaboración propia en función de datos de BBraun Medical.

Tabla 7.8

En lo que respecto a los tiempos de producción, se tomó el tiempo necesario para completar la operación de impresión y los tiempos de post tratamiento por ser esta parte del proceso la que marginalmente difiere del modelo clásico de abastecimiento. En otras palabras, la impresión 3D reemplaza todos los procesos anteriores de creación de matriz y fundición del implante.

De acuerdo a los datos recabados del Proyecto de Braun Medical en Alemania, los tiempos de Impresión y Post Tratamiento son los siguientes:

Tiempo de Impresión	24	Horas por cada Lote
Tamaño de Lote Mínimo	3	Unidades Iguales
Actividades de Post Tratamiento (Actividades 3,4,5,6 y 7 del modelo Impresión 3D)	120	Horas por Lote
Tiempo Total de Producción	144	Horas por Lote
	6	Días/Lote

Fuente: elaboración propia en función de datos de BBraun Medical.

Tabla 7.9

Los 6 días necesario de impresión, contrastan a primera vista con los 45 días necesarios para poder importar un implante.

*Simulación del Inventario*

Si comparamos el costo de importar un implante versus el costo de imprimir ese mismo implante de acuerdo a lo visto anteriormente, la comparativa es la siguiente:

	Costo Unitario Implante Importado USD	Costo Unitario Implante Impreso USD
NN172K	\$ 668,22	\$ 2.380
NN173K	\$ 668,22	\$ 2.387
NN174K	\$ 668,22	\$ 2.397
NN175K	\$ 668,22	\$ 2.412
NN176K	\$ 668,22	\$ 2.427
NN177K	\$ 668,22	\$ 2.454

Fuente: elaboración propia en función de datos de BBraun Medical.

Tabla 7.10

En la tabla de arriba, se puede ver que el costo de imprimir un implante es dos y veces más caro que el costo de importar ese mismo implante.

No obstante esto, esta diferencia sustancial de costos no permite inferir que tal diferencia terminará por favorecer los niveles de inventario de implantes importados en detrimento de la fabricación.

Como vimos en apartados anteriores, existen otras variables a tener en cuenta en un modelo de inventario además del costo del producto. Es así que debemos considerar las existencias de seguridad, los tiempos de reposición y el tamaño de pedido; por citar algunas de las más importantes.

Surge entonces la necesidad de simular como se comportará el inventario incorporando todas estas características para ambos escenarios: importado e impreso.



El método elegido fue tomar el historial de ventas diarias reales ³ de este tipo de prótesis a lo largo de tres años. Específicamente se tomó el periodo que va de Enero de 2012 a Marzo de 2016.

Esa demanda diaria real, arrojó un total de 288 días para este grupo de implantes, que fueron tomados como base para simular el nivel de inventario diario alcanzado por un escenario clásico de importación en comparación con un escenario que asume impresión 3D.

De esta forma se busca responder a la pregunta: que valor hubiera tomado el inventario si en lugar de importar estos implantes los hubiera podido imprimir localmente.

Simulación de inventario de implantes importados

Para seguir la evolución del stock en el caso de las prótesis importadas, se aplicó la misma política de stock que utiliza en la actualidad Braun Medical Argentina para este grupo de artículos. Se asume esta política de stock porque la misma asegura un alto nivel de servicio. De esta manera prescindimos del impacto que pudiera tener sobre el nivel de servicio, elegir una política de stock con menores coberturas.

En resumen tenemos para este escenario los siguientes parámetros de base:

- Modelo de Planificación: periodo fijo con revisión cada 1 día
- Cantidad Mínima a Ordenar: 1 unidad
- Tiempo de Abastecimiento: 45 días³
- Existencias de Seguridad: equivalente a 8 semanas de ventas dinámico.
- Método de Costeo del Inventario: costo de reposición

³ Tiempo actuales de importación desde que se coloca la Orden de Compra hasta que arriba vía aérea el implante al Almacén de Braun Medical Argentina.



Establecidos los parámetros de base, el método para simular el inventario fue el siguiente:

1. Se establece el inventario inicial en el día 0
2. Se calcula el stock de seguridad equivalente a 8 semanas de venta tomando como base el promedio de las ventas esperadas diarias durante los próximos 30 días.
3. Se calcula el stock objetivo, como la suma del stock de seguridad más el stock necesario para soportar la venta promedio diaria durante el tiempo de reposición de 45 días.
4. Día a día, se compara el stock objetivo con respecto al nivel de existencias. Si el nivel de stock actual es inferior al stock objetivo, se procede a ordenar las unidades que faltan.
5. Se recalcula el costo del inventario con el ingreso de nuevas unidades al costo de adquirirlas.
6. Se registra el valor total del inventario para ese día.

Simulación de inventario de implantes impresos

Se parte de la misma base de necesidades diarias que para el caso de implantes importados.

Dado que este modelo no existe en la realidad, la política de stock se asume para lograr un alto nivel de servicio.

Para hacer esto se calculó la media y el desvío estándar del historial de ventas de los últimos tres años y se aplicó la fórmula de cálculo de inventario de seguridad vista en el Capítulo I, aplicando un nivel de confiabilidad para un Z cuyo nivel de servicio sea del 95%. En aquellos donde por escaso historial el cálculo daría cero, se fijó el stock mínimo de seguridad en 1 unidad, puesto que como se mencionó antes es necesario contar con todo el espectro de medidas potencialmente implantables.



El siguiente cuadro resume en la línea inferior el stock de seguridad resultante para cada medida de prótesis.

	NN172K	NN173K	NN174K	NN175K	NN176K	NN177K
Grand Total	12	111	276	239	139	28
Media Demanda	1,0	1,3	1,6	1,6	1,2	1,0
Desviación Estándar	0,00	0,67	0,91	1,02	0,49	0,19
<u>Intervalo de Confianza 3s</u>						
Demanda Mínima	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Demanda Máxima	1,00	3,00	4,00	4,00	2,00	1,00
95% de Confiabilidad	0,00	1,00	2,00	3,00	1,00	0,00
Stock de Seguridad	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	1,00

Para este escenario se tomaron los siguientes parámetros de base:

- Modelo de Planificación: periodo fijo con revisión cada 1 día
- Cantidad Mínima a Ordenar: 3 unidades
- Tiempo de Abastecimiento: 7 días
- Existencias de Seguridad: fijo para cada tipo de implante para una confiabilidad del 95%, media y desviación estándar de acuerdo al historial de venta.
- Método de Costeo del Inventario: costo de reposición

La secuencia para el cálculo del inventario difiere respecto al anterior, puesto que es necesario incurrir en tiempos de fabricación. Adicionalmente, al valor del inventario de producto terminado, hay que sumarle el valor del inventario de materia prima necesario para asegurar la producción de los implantes impresos. De esta forma, el método es como sigue:

1. Se fija el stock de seguridad según el implante necesario para el día de acuerdo a la tabla arriba mencionada.
2. Se calcula el stock objetivo como la suma del stock de seguridad más el stock necesario para soportar la demanda promedio durante el tiempo de reposición de 7 días.



