



TESIS DE GRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROYECTO PARA LA PRODUCCIÓN DE
MÁQUINAS DE ANESTESIA**

Autor: **Julieta Afione**

Director de tesis: **Ing. Félix Viana**

2009

RESUMEN DEL PROYECTO

El presente trabajo fue desarrollado para ser aplicado exclusivamente por *Proveeduría Médica S.R.L.*, empresa argentina concebida para satisfacer en forma global todas las necesidades en el área de salud, entre sus actividades se incluyen la comercialización de aparatos médicos y equipamiento hospitalario en general. Entre los productos que importa y distribuye, se encuentran las mesas de anestesia, equipos utilizados ampliamente en la medicina para la realización de procesos quirúrgicos.

Dichos equipos son actualmente producidos en Alemania por la empresa *Heyer e* importados por *Proveeduría Médica*, su representante exclusivo en Argentina. Dado que el precio en Euros de dicha máquina dejó de ser competitivo, por razones que se detallan luego en el cuerpo de este trabajo, ambas empresas de común acuerdo decidieron desarrollar un prototipo en nuestro país para evaluar la factibilidad técnica y económica de llevar adelante su producción en Argentina.

En base a dicho prototipo y los estudios por ellos realizados, establecieron ciertas premisas, como ser qué piezas se producirán en Argentina y cuáles se deberán importar desde Alemania para mantener la calidad actual del producto y a su vez, bajar los costos de fabricación y transporte. Asimismo, el desarrollo del prototipo les permitió verificar que nuestro país tiene la capacidad y la mano de obra calificada necesaria para cumplir con los requisitos mencionados.

Como dato de partida para este proyecto, las empresas determinaron que el mismo es viable técnica y económicamente, por lo cual, el objetivo principal propuesto fue el desarrollo de la metodología a seguir para la producción de la máquina y el diseño de la infraestructura necesaria.

Para ello, primero fue necesario determinar los niveles de producción de la fábrica, en base a la proyección de la demanda total de máquinas en el mercado objetivo y la participación de la empresa dentro del mismo. En función de los tiempos de producción y los niveles a fabricar determinados, se calculó la dotación de empleados que trabajarán en la fábrica.

Otros puntos importantes para diseñar el proceso productivo fueron la adopción de una política de stocks para estimar las superficies de almacenamiento requeridas, y el estudio de la máquina en sí, incluyendo tanto su funcionamiento como la explosión del producto, es decir, la determinación de sus piezas componentes y la cantidad requerida de cada una de ellas.

PROJECT OVERVIEW

This work was developed to be applied exclusively by *Proveduría Médica S.R.L.*, Argentine company designed to satisfy global needs related to health issues. Company's activities include medical devices trading and hospital equipment in general. Within the products they import and distribute, anesthesia machines are included, which are equipments widely used in medicine for surgical processes.

Nowadays, those equipments are produced in Germany by another Company called *Heyer* and imported by *Proveduría Médica*, its exclusive sales representative in Argentina. Since the price in Euros of those kinds of machines were no longer competitive, because of some reasons that will be explained later in the body of this project, both Companies decided by mutual agreement that they would develop a prototype in our country in order to evaluate the technical and economical feasibility of producing the selected product in Argentina.

On the base of the prototype and studies made by them, the Companies established certain premises, such as the components that will be produced in Argentina and which would have to be imported from Germany, with the purpose of maintaining the current quality of the product and also to lower its manufacturing and transportation costs. Moreover, the development of the prototype permitted them verify that our country has the capacity and the skilled labor necessary to meet the mentioned requirements.

As starting data for this project, the Companies determined that it is technically and economically feasible; therefore, the main objectives proposed were the development of the production methods and the design of the infrastructure.

To do this, it was first necessary to determine the production levels, based on the projection of the total demand of these machines in the target market and the Company's participation in it. The number of employees that make up the staff working at the factory was calculated based on estimated times and levels of production.