3. Se compara el stock objetivo con el stock actual. Si éste último es inferior, se ordena producir tantas unidades como surjan de la diferencia.
4. Se calcula el número de lotes necesarios para imprimir esa cantidad.
5. Tomando de base las horas por lote, se calcula la cantidad de horas de producción necesarias.
6. Con el tipo de implante y conociendo los gramos por implantes más el desperdicio se calcula la cantidad de materia prima necesaria para producir los lotes.
7. Se obtiene el costo de Producción de los lotes sumando el costo total de materia prima y horas necesarias.
8. Se recalcula el nivel de inventario de producto terminado en función del nuevo costo de reposición.
9. Se calcula el nivel de inventario total por medio de la suma del valor del stock de producto terminado y valor del stock de materia prima.

Para la simulación del stock de materia prima, se asumen los siguientes parámetros de base:

Tiempo de Abastecimiento: 50 días

Cantidad mínima a ordenar: 1 bolsa por 25 kg cada una

Stock de seguridad: 0 kg puesto que las variaciones de consumo son en gramos

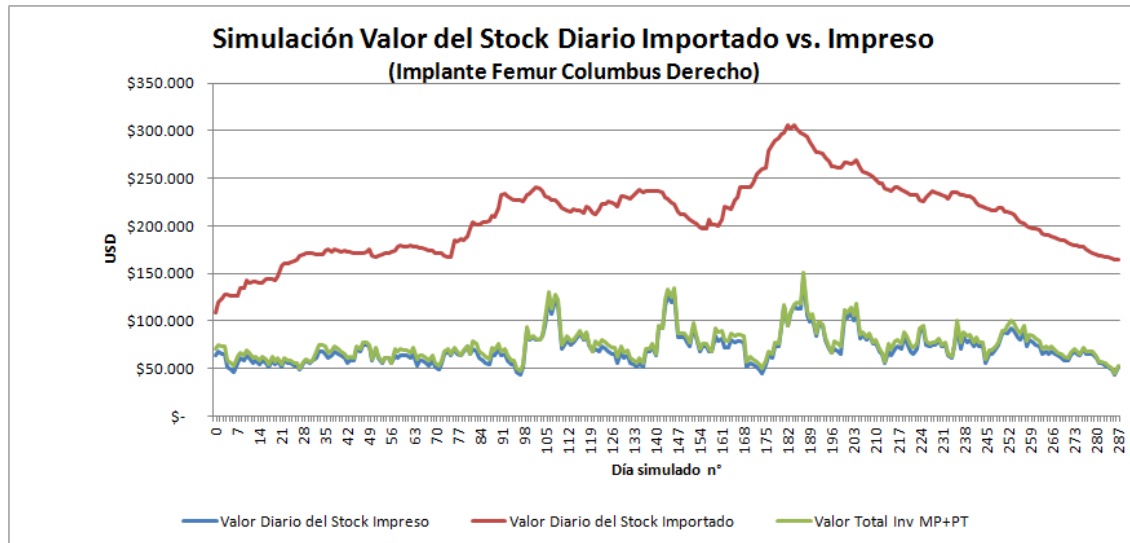
El cálculo de stock de materia prima se obtiene de:

1. Se suman las necesidades de materia prima para cada día de cada implante y se establece esta cantidad como stock objetivo
2. Se compara el stock objetivo con el stock actual. En caso de que éste último sea menor se ordena la diferencia tomando como base que la cantidad mínima a ordenar es de 25kg.

Comparación del nivel de inventario importado versus impreso

Utilizado el método descrito arriba, fue posible armar una curva de evolución del inventario total de un escenario y el otro día a día.

Los resultados se muestran en el siguiente gráfico:



Fuente: Elaboración propia en función de la simulación en Excel

Figura 7.11

Del la serie de datos obtenida, surge que:

	Impreso	Importado
Stock Promedio	USD 75.532	USD 179.971
DesvStd	USD 17.126	USD 30.377

Fuente: Elaboración propia en función de los resultados del análisis

Como se puede apreciar, aún cuando el costo unitario de un implante importado es mucho menor al de un implante impreso, dados los altos tiempos de reposición, son necesarios mayores stock de seguridad y reposición. Esto resulta en una necesidad mayor de inventarios respecto al escenario de impresión 3D. Pues en este último, los bajos tiempos de reposición permiten trabajar con niveles de inventario promedio un 60% menores que en el caso del escenario clásico de implantes importados.



En el caso de los costos de inventario de implantes impresos, no se contempló la amortización de las instalaciones para el post tratamiento de los implantes lo que en un primer periodo podría disminuir esta brecha del 60%. No obstante, podríamos considerar que estos costos se diluyen por unidad puesto que estas instalaciones permiten el tratamiento de grandes cantidades de unidades en un sólo lote.

A los fines de este trabajo, adicionar este costo no modifica cualitativamente el impacto de la tecnología de impresión 3D en los modelos de abastecimiento de implantes.

CONCLUSIONES

De lo analizado en el presente trabajo, podemos concluir que la tecnología de impresión 3D aplicada a la producción de prótesis metálicas complejas, resulta muy prometedora en términos de ahorro de tiempos de producción. A su vez, dado que los niveles de inventario están relacionados en forma directa a los tiempos de abastecimiento; este ahorro de tiempo se traduce en una menor necesidad de inventario con el consecuente ahorro económico para las Empresas.

No obstante esto, no es posible prescindir de los inventarios aún en el caso de las líneas de impresión 3D, puesto que es necesario realizar operaciones de post tratamiento del implante metálico. Esto incrementa los tiempos de fabricación que son muy superiores a los requeridos por el cirujano (días versus horas). Como consecuencia de esto, es que en la actualidad, tampoco se puede pensar en instalar impresoras de implantes metálicos en los quirófanos para hacerlos a medida. Pues los tratamientos térmicos necesarios lo harían impracticable.

Por otro lado, es posible extrapolar los resultados obtenidos para este grupo de prótesis, al conjunto de otras prótesis como cadera , columna o neurocirugía; que comprende el portfolio de una Empresa como Braun Medical. Pues en todos estos casos, el proceso es el mismo: el modelo clásico exige de matrices, fundición y forjado de los metales; mientras que todos estos



procesos pueden ser reemplazados por una impresora 3D. La reducción de tiempos de fabricación se da en todos ellos. Incluso en alguno de estos hay mayor productividad. Por ejemplo en el caso de ciertos implantes de cadera, es posible imprimir hasta 10 unidades por lote⁴ en el mismo plazo que se imprimen 3 unidades implantes de rodilla como el analizado.

El efecto multiplicador que hoy se da en los inventarios, por la necesidad de mantener kits de implantes con todas las medidas para cada tipo de cirugía, también se transforma en un divisor cuando aplicamos tecnología de impresión 3D. La reducción de kits que permite disponer de implantes en 7 días en lugar de 45, es muy grande. Si además trasladamos este razonamiento a la Empresa Braun a nivel Mundial, es posible pensar en una producción descentralizada con impresoras cerca de los lugares de consumo, lo que supone un cambio disruptivo para esta Industria. Si se resuelve la necesidad de utilizar implantes metálicos por sus resistencia y se los reemplaza por implantes con biomateriales plásticos, la necesidad de post tratamiento térmico no será necesaria. Esto permitirá una descentralización de la Producción haciendo caducar las grandes instalaciones de fundición y forjado de la actualidad.

Por otra parte si bien no se analizó en profundidad lo referido a costos de producción, es sencillo pensar que los montos de inversión necesarios para montar una Industria clásica de producción de implantes, son comparativamente muy superiores a la inversión necesaria para poder instalar una línea de impresión de implantes. Simplemente el hecho de que una Planta Industrial requiere de instalaciones para fundición y forjado, le agregan mucho más complejidad que aquella que simplemente necesita de un equipo de impresión 3D como el del ejemplo.

Es sabido que en hoy en día, la evolución de la tecnología va a ritmos mucho más acelerados que la evolución de los modelos de negocio, impactando al punto tal de extinguirlos. Modelos de negocio como los de Kodak, con el



surgimiento de la tecnología de fotografía digital, o Blockbuster con el surgimiento del “streaming” de videos; se vuelven obsoletos rápidamente.

Si bien el desarrollo de prótesis e implantes complejos aún es incipiente, hoy en día existen Empresas dedicadas a la comercialización de implantes impresos. En este sentido, podemos asumir que poco a poco las barreras económicas para la producción con éstas técnicas se van superando.

Un aspecto muy importante que cabe destacar y que no atañe solamente a lo económico, está relacionado al cumplimiento de las Regulaciones Gubernamentales del Mercado de la Salud; las cuales pueden echar por tierra cualquier desarrollo por más económico que éste pueda ser. Las exigencias de las Normas produce un efecto freno en el rápido desarrollo de las aplicaciones médicas ralentizando el proceso evolutivo. Son necesarias grandes cantidades de dinero y tiempo para poder obtener la aprobación de una aplicación médica. Por otra parte, al igual que los modelos de Negocio, las Normas evolucionan por detrás de los desarrollos tecnológicos, representando un desafío para los Organismos Reguladores, que comienzan a vislumbrar el desafío que tienen por delante frente al avance de la impresión 3D (U.S. Food and Drug Administration [FDA], 2014)

En este sentido, la pregunta siguiente es que rol le cabe en un futuro, a las Empresas productoras de implantes frente la evolución de ésta tecnología: ser proveedoras de materias primas, ser proveedoras de diseños STL, prestar el servicio de impresión , desarrollar impresoras 3D de calidad ?. El rol de productores de estos insumos quedará reemplazado por la posibilidad de imprimir in-situ y los grandes stocks de implantes de diferentes medidas serán innecesarios frente a la posibilidad de conocer la medida a utilizar y la capacidad de poder suplir esta medida en tiempos mucho menores a los actuales y en el lugar donde se desarrolla la intervención.

BIBLIOGRAFÍA

3dlab-fabcafe.(2015). *3DLab Fab&Café*.Recuperado de: <http://3dlab-fabcafe.com/ar>

3DSystems. (2013). *3dsystems:Layerwise*.Recuperado de: www.layerwise.com

3DSystems. (2015). *What Is An STL File?*. Recuperado de <http://www.3dsystems.com/quickparts/learning-center/what-is-stl-file>

BBRAUN. (2016). *Sharing Expertise*. Recuperado de: www.bbraun.com

Binstock, Y. (2014). *En How to become a 3D Printing Entrepreneur*. Kindle Edition.

Chase R.B.,Jacobs F.R. & Aquilano N.J. (2000). *Administración de Operaciones*, 20ma ed, volumen (IV). México: Mc Graw Hill/Irwin.

European Patent Office.(2014). *Reverse design and production method of individual total knee prosthetic implant*. CN103584930. Recuperado de: http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio;jsessionid=NmX31kN3pXxGEhV8PF7irPg3.espacenet_levelx_prod_0?FT=D&date=20140219&DB=&&CC=CN&NR=103584930A&KC=A&ND=1&locale=en_EP

Graft, P. (marzo de 2016). Expert en Technologies and Biomaterials de BBraun Medical. Entrevista personal por Cristian Vacarezza. Tuttlingen, Alemania.

Incept3d (2015). *Incept3d* .Recuperado de: www.incept3d.com

Intelligentmp (2015). *Intelligent Micro Patterning*.Recuperado de: www.intelligentmp.com

Japanese and World Technology Evaluation Centers [JTEC/WTEC] (1997). *Panel Report on Rapid Prototyping in Europe and Japan*. Loyola College. Meryland. Recuperado de <http://www.cs.cmu.edu/~lew/PUBLICATION%20PDFs/RP/JTEC%201997.pdf>

Klein G T, Lu Y y Wang M Y.(2013). *3D printing and neurosurgery:ready for prime time?*.World Neurosurg Ed.PubMed.NCBI.PMID: 23871811.

Kolpen Instrumente. (2016).*Kolpen*. Recuperado de: www.kolpen.com

LATIPAT (2014). *Biomaterilaes Compuestos Fotopolimerizables para Impresión 3D de Implantes*. CU20130028 (A7). Recuperado de http://lp.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=lp.espacenet.com&II=0&ND=3&adjacent=true&locale=es_LP&FT=D&date=20141030&CC=CU&NR=20130028A7&KC=A7



Nopa Instruments (2016). *Welcome at nopa instruments*. Recuperado de: www.nopainstruments.de

Organovo (2015). *Bioprinted human tissue*. Recuperado de: www.organovo.com

Ozbolat I T y Yu Y.(2013). *Bioprinting toward organ fabrication: challenges and future trends*. IEEE Trans Biomed Eng. PubMed.NCBI.PMID: 23372076.

Reprap.(2015). *Welcome to RepRap.org*. Recuperado de: <http://reprap.org/>

Schubert C, Van Langeveld M.C. y Donoso L.A. (2014). *Innovations in 3D printing: a 3D overview from optics to organs*. PubMed. NCBI.PMID: 24288392.

Science and Society. (2013). *Experts warn against bans on 3D printing*. PubMed NCBI.PMID: 24163835.

U.S. Food and Drug Administration [FDA]. (2014). *Workshop additive manufacturing of medical devices: an interactive discussion on the technical considerations of 3D printing*. Recuperado de <http://www.fda.gov/medicaldevices/newsevents/workshopsconferences/ucm397324.htm>

U. S.Patent and Trademark Office (2015). *Bone Implants and Method of Manufacturing*. United States.Patent N° 9015922. Recuperado de: <http://patents.com/us-9015922.html>

Ventola, L. (2014). *Medical Applications for 3D Printing: Current and Projected Uses*. MediMedia.Estados Unidos.NCBI:PMC4189697.