Finally, other relevant issues that were taken into account for designing the production process were the adoption of a policy of stocks to estimate the requires storage space and the study of the machine itself, including both: its functional characteristics and the explosion of the product, that is the determination of its component parts and the required amount of each one.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

▪ Objetivo	1
Metodología a seguir	1
1. Introducción	3
1.1. Anestesia	3
1.2. Historia	3
1.3. Equipos de anestesia	4
2. Situación actual / Contexto	5
2.1. Variación en el tipo de cambio	5
2.2. Evolución de las importaciones	6
3. Proyecto Heyer	7
3.1. Análisis FODA	7
3.2. Posicionamiento	8
3.3. Determinación del precio	9
4. Demanda	11
4.1. Países que se van a abastecer con la producción local	11
4.2. Proyección de la demanda a 10 años	11
4.3.1. Metodología de cálculo	11
4.3.2. Proyección de la cantidad total de máquinas	11
4.3.3. Proyección de la participación de mercado y demanda del proyecto	12
4.3. Flexibilidad de la demanda	13
4.4. Sustentabilidad en el tiempo	13
5. Principio de funcionamiento	15
5.1. Sistema de fuente de gas y circuito de control	16
5.2. Sistema de dosaje	16
5.2.1. Medidores de flujo	16
5.2.2. Vaporizadores	17
5.2.3. Anestésicos	18
5.3. Sistema paciente	19
5.4. Sistema de evacuación de gases o scavenging	22
5.5. Mecanismos de seguridad	22
5.6. Requerimientos mínimos de monitoreo	25

6.	Descripción de la máquina	27
6.1.	Clasificación de componentes	27
6.2.	Explosión del producto	27
6.3.	Especificaciones y procesos adicionales	39
7.	Producción	41
7.1.	Método de producción	41
7.2.	Nivel de producción	41
7.3.	Identificación del producto	42
7.4.	Diseño del proceso	42
7.5.	Unidades de producción	42
7.6.	Control de calidad	43
7.7.	Mantenimiento de stocks	44
7.7.1.	Insumos	44
7.7.2.	Productos en proceso	45
7.7.3.	Productos terminados	45
7.8.	Cálculo de tiempos	45
7.9.	Requerimientos de mano de obra directa	47
7.10.	Lay-out	48
6.10.1.	Método SLP	48
6.10.2.	Disposición de la planta	50
A.	Diagrama de bloques	51
B.	Diagrama de superficies y distancias	53
C.	Ubicación de stocks y flujo de materiales	55
D.	Disposición de lugares de trabajo y distribución de actividades	57
8.	Procesos comerciales y administrativos	59
8.1.	Ventas	59
8.2.	Compras	59
8.3.	Administración	60
▪	Anexo I	61
	Anexo II	65
	Anexo III	75
▪	Bibliografía	77

ÍNDICE DE TABLAS

<u>Introducción</u>	
Tabla 1.1: Anestésicos	3
<u>Situación actual / Contexto</u>	
Tabla 2.1: Importaciones por año y crecimiento anual	6
Tabla 2.2: Proporción de las importaciones en el mercado argentino	6
<u>Demanda</u>	
Tabla 4.1: Población total por año	12
Tabla 4.2: Cantidad total anual de máquinas demandadas	12
Tabla 4.3: Participación de las importaciones desde Argentina en el total del mercado	13
Tabla 4.4: Participación de mercado y demanda anual de <i>Heyer</i>	13
<u>Producción</u>	
Tabla 7.1: Niveles de producción	41
Tabla 7.2: Tiempos de producción	46
Tabla 7.3: Tiempos disponibles para la fabricación de una unidad	46
Tabla 7.4: Porcentaje de utilización de la capacidad instalada	47
Tabla 7.5: Cálculo teórico de la cantidad requerida de operarios	47
Tabla 7.6: Dotación de operarios	48
<u>Anexo I</u>	
Tabla AI.1: Proyección de la población por país	61
Tabla AI.2: Cantidad de hospitales y demanda total de máquinas	62
Tabla AI.3: Importaciones anuales	62
Tabla AI.4: Demanda de <i>Heyer</i>	62
Tabla AI.5: Porcentaje de utilización de la capacidad instalada	63
Tabla AI.6: Tiempos de producción y mano de obra requerida	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Situación actual / Contexto

Figura 2.1: Evolución del tipo de cambio Euro-Dólar estadounidense (2003-2009)	5
--	---

Proyecto Heyer

Figura 3.1: Análisis FODA	8
Figura 3.2: Segmentos de mercado en función de calidad y precio	9