Wohlers, T. (2001). *Rapid Prototyping & Tooling State of the Industry Annual Worldwide Progress Report*. Wohlers Associates. Estados Unidos. Recuperado de <https://wohlersassociates.com/2001-Executive-Summary.pdf>

Wohlers, T. (2013). *Rapid Prototyping & Tooling State of the Industry Annual Worldwide Progress Report*. Wohlers Associates.Estados Unidos. Recuperado de <https://wohlersassociates.com/2013-ExSum.pdf>

Wohlers, T. (2014). *Rapid Prototyping & Tooling State of the Industry Annual Worldwide Progress Report*. Wohlers Associates Estados Unidos. Recuperado de <https://wohlersassociates.com/2014-ExSum.pdf>

World Intellectual Property Organization [WIPO].(2009). *Laser sintered titanium alloy and direct metal fabrication method of making the same*.Estados Unidos. US 20050112015 A1.Recuperado de <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph->



Parser?Sect2=PTO1&Sect2=HITOFF&p=1&u=/netahtml/PTO/search-
bool.html&r=1&f=G&l=50&d=PALL&RefSrch=yes&Query=PN/7540996

Z-Lab.(2015). *Experiencia 3D*. Recuperado de: www.z-lab.com.ar



ANEXO I

Agenda de Cirugías

Fecha de Cirugía	Horá	Reserva	Orden de Compra	Técnico	Cirugía	Tipo	Estado	Paciente	Médico
Jueves, 7 de mayo de 2015				ST	CADERA	HIBRIDA	SUSPENDIDA		
viernes, 8 de mayo de 2015		100088766	ORDEN DE COMPRA	ST	CADERA	COTILO NO CEMENTADO	REALIZADA	ROPPEL LUIS MIGUEL	ROSSIERE GUSTAVO
viernes, 8 de mayo de 2015		100088822	ORDEN DE COMPRA	ST	COLUMNA	C-SPACE	REALIZADA	PICCOLINI SONIA	VINCENTI
viernes, 8 de mayo de 2015		100088528	ORDEN DE COMPRA	ST	CADERA	HIBRIDA	REALIZADA	FIDELIANA	GARUTTI
viernes, 8 de mayo de 2015	08:00	100088966	ORDEN DE COMPRA	ELIZABETH	RODILLA	COLUMBUS PRIMARIA NUEVA	REALIZADA	MUAVERO CAROLINA	SANTOJANNI
viernes, 8 de mayo de 2015	16:30	100089014	ORDEN DE COMPRA	CARLOS	CADERA	NO CEMENTADA OPC COTILO CEM	REALIZADA	ARIANA JUAN	KRAUSE FAUSTINO
viernes, 8 de mayo de 2015		100088270	ORDEN DE COMPRA	ST	CADERA	PREVISION	SUSPENDIDA	CEJAS ADOLFO	MACAGNO
viernes, 8 de mayo de 2015			ORDEN DE COMPRA	ST	RODILLA	COLUMBUS REVISION	SUSPENDIDA	NAVARETTE LAURA	LABAT
viernes, 8 de mayo de 2015				ST	COLUMNA	S4 + T-SPACE	SUSPENDIDA	PINEDO SUSANA	LOVEY DANTE
viernes, 8 de mayo de 2015				ST	RODILLA	COLUMBUS PRIMARIA	SUSPENDIDA		
sábado, 9 de mayo de 2015		100088997	ORDEN DE COMPRA	ST	CADERA	METHA + TALLO SD	REALIZADA	CONTERAS	HERMANDEZ RUBIO
sábado, 9 de mayo de 2015		100089048	ORDEN DE COMPRA	ST	CADERA	NO CEMENTADA CER CER OPC CEM	REALIZADA	VIDELA	MORAJO
lunes, 11 de mayo de 2015		100089040	ORDEN DE COMPRA	ST	CADERA	PREVISION	REALIZADA	PABLO BARES	NAVARRO
lunes, 11 de mayo de 2015		100088728	ORDEN DE COMPRA	ST	CADERA	NO CEMENTADA CER POL	REALIZADA	LUNA SARA	LAMBRI
lunes, 11 de mayo de 2015		100088549	ORDEN DE COMPRA	ST	RODILLA	COLUMBUS PRIMARIA	REALIZADA	VAZQUEZ JOAQUIN	MOGGIO
lunes, 11 de mayo de 2015		100088737	ORDEN DE COMPRA	ST	CADERA	NO CEMENTADA OPC COTILO CEM	REALIZADA	SCHIMIDT EULOGIO	BARGA IGACIO
lunes, 11 de mayo de 2015		112233249	ORDEN DE COMPRA	ST	RODILLA	COLUMBUS PRIMARIA	REALIZADA	RECH DELIA	ADROVER
lunes, 11 de mayo de 2015	16:00	100089066	ORDEN DE COMPRA	ELIZABETH	CADERA	HIBRIDA	REALIZADA	PIZONI ESTELA	VILCHEZ

Fuente: Elaboración propia en función de información de BBraun Medical S.A.



ANEXO II

Lista de Componentes de un Kit de Implantes Cadera No Cementada

Componente	Denominación	Cantidad	UM
1	NA774T	PLASMACUP TORNILLO DE FIJACIÓN 6,5X24M	2 UN
2	NA778T	PLASMACUP TORNILLO DE FIJACIÓN 6,5X28M	2 UN
3	NA782T	PLASMACUP TORNILLO DE FIJACIÓN 6,5X32M	2 UN
4	NA786T	PLASMACUP TORNILLO DE FIJACIÓN 6,5X36M	2 UN
5	NA790T	PLASMACUP TORNILLO DE FIJACIÓN 6,5X40M	2 UN
6	NA794T	PLASMACUP TORNILLO DE FIJACIÓN 6,5X44M	2 UN
7	NH044T	PLASMACUP SC TAM.44MM	1 UN
8	NH046T	PLASMACUP SC TAM.46MM	1 UN
9	NH048T	PLASMACUP SC TAM.48MM	1 UN
10	NH050T	PLASMACUP SC TAM.50MM	1 UN
11	NH052T	PLASMACUP SC TAM.52MM	1 UN
12	NH054T	PLASMACUP SC TAM.54MM	1 UN
13	NH056T	PLASMACUP SC TAM.56MM	1 UN
14	NH058T	PLASMACUP SC TAM.58MM	1 UN
15	NH060T	PLASMACUP SC TAM.60MM	1 UN
16	NH062T	PLASMACUP SC TAM.62MM	1 UN
17	NH064T	PLASMACUP SC TAM.64MM	1 UN
18	NH401	SC/MSI INSERTO PE 28MM 44/46 POST.WAL	1 UN
19	NH402	SC/MSI INSERTO PE 28MM 48/50 POST.WAL	1 UN
20	NH403	SC/MSI INSERTO PE 28MM 52/54 POST.WAL	1 UN
21	NH404	SC/MSI INSERTO PE 28MM 56/58 POST.WAL	1 UN
22	NH405	SC/MSI INSERTO PE 28MM 60/62 POST.WAL	1 UN
23	NH406	SC/MSI INSERTO PE 28MM 64-68 POST.WAL	1 UN
24	NK429K	ISODUR CABEZA DE PRÓTESIS 12/14 28MM S	1 UN
25	NK430K	ISODUR CABEZA DE PRÓTESIS 12/14 28MM M	1 UN
26	NK431K	ISODUR CABEZA DE PRÓTESIS 12/14 28MM L	1 UN
27	NK432K	ISODUR CABEZA DE PRÓTESIS 12/14 28MM X	1 UN
28	NK433K	ISODUR CABEZA DE PRÓTESIS 12/14 28MM X	1 UN
29	NK510T	BICONTACT S PLASMAPORE 12/14 TAM.10MM	1 UN
30	NK511T	BICONTACT S PLASMAPORE 12/14 TAM.11MM	1 UN
31	NK512T	BICONTACT S PLASMAPORE 12/14 TAM.12MM	1 UN
32	NK513T	BICONTACT S PLASMAPORE 12/14 TAM.13MM	1 UN
33	NK514T	BICONTACT S PLASMAPORE 12/14 TAM.14MM	1 UN
34	NK515T	BICONTACT S PLASMAPORE 12/14 TAM.15MM	1 UN
35	NK516T	BICONTACT S PLASMAPORE 12/14 TAM.16MM	1 UN
36	NK517T	BICONTACT S PLASMAPORE 12/14 TAM.17MM	1 UN
37	NK518T	BICONTACT S PLASMAPORE 12/14 TAM.18MM	1 UN

Fuente: Elaboración propia en función de información de BBraun Medical S.A.



Lista de Componentes de un Kit de Implantes de Columna

Componente	Denominación	Cantidad	UM
1	FW161P	S4 ALMACENAJE P.Implantes	1 UN
2	SW664T	S4 BARRA DE CONEXIÓN 5,5X100MM RECTA	2 UN
3	SW666T	S4 BARRA DE CONEXIÓN 5,5X120MM RECTA	2 UN
4	SW667T	S4 BARRA DE CONEXIÓN 5,5X150MM RECTA	2 UN
5	SW672T	S4 BARRA DE CONEXIÓN 5,5X500MM RECTA	2 UN
6	SW679T	S4 BARRA DE CONEXIÓN 5,5X60MM RECTA	2 UN
7	SW681T	S4 BARRA DE CONEXIÓN 5,5X70MM RECTA	2 UN
8	SW682T	S4 BARRA DE CONEXIÓN 5,5X80MM RECTA	2 UN
9	SW690T	S4 CONECTOR TRANSVERSAL 21MM RECTA	2 UN
10	SW691T	S4 CONECTOR TRANSVERSAL 25MM RECTA	2 UN
11	SW692T	S4 CONECTOR TRANSVERSAL 29MM RECTA	2 UN
12	SW693T	S4 CONECTOR TRANSVERSAL 32MM RECTA	2 UN
13	SW694T	S4 CONECTOR TRANSVERSAL 35MM RECTA	2 UN
14	SW695T	S4 CONECTOR TRANSVERSAL 38MM RECTA	2 UN
15	SW696T	S4 CONECTOR TRANSVERSAL 41MM RECTA	2 UN
16	SW697T	S4 CONECTOR TRANSVERSAL VARIABLE 43-	2 UN
17	SW698T	S4 CONECTOR TRANSVERSAL VARIABLE 49-	2 UN
18	SW699T	S4 CONECTOR TRANSVERSAL VARIABLE 60-	2 UN
19	SW701T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 4,5X25MM	4 UN
20	SW702T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 4,5X30MM	6 UN
21	SW703T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 4,5X35MM	6 UN
22	SW704T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 4,5X40MM	6 UN
23	SW711T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 5,0X25MM	4 UN
24	SW712T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 5,0X30MM	4 UN
25	SW713T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 5,0X35MM	6 UN
26	SW714T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 5,0X40MM	6 UN
27	SW716T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 5,0X45MM	4 UN
28	SW722T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 6,0X30MM	6 UN
29	SW723T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 6,0X35MM	6 UN
30	SW724T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 6,0X40MM	6 UN
31	SW726T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 6,0X45MM	6 UN
32	SW727T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 6,0X50MM	4 UN
33	SW728T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 6,0X55MM	2 UN
34	SW731T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 7,0X25MM	2 UN
35	SW732T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 7,0X30MM	2 UN
36	SW733T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 7,0X35MM	4 UN
37	SW734T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 7,0X40MM	4 UN
38	SW736T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 7,0X45MM	4 UN
39	SW737T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 7,0X50MM	2 UN
40	SW738T	S4 TORNILLO MONOAXIAL 7,0X55MM	2 UN
41	SW751T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 4,5X25MM	4 UN
42	SW752T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 4,5X30MM	6 UN
43	SW753T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 4,5X35MM	6 UN
44	SW754T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 4,5X40MM	6 UN
45	SW761T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 5,0X25MM	4 UN
46	SW762T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 5,0X30MM	4 UN
47	SW763T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 5,0X35MM	6 UN
48	SW764T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 5,0X40MM	6 UN
49	SW766T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 5,0X45MM	4 UN
50	SW772T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 6,0X30MM	6 UN
51	SW773T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 6,0X35MM	6 UN
52	SW774T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 6,0X40MM	6 UN
53	SW776T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 6,0X45MM	6 UN
54	SW777T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 6,0X50MM	4 UN
55	SW778T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 6,0X55MM	2 UN
56	SW781T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 7,0X25MM	2 UN
57	SW782T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 7,0X30MM	2 UN
58	SW783T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 7,0X35MM	4 UN
59	SW784T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 7,0X40MM	4 UN
60	SW786T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 7,0X45MM	4 UN
61	SW787T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 7,0X50MM	2 UN
62	SW788T	S4 TORNILLO POLIAXIAL 7,0X55MM	2 UN
63	SW790T	S4 TUERCA DE CIERRE VERSIÓN NUEVO	20 UN

Fuente: Elaboración propia en función de información de BBraun Medical S.A.



ANEXO III

Desviación Promedio de Tiempos de Reaprovisionamiento de Implantes de
Rodilla Primaria

Código del Implante ▾	2012	2013	2014	2015	Grand Total
NN554	19,5		29,4	22,5	25,7
NN542	6,0	8,0	50,1	15,9	25,4
NN177K	18,0	1,9	46,2	13,5	22,9
NN524	18,0	0,8	46,8	10,0	21,5
NN534	20,5	3,8	43,3	18,5	20,3
NN553	10,5		27,0	15,7	18,7
NN551	2,5	-7,0	41,7	11,7	18,3
NN552	8,7	9,0	65,0	11,3	17,6
NN162K	14,3	6,8	66,5	16,3	16,4
NN543	3,0	-2,0	66,5	13,8	15,7
NN172K	16,3	-1,3	40,0	19,0	14,7
NN550	0,6	3,4	33,1	13,9	12,3
NN523	2,7	2,5	35,8	14,3	12,3
NN533	-0,6	2,0	49,0	18,5	12,1
NN167K	7,9	4,0	23,8	11,8	11,9
NN532	6,3	1,9	20,2	12,9	9,8
NN484	2,5	3,9	20,2	10,7	9,1
NN074K	-0,8	3,2	21,6	16,4	8,8
NN541	-0,6	1,8	25,9	9,0	8,6
NN175K	-1,4	7,3	15,2	10,5	8,2
NN481	-3,3	2,7	20,3	16,3	7,8
NN163K	3,5	2,1	14,8	8,2	7,7
NN522	-3,8	3,1	26,2	14,4	7,6
NN166K	-0,5	5,6	16,3	11,2	7,3
NN174K	-1,0	4,1	15,5	14,3	7,2
NN078K	-3,9	5,6	14,9	11,6	7,2
NN520	-2,3	2,5	14,9	13,9	7,2
NN530	-1,4	2,9	19,6	15,2	6,9
NN173K	1,7	3,0	14,2	10,5	6,9
NN075K	0,1	1,9	13,8	13,9	6,5
NN521	-4,0	1,5	16,2	14,3	6,4
NN483	-1,7	3,1	15,3	13,4	6,3
NN261K	-2,0	1,8	13,5	13,6	6,0
NN077K	0,3	1,3	15,9	12,8	6,0
NN540	-3,2	3,9	15,5	12,6	6,0
NN176K	-4,2	5,0	16,1	12,9	5,8
NN073K	-0,9	3,0	13,7	8,2	5,8
NN482	-2,7	4,2	15,3	11,9	5,7
NN165K	-1,6	3,5	17,6	10,1	5,7
NN264K	-2,8	2,8	13,1	12,3	5,4
NN531	-0,7	2,4	20,3	10,3	5,3
NN164K	-4,2	2,6	16,5	12,8	5,1
NN079K	-4,4	-0,1	15,8	12,1	4,8
NN076K	-1,7	2,6	18,3	10,2	4,5

Fuente: Elaboración propia en función de información de BBraun Medical S.A.