Principio de funcionamiento

Figura 5.1: Funcionamiento de la máquina de anestesia	15
Figura 5.2: Medición de flujo	17
Figura 5.3: Vaporizador	17
Figura 5.4: Curva de volatilidad del líquido anestésico en el gas	18
Figura 5.5: Circuito respiratorio cerrado	19
Figura 5.6: Esquema funcional del sistema paciente	20
Figura 5.7: Respiración – Volumen de O ₂ en función del tiempo	21
Figura 5.8: Gases en el circuito respiratorio	21
Figura 5.9: Sistema de seguridad para sujeción	23
Figura 5.10: Sistema de seguridad por falla de la fuente de O ₂	23
Figura 5.11: Sistema de protección hipóxica	24
Figura 5.12: Controles de los flujómetros	24
Figura 5.13: Información del display de la máquina	25

Descripción de la máquina

Figura 6.1: Esquema simplificado de máquina de anestesia Vista de frente y trasera	28
--	----

Producción

Figura 7.1: Tabla de relaciones entre actividades	49
Figura 7.2: Diagrama de bloques	52
Figura 7.3: Diagrama de superficies y distancias	54
Figura 7.4: Ubicación de stocks y flujo de materiales	56
Figura 7.5: Disposición de lugares de trabajo y distribución de Actividades	58

OBJETIVO

El siguiente trabajo tiene por objeto el desarrollo de un proyecto para el diseño de la infraestructura necesaria para la producción de equipos de anestesia en Argentina, los cuales actualmente son importados en bajas cantidades desde Alemania por la empresa *Proveduría Médica S.R.L.* El proyecto se basará en un prototipo del producto ya realizado por dicha empresa bajo la supervisión de *Heyer*, empresa alemana que actualmente produce estas máquinas en su país de origen y ha otorgado su representación a *Proveduría Médica S.R.L.* para comercializarlas en Argentina.

METODOLOGÍA A SEGUIR

El proyecto comprenderá varias etapas, las cuales se describen a continuación:

- 1 Introducción.** Se realizará una breve descripción del concepto de anestesia, su evolución histórica y los diferentes métodos mediante los cuales es posible anestesiarse a un paciente.
- 2 Situación actual / Contexto.** Se definirá el contexto en el cual se desarrolla este proyecto y se analizarán las causas que conducen a la necesidad de producir las máquinas localmente reemplazando a las importaciones actuales.
- 3 Proyecto Heyer.** Se realizará un análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) en función de los requisitos acordados entre las empresas intervinientes, para luego determinar el posicionamiento elegido para las máquinas que serán producidas en Argentina y su precio de venta.
- 4 Demanda.** Se estudiará la demanda de estos equipos y su proyección a diez años, y se analizará la proporción que podrá ser satisfecha por este proyecto. En esta sección, se hará hincapié en la flexibilidad de dicha demanda y en las posibilidades de expansión a futuro.
- 5 Principio de funcionamiento.** Se describirá la estructura de la máquina y sus principios de funcionamiento, incluyendo los mecanismos de seguridad que posee.
- 6 Descripción de la máquina.** Se analizará la estructura de la máquina con mayor nivel de detalle, detallando los numerosos y diversos componentes que conforman estos equipos. Asimismo, se definirá la cantidad de cada una de las piezas, conformando lo que se denomina la explosión del producto.
- 7 Producción.** Se desarrollará el proyecto propiamente dicho, para lo cual se determinará el método de producción y la política de manejo de stocks. Luego se describirá el proceso productivo, dividiéndolo en diversos sectores o unidades productivas, y se establecerán los tiempos de producción para calcular la mano de obra directa requerida. Asimismo, se definirán la forma de identificación del producto, condición necesaria para asegurar su trazabilidad, y los controles de calidad que se deberán realizar al producto terminado. Luego, se analizarán las relaciones

existentes entre las distintas unidades de producción para determinar la distribución física de la fábrica y ubicar los distintos sectores de forma tal de optimizar el movimiento de materiales.

- 8 Actividades comerciales y administrativas.** Se describirán brevemente las actividades requeridas para la comercialización de los equipos. Dentro de este grupo también se incluirán las actividades que brindarán soporte a la producción.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Anestesia

La anestesia se define como la pérdida temporal de los reflejos, la sensibilidad táctil y dolorosa, y la inducción a un estado de relajación muscular o flacidez. Esto puede ocurrir de dos maneras a nivel corporal, bien sea total cuando afecta a todo el cuerpo del paciente o local (regional) cuando afecta solo a determinadas zonas.