ANEXO IV

Costo de Importación KIT Rodilla Primaria

Comp	Denominación	Cantid	UM	Precio	Duies %	Duies USD	Flete +Seg	Flete+Seg USD	IVA	IVA ADICIONAL	IMP. GANANCIAS	INGRESOS BRUTOS	IMPUESTOS USD	Despachante Y Pieno	Despachante USD	COSTO TOTAL MACRONALIZADO	%FOB
NM074K	COLUMBUS CPRES PLACA TB CEMENTADA T2	1 UN		USD 236.97	14.50%	USD 34.36	3.0%	USD 7.11	21%	20%	6%	2.50%	USD 117.32	1.25%	USD 3.05	USD 388.81	68%
NM074K	COLUMBUS CPRES PLACA TB CEMENTADA T2+	1 UN		USD 236.97	14.50%	USD 34.36	3.0%	USD 7.11	21%	20%	6%	2.50%	USD 117.32	1.25%	USD 3.05	USD 388.81	68%
NM075K	COLUMBUS CPRES PLACA TB CEMENTADA T3	1 UN		USD 236.97	14.50%	USD 34.36	3.0%	USD 7.11	21%	20%	6%	2.50%	USD 117.32	1.25%	USD 3.05	USD 388.81	68%
NM076K	COLUMBUS CPRES PLACA TB CEMENTADA T3+	1 UN		USD 236.97	14.50%	USD 34.36	3.0%	USD 7.11	21%	20%	6%	2.50%	USD 117.32	1.25%	USD 3.05	USD 388.81	68%
NM077K	COLUMBUS CPRES PLACA TB CEMENTADA T4	1 UN		USD 236.97	14.50%	USD 34.36	3.0%	USD 7.11	21%	20%	6%	2.50%	USD 117.32	1.25%	USD 3.05	USD 388.81	68%
NM078K	COLUMBUS CPRES PLACA TB CEMENTADA T4+	1 UN		USD 236.97	14.50%	USD 34.36	3.0%	USD 7.11	21%	20%	6%	2.50%	USD 117.32	1.25%	USD 3.05	USD 388.81	68%
NM079K	COLUMBUS CPRES PLACA TB CEMENTADA T5	1 UN		USD 236.97	14.50%	USD 34.36	3.0%	USD 7.11	21%	20%	6%	2.50%	USD 117.32	1.25%	USD 3.05	USD 388.81	68%
NM162K	COLUMBUS PS COMP FENOBAL CEMENTADO FAL	1 UN		USD 397.06	14.50%	USD 57.57	3.0%	USD 11.91	21%	20%	6%	2.50%	USD 196.56	1.25%	USD 5.11	USD 688.22	68%
NM163K	COLUMBUS PS COMP FENOBAL CEMENTADO FAL	1 UN		USD 397.06	14.50%	USD 57.57	3.0%	USD 11.91	21%	20%	6%	2.50%	USD 196.56	1.25%	USD 5.11	USD 688.22	68%
NM164K	COLUMBUS PS COMP FENOBAL CEMENTADO FAL	1 UN		USD 397.06	14.50%	USD 57.57	3.0%	USD 11.91	21%	20%	6%	2.50%	USD 196.56	1.25%	USD 5.11	USD 688.22	68%
NM166K	COLUMBUS PS COMP FENOBAL CEMENTADO FAL	1 UN		USD 397.06	14.50%	USD 57.57	3.0%	USD 11.91	21%	20%	6%	2.50%	USD 196.56	1.25%	USD 5.11	USD 688.22	68%
NM167K	COLUMBUS PS COMP FENOBAL CEMENTADO FAL	1 UN		USD 397.06	14.50%	USD 57.57	3.0%	USD 11.91	21%	20%	6%	2.50%	USD 196.56	1.25%	USD 5.11	USD 688.22	68%
NM172K	COLUMBUS PS COMP FENOBAL CEMENTADO FAL	1 UN		USD 397.06	14.50%	USD 57.57	3.0%	USD 11.91	21%	20%	6%	2.50%	USD 196.56	1.25%	USD 5.11	USD 688.22	68%
NM173K	COLUMBUS PS COMP FENOBAL CEMENTADO FAL	1 UN		USD 397.06	14.50%	USD 57.57	3.0%	USD 11.91	21%	20%	6%	2.50%	USD 196.56	1.25%	USD 5.11	USD 688.22	68%
NM174K	COLUMBUS PS COMP FENOBAL CEMENTADO FAL	1 UN		USD 397.06	14.50%	USD 57.57	3.0%	USD 11.91	21%	20%	6%	2.50%	USD 196.56	1.25%	USD 5.11	USD 688.22	68%
NM175K	COLUMBUS PS COMP FENOBAL CEMENTADO FAL	1 UN		USD 397.06	14.50%	USD 57.57	3.0%	USD 11.91	21%	20%	6%	2.50%	USD 196.56	1.25%	USD 5.11	USD 688.22	68%
NM176K	COLUMBUS PS COMP FENOBAL CEMENTADO FAL	1 UN		USD 397.06	14.50%	USD 57.57	3.0%	USD 11.91	21%	20%	6%	2.50%	USD 196.56	1.25%	USD 5.11	USD 688.22	68%
NM177K	COLUMBUS PS COMP FENOBAL CEMENTADO FAL	1 UN		USD 397.06	14.50%	USD 57.57	3.0%	USD 11.91	21%	20%	6%	2.50%	USD 196.56	1.25%	USD 5.11	USD 688.22	68%
NM281K	TORNILLO DE CERRE TRIBAL D12MM	1 UN		USD 32.77	14.50%	USD 4.75	3.0%	USD 0.98	21%	20%	6%	2.50%	USD 16.24	1.25%	USD 0.42	USD 55.16	68%
NM284K	TORNILLO DE CERRE TRIBAL D14MM	1 UN		USD 68.07	14.50%	USD 9.87	3.0%	USD 2.04	21%	20%	6%	2.50%	USD 33.71	1.25%	USD 0.88	USD 114.57	68%
NM482	COLUMBUS ROTULA 3 PERROS P2 30X8MM	1 UN		USD 88.07	14.50%	USD 12.87	3.0%	USD 2.04	21%	20%	6%	2.50%	USD 33.71	1.25%	USD 0.88	USD 114.57	68%
NM483	COLUMBUS ROTULA 3 PERROS P3 33X9MM	1 UN		USD 88.07	14.50%	USD 12.87	3.0%	USD 2.04	21%	20%	6%	2.50%	USD 33.71	1.25%	USD 0.88	USD 114.57	68%
NM484	COLUMBUS ROTULA 3 PERROS P4 36X10MM	1 UN		USD 88.07	14.50%	USD 12.87	3.0%	USD 2.04	21%	20%	6%	2.50%	USD 33.71	1.25%	USD 0.88	USD 114.57	68%
NM520	COLUMBUS PS SUP DESLIZ C.TORNI T22+-10MM	1 UN		USD 191.60	14.50%	USD 27.78	3.0%	USD 5.75	21%	20%	6%	2.50%	USD 94.86	1.25%	USD 2.47	USD 322.45	68%
NM521	COLUMBUS PS SUP DESLIZ C.TORNI T22+-12MM	1 UN		USD 191.60	14.50%	USD 27.78	3.0%	USD 5.75	21%	20%	6%	2.50%	USD 94.86	1.25%	USD 2.47	USD 322.45	68%
NM522	COLUMBUS PS SUP DESLIZ C.TORNI T22+-14MM	1 UN		USD 191.60	14.50%	USD 27.78	3.0%	USD 5.75	21%	20%	6%	2.50%	USD 94.86	1.25%	USD 2.47	USD 322.45	68%
NM523	COLUMBUS PS SUP DESLIZ C.TORNI T22+-18MM	1 UN		USD 191.60	14.50%	USD 27.78	3.0%	USD 5.75	21%	20%	6%	2.50%	USD 94.86	1.25%	USD 2.47	USD 322.45	68%
NM524	COLUMBUS PS SUP DESLIZ C.TORNI T22+-18MM	1 UN		USD 191.60	14.50%	USD 27.78	3.0%	USD 5.75	21%	20%	6%	2.50%	USD 94.86	1.25%	USD 2.47	USD 322.45	68%
NM530	COLUMBUS PS SUP DESLIZ C.TORNI T33+-10MM	1 UN		USD 191.60	14.50%	USD 27.78	3.0%	USD 5.75	21%	20%	6%	2.50%	USD 94.86	1.25%	USD 2.47	USD 322.45	68%
NM531	COLUMBUS PS SUP DESLIZ C.TORNI T33+-12MM	1 UN		USD 191.60	14.50%	USD 27.78	3.0%	USD 5.75	21%	20%	6%	2.50%	USD 94.86	1.25%	USD 2.47	USD 322.45	68%
NM532	COLUMBUS PS SUP DESLIZ C.TORNI T33+-14MM	1 UN		USD 191.60	14.50%	USD 27.78	3.0%	USD 5.75	21%	20%	6%	2.50%	USD 94.86	1.25%	USD 2.47	USD 322.45	68%
NM533	COLUMBUS PS SUP DESLIZ C.TORNI T33+-18MM	1 UN		USD 191.60	14.50%	USD 27.78	3.0%	USD 5.75	21%	20%	6%	2.50%	USD 94.86	1.25%	USD 2.47	USD 322.45	68%
NM534	COLUMBUS PS SUP DESLIZ C.TORNI T33+-18MM	1 UN		USD 191.60	14.50%	USD 27.78	3.0%	USD 5.75	21%	20%	6%	2.50%	USD 94.86	1.25%	USD 2.47	USD 322.45	68%
NM543	COLUMBUS PS SUP DESLIZ C.TORNI T44+-10MM	1 UN		USD 191.60	14.50%	USD 27.78	3.0%	USD 5.75	21%	20%	6%	2.50%	USD 94.86	1.25%	USD 2.47	USD 322.45	68%
NM544	COLUMBUS PS SUP DESLIZ C.TORNI T44+-14MM	1 UN		USD 191.60	14.50%	USD 27.78	3.0%	USD 5.75	21%	20%	6%	2.50%	USD 94.86	1.25%	USD 2.47	USD 322.45	68%
NM550	COLUMBUS PS SUP DESLIZ C.TORNI T5 10MM	1 UN		USD 191.60	14.50%	USD 27.78	3.0%	USD 5.75	21%	20%	6%	2.50%	USD 94.86	1.25%	USD 2.47	USD 322.45	68%
NM551	COLUMBUS PS SUP DESLIZ C.TORNI T5 12MM	1 UN		USD 191.60	14.50%	USD 27.78	3.0%	USD 5.75	21%	20%	6%	2.50%	USD 94.86	1.25%	USD 2.47	USD 322.45	68%
NM552	COLUMBUS PS SUP DESLIZ C.TORNI T5 14MM	1 UN		USD 191.60	14.50%	USD 27.78	3.0%	USD 5.75	21%	20%	6%	2.50%	USD 94.86	1.25%	USD 2.47	USD 322.45	68%
NM553	COLUMBUS PS SUP DESLIZ C.TORNI T5 18MM	1 UN		USD 191.60	14.50%	USD 27.78	3.0%	USD 5.75	21%	20%	6%	2.50%	USD 94.86	1.25%	USD 2.47	USD 322.45	68%
NM554	COLUMBUS PS SUP DESLIZ C.TORNI T5 18MM	1 UN		USD 191.60	14.50%	USD 27.78	3.0%	USD 5.75	21%	20%	6%	2.50%	USD 94.86	1.25%	USD 2.47	USD 322.45	68%
TOTAL				USD 10,402		USD 1,508		USD 312					USD 5,150		USD 134	USD 17,505	68%

Fuente: Elaboración propia en función de información de BBraun Medical S.A.

ANEXO V**Especificaciones Técnicas Impresora 3D EOS (EOS)**Technical Description EOSINT M 280**Technical description**

Status: December 2010

1 EOSINT M 280

The machine comprises a process chamber with recoating system, elevating system and platform heating module, an optical system with laser, a process gas management system, a process computer with process control software, and a set of standard accessories. The machine components are integrated into a robust machine frame. During operation the process chamber is secured by interlock. Requirements of laser safety class 1 are met. When closed, the control cabinet's specifications correspond to IP 54. The system carries the CE designation.

**1.1 Basic data**

- dimensions (w x d x h)	2200 mm x 1070 mm x 2290 mm
- weight	approx. 1250 kg (without powder)
- mains supply (three phase system)	400 V +6 %/-10 % at 50/60 Hz
- mains fuse protection	3 x 32 A
- maximum power consumption (incl. cooler)	5.5 kW
- compressed air supply	7,000 hPa; 20 m ³ /h
- argon supply	4,000 hPa; 100 l/min
- min. argon purity: purity 99.998 % argon	Argon 4.8

Full details including required floor space, connections and environmental requirements (temperature and humidity range etc.) are given in the Installation Conditions.

1.2 Optical system

The optical system creates and positions the laser beam to fuse (melt or otherwise solidify) the powder material. The laser emits a laser beam which is guided by an optical fibre, a beam expander optic, the scanner mirrors and a focussing objective. All optical surfaces have special coatings to guarantee effective beam guidance.