El cuerpo humano puede anesthesiarse de dos formas diferentes. La primera puede ser por causa de una lesión o enfermedad que afecte al sistema nervioso central o periférico, y la segunda puede ser inducida por un médico a través de la utilización de fármacos con propiedades anestésicas.

1.2. Historia

En la antigüedad, los primeros dispositivos utilizados para anestesiar eran vasos de metal o vidrio llenos parcialmente de éter dietílico, cloroformo u óxido nitroso, de donde el paciente inhalaba directamente los vapores anestésicos, pudiendo aumentar la superficie de evaporación por medio de gasas, pañuelos y esponjas. En la actualidad, se utilizan mezclas de gases (O_2 , N_2O , aire, helio, xenón, CO_2 , etc.) en distintas proporciones, además de relajantes musculares y analgésicos. Dichos agentes anestésicos pueden ser suministrados por vía oral, intravenosa, intramuscular e inhalatoria.

La tabla que se presenta a continuación muestra los anestésicos históricamente utilizados, indicando además si permanecen actualmente en uso o no.

Denominación Química	Denominación Comercial	Año de introducción	Actualmente en uso?
Éter de dietilo	Éter	1842	NO
Óxido Nitroso	Óxido Nitroso	1844	SI
Cloroformo	Cloroformo	1847	NO
Ciclopropano	Ciclopropano	1933	NO
Tricloroetileno	Trilene	1934	NO
Fluroxeno	Fluoromar	1954	NO
Halotano	Fluothane	1956	SI
Metoxifluorano	Penthrane	1960	Muy poco
Enflurano	Ethrane	1974	SI
Isoflurano	Forane	1980	SI
Desflurano	Suprane	1992	SI
Sevofluorano	Ultane	1995	SI

Tabla 1.1: Anestésicos

1.3. Equipos de anestesia

Una máquina de anestesia es un aparato diseñado para proveer una mezcla de gases que permitan la ejecución de un procedimiento de diagnóstico o terapéutico, especialmente quirúrgico. La misma debe vaporizar cantidades exactas de gases y administrar con precisión una mezcla de vapores conocida, pudiendo variar las proporciones de los mismos, incluyendo los necesarios para mantener con vida al paciente y para anestesiarlo. Estos equipos cumplen diversas funciones:

- proveer de O_2 a los pacientes,
- mezclar los gases: O_2 , vapores o gases anestésicos, N_2O , aire, otros gases médicos (xenón, CO_2 , helio, etc.),
- facilitar la ventilación espontánea, controlada o asistida,
- minimizar los errores humanos mediante mecanismos de seguridad, y
- reducir (eliminar) el riesgo relacionado con el paciente y el staff médico, esto es, evitar que los médicos inhalen los gases que expira del paciente.

2. SITUACIÓN ACTUAL / CONTEXTO

Existen dos tipos de proveedores de máquinas de anestesia: los que producen a nivel nacional y los que importan, principalmente de Alemania.

A partir del año 2003, las empresas importadoras en general se vieron seriamente afectadas por las variaciones en el tipo de cambio, lo que hizo que los precios en Euros no sean competitivos frente a los de otros países. En consecuencia, la demanda de máquinas importadas disminuyó significativamente en la mayoría de los países de Latinoamérica, donde el precio de un producto influye más que su calidad a la hora de decidir la compra. Dicha demanda fue reemplazada por equipos de producción local.

2.1. Variaciones en el tipo de cambio

El tipo de cambio afecta en gran medida el negocio de importaciones desde países europeos, ya que las máquinas se producen con costos en Euros pero su precio de venta se expresa en Dólares.

Según se puede observar en el siguiente gráfico, la cotización del euro respecto del dólar ha mostrado una clara tendencia alcista en los últimos años. Dicha tendencia ha perjudicado a los importadores ya que, al incrementarse el tipo de cambio, sus ingresos en Euros se ven disminuidos. Esto los lleva a incrementar sus precios de venta, lo que inevitablemente produce una disminución en su demanda.



Figura 2.1: Evolución del tipo de cambio Euro-Dólar estadounidense (2003-2009)

Fuente: Yahoo! Finance; Abanfin, Asesores bancarios y financieros, España

A principios de enero de 2003, el Euro cotizó a US\$ 1,05 (Dólares Estadounidenses), llegando a US\$ 1,40 hacia fines de diciembre de 2008, lo cual significa un incremento del 32,88% en el tipo de cambio que se refleja directamente como una disminución en los ingresos de las empresas importadoras.