1.2.1 Laser

- Yb (Ytterbium) fibre laser	
- wavelength	1060 - 1100 nm
- nominal power	200 W or 400W (optional)

ANEXO VI

Especificaciones Técnicas Aleación Co28Cr6Mo

Application: Co28Cr6Mo is a fine powder mixture which produces parts in a cobalt-chrome-molybdenum-based superalloy. This class of superalloy is characterized by having excellent mechanical properties (strength, hardness etc.), corrosion and temperature resistance. Such alloys are commonly used in biomedical applications such as dental and medical implants and also for high-temperature engineering applications such as in aero engines.

The chemistry of Co28Cr6Mo conforms to the composition UNS R31538 of high carbon CoCrMo alloy. Parts built from this material are nickel-free (< 0.1% nickel content), sterilisable and suitable for biomedical applications, and are characterised by a fine, uniform crystal grain structure. They fully meet the requirements of ISO 5832-4 and ASTM F75 for cast CoCrMo implant alloys, as well as the requirements of ISO 5832-12 and ASTM F1537 for wrought CoCrMo implants alloys except remaining elongation. The remaining elongation can be increased to fulfill even this standard by hot isostatic pressing (HIP). This material is ideal for many part-building applications (DirectPart) such as functional metal prototypes, small series products, individualised products or spare parts. Using standard parameters the mechanical properties are fairly uniform in all directions. Parts made from CC MP1 can be machined, spark-eroded, welded, micro shot-peened, polished and coated if required. Unexposed powder can be re-used.



- Typical applications:**
- Biomedical implants, e.g. spinal, knee, hip bone, toe etc.
 - Parts requiring high mechanical properties in elevated temperatures (500-1000 °C) and with good corrosion resistance, e.g. turbines, parts for engines, etc.
 - Parts having very small features such as thin walls, pins, etc., which require particularly high strength and/or stiffness

Technical Data:		
Minimum recommended Layer Thickness:		20 µm
Minimum Wall Thickness:		0.4 mm
Volume Rate:		between 1.6-3 mm ³ /s
Physical and Chemical Properties:		
Relative Density with Standard Parameters		approx. 100% (8.29 g/cm ³)
Material composition	Co 60-65 wt% Cr 26-30 wt% Mo 5-7 wt%	Si max 1 wt% Mn max 1 wt% Fe max 0.75 wt% C max 0.16 wt% Ni max 0.1 wt%
Mechanical Properties at 20°C:		
Ultimate Tensile Strength (MPIF 10)	- horizontal direction (XY) - vertical direction (Z)	1300 MPa ± 50 MPa 1150 MPa ± 50 MPa
Yield strength (Rp 0.2%)	- horizontal direction (XY) - vertical direction (Z)	980 MPa ± 50 MPa 880 MPa ± 50 MPa
Elongation at break	- horizontal direction (XY) - vertical direction (Z) - after HIPping	11% ± 2% 9% ± 1% 21-24%
Young's Modulus	- horizontal direction (XY) - vertical direction (Z)	220 GPa ± 20 GPa 220 GPa ± 20 GPa
Fatigue life* MPa load range and 20Hz	- in vertical direction (Z) at 0-400	approx. 7.2 million cycles
Hardness (DIN EN ISO 6508-1)		40-45 HRC
Surface roughness	- after shot-peening - after polishing	approx. R _a 10 µm R _a up to < 1 µm
Thermal Properties:		
Coefficient of Thermal Expansion	over 20-500°C 13.6 x 10 ⁻⁶ m/m°C	over 500-1000°C 15.1 x 10 ⁻⁶ m/m°C
Thermal conductivity	- at 20°C 13 W/m°C - at 300°C 18 W/m°C	- at 500°C 22 W/m°C - at 1000°C 33 W/m°C
Maximum operating temperature	1150°C	
Melting range	1350-1430°C	

* Tested using round fatigue bar of approx. 4mm smallest diameter in neck region, 6mm diameter at the ends and 50mm total length. Neck regions smoothed by sand paper prior to testing.



To obtain a quotation, simply email your 3D CAD data to dmls@3trpd.co.uk
or call us for free advice on +44 (0)1635 580284

Source: EOS

www.3trpd.co.uk

AS 9100 Rev C for the production
of metal parts using Additive
Manufacturing (AM)

ISO 9001:2008 & ISO 13485:2003
Medical Devices certifications

ANEXO VII

Determinación de Costos de Impresión

Costos Directos

Materia Prima

Método de Impresión 3D:	Impresión Aditiva
Modelo de Impresora:	EOS M280
Materia Prima Utilizada:	CoCr28Mo6 Aleación de Cromo Cobalto Molibdeno en polvo
Método de Impresión 3D:	Impresión Aditiva
Costo Materia Prima CIF Arg:	287,5 USD/KG
Posición Arancelaria:	8105.90.90 000 J
Derechos de Importación:	6,50%
Tasa Estadística:	0,50%
Costo Mat. Prima Nac.	307,63 USD/KG

Consumibles

Consumibles	Cantidad	Unidad	Costo/Unidad	Costo/Unidad	Unidad	Fuente	
Consumo Energético	5,5	kW	\$ 0,043	usd/kw.h	\$ 0,235	usd/h	EDESUR T2 Feb-16
Gas Argón	100	l/min	\$ 0,01	usd/l	\$ 45,57	usd/h	Grupo Linde Gas Arg. Ene-16
Costo Total Consumibles					\$ 45,805	usd/h	

De acuerdo a especificaciones técnicas del Equipo.

Mano de Obra Directa

	Cantidad	Unidad
Costo Empresa Operario	\$ 1.667	USD/MESxOp
Cantidad de Operarios	3	
Horas por Operario	8	
Horas Por Turno	8	horas
Turnos por Día	3	
Costos Hora Hombre	\$ 10,42	usd/hora

Costo de un Operario por mes para Producción según Convenio Sindicato de Sanidad.

Turnos	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes
6-14hr	x	x	x	x	x
14-20hr	x	x	x	x	x
20-06hr	x	x	x	x	x

ANEXO VII cont.

Determinación de Costos de Impresión

Costos Indirectos

<u>Inversión Impresoras</u>	Cantidad	Unidad
Número de Impresoras	6	
Costo de la Impresora usd	\$ 500.000	USD/Impresora
Inversión Impresoras	\$ 3.000.000	USD
Periodo de Amortización	5	Años
Amortización Impresora	\$ 50.000,00	USD/mes

El costo de la impresora fue suministrado por el Departamento de R&D de Braun Medical y es un costo aproximado por razones de confidencialidad.

Se toma 6 impresoras para eliminar el efecto de utilización y capacidad en los tiempos de producción. De esta forma, cada implante dispone del 100% de capacidad de Producción.

	Cantidad	Unidad
Inversión Edilicia	\$ 500.000	Dólares
Periodo de Amortización	5	Años
Amortización Edilicia	\$ 8.333,33	USD/mes

Costo de Construcción estimado en función de un costo de metro cuadrado de usd 1.666/mts²

<u>Mano de Obra Indirecta</u>	Cantidad	Unidad
1 Comercial	\$ 2.666,67	usd/personaxmes
1 Jefe de Producción	\$ 2.000,00	usd/personaxmes
Total Management	\$ 4.666,67	usd/personaxmes

Costo de Administración para un total de 45 horas por mes.