2.2. Evolución de las importaciones

A continuación se presenta, por un lado, en la tabla 1, la cantidad de máquinas importadas en Argentina por año y el crecimiento / decrecimiento en cada año respecto del inmediato anterior; por otro lado, en la tabla 2, se muestra el porcentaje cubierto por dichos equipos importados de la demanda de Argentina; los datos de las cantidades de máquinas demandadas surgen del análisis realizado en el *Anexo I*.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	1º Sem. 2009
Máquinas importadas en Argentina	39	54	84	145	134	74	71
Crecimiento anual	-	38,46%	55,56%	72,62%	-7,59%	-44,78%	91,89%

Tabla 2.1: Importaciones por año y crecimiento anual ¹

	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Demanda total de máquinas en Argentina	252	254	257	259	262	252
Participación de mercado de las importaciones	21,44%	33,04%	56,48%	51,68%	28,26%	53,70%

Tabla 2.2: Proporción de las importaciones en el mercado argentino

De estas tablas surge que las importaciones cubren una parte del mercado, pero que además existe un potencial de mercado para incrementar la participación de dichas importaciones con máquinas de mejor calidad y precio más accesible.

Este análisis fue realizado particularmente para Argentina ya que se llevó a cabo con los datos que se encuentran disponibles, pero se puede extender a los demás países de Latinoamérica, ya que todos ellos son subdesarrollados y su comportamiento es similar.

¹ La cantidad de máquinas importadas se obtiene a través del Sistema Informático María, constituido por una completa base de datos que permite el acceso a todas las importaciones realizadas a partir del 1 de enero de 1999 hasta la actualidad.

3. PROYECTO HEYER

Heyer es una empresa de origen alemán, dedicada a la fabricación y comercialización de una amplia gama de productos relacionados con la industria de la medicina. Cuenta con socios y representantes en todo el mundo, siendo *Proveeduría Médica* su representante y distribuidor exclusivo en Argentina.

En la actualidad, *Proveeduría Médica* importa máquinas de anestesia *Heyer*, aunque en muy escasas cantidades debido a su precio muy alto, aunque de mayor calidad, en comparación con los demás equipos disponibles en el mercado.

De acuerdo a la situación del mercado presentada previamente, se visualiza la oportunidad de producir localmente las máquinas que actualmente se importan, para ser comercializadas en la mayor parte de los países de América. Esto basándose en menores costos de fabricación, tanto de mano de obra como de materiales, y de transporte debido a la mejor ubicación de la Argentina frente a la de Alemania.

El proyecto para fabricar las máquinas de anestesia incluye la importación de algunas de las piezas que las conforman, la tercerización de otras y la compra de los insumos restantes a proveedores locales. En este sentido, será de gran importancia la selección de proveedores para los dos últimos grupos de piezas mencionados ya que se deberá mantener la calidad de los equipos *Heyer* actualmente importados (los producidos localmente se comercializarán bajo esa misma marca).

En cuanto al proceso productivo, este constará de operaciones básicas de ensamble, aunque dichas actividades deberán ser llevadas a cabo por mano de obra calificada, ya que la máquina requiere de gran precisión en su funcionamiento y, por lo tanto, en su producción.

3.1. Análisis FODA

La estrategia a seguir y el posicionamiento elegido para la empresa, serán determinados en función de su situación competitiva en el mercado y las características internas de la misma. La situación externa se compone de dos factores no controlables, las oportunidades y amenazas, y la situación interna, de dos factores controlables que son las fortalezas y debilidades.

El cuadro que se presenta a continuación muestra un resumen de dichos factores:

<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Calidad acorde a estándares alemanes ✓ Producto actualmente en venta en el mercado local ✓ Buena reputación y referencias anteriores ✓ Respaldo de <i>Heyer</i> ✓ Know-how necesario para la producción ✓ Competitividad por costos y calidad ✓ Optimización del diseño del proceso ✓ Baja inversión inicial en activos fijos 	<p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✗ Producción altamente dependiente de proveedores (calidad y tiempo de entrega) ✗ Bajos niveles de producción iniciales ✗ Altos costos fijos
<p>AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✗ Posibilidad de restricciones a las importaciones de componentes ✗ Inestabilidad económica de Argentina ✗ Crisis económica mundial 	<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Pocas empresas productoras en el mercado ✓ Análisis de costos previamente validado ✓ Posibilidad de restricciones a las importaciones de máquinas completas ✓ Exportación a demás países de Latinoamérica

Figura 3.1: Análisis FODA

Fuente: *Elaboración propia*

Es importante destacar que no es factible la integración aguas arriba ni aguas abajo, es decir, los diversos proveedores del proyecto no están capacitados ni tienen la tecnología y el know-how para la producción de estos equipos, al igual que los clientes que los adquieren. Esto no conforma una fortaleza, pero tampoco será una amenaza o un factor que ponga en riesgo la sustentabilidad del proyecto en el tiempo.

3.2. Posicionamiento

Lo que se busca es mantener la calidad del producto que hoy en día ofrece *Heyer*, sin alterar sus características principales aunque con costos considerablemente más bajos que los que se tienen actualmente, para poder competir tanto con el precio como con la calidad. Esto constituye un cambio de estrategia para la empresa, intentando darse a conocer y competir en el mercado latinoamericano, en el cual el precio es un factor decisivo para la compra, lo que no ocurre en Europa y en los países desarrollados.

De esta manera, se pretende captar el nicho de mercado constituido por aquellos que buscan máquinas de calidad alta pero no cuentan con el capital necesario para llevar a cabo este tipo de inversiones. Es decir, se pretende posicionarse entre los proveedores de máquinas importadas y los de máquinas producidas en el país.

El siguiente gráfico muestra la posición que ocupan dentro del mercado estos dos tipos de proveedores, con respecto al precio y la calidad del producto que ofrecen.

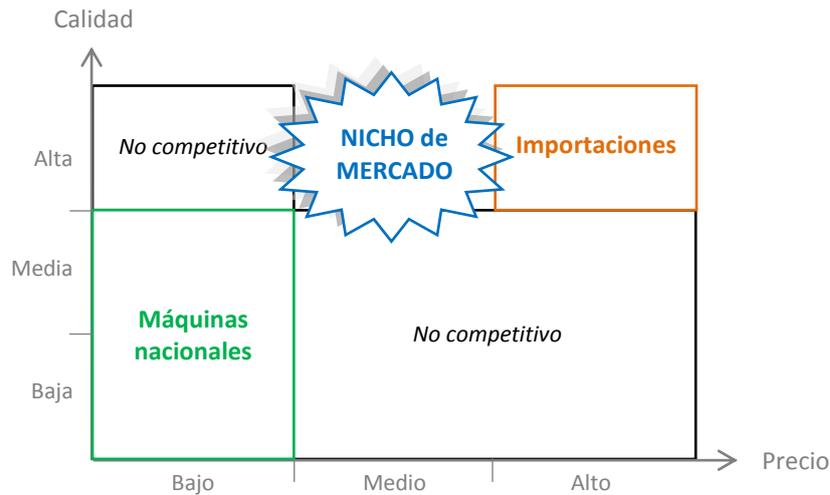


Figura 3.2: Segmentos de mercado en función de calidad y precio

Fuente: Elaboración propia

3.3. Determinación del precio

El precio del producto se establece en base a los precios que ofrecen actualmente los competidores, que son los proveedores de máquinas nacionales y los de importadas. Los primeros ofrecen máquinas a un precio promedio de US\$ 20.000 (veinte mil dólares estadounidenses), mientras que los segundos poseen precios de venta que rondan los US\$ 30.000 (treinta mil dólares estadounidenses).²

En la actualidad, los equipos *Heyer* se comercializan en Argentina a US\$ 35.000 (treinta y cinco mil dólares estadounidenses), razón por la cual no es competitiva en el mercado de máquinas de anestesia importadas.

Consecuentemente, el precio de venta para el producto que se está desarrollando, deberá estar entre los veinte y treinta mil dólares. El valor exacto será determinado en función de los costos de fabricación, fijos y variables, los costos comerciales y la utilidad bruta que se pretende obtener.

² Los precios mencionados no incluyen el IVA.

4. DEMANDA

4.1. Países que se van a abastecer con la producción local

La producción de máquinas *Heyer* en Argentina como sustitución de las importaciones actuales, se plantea para satisfacer, en una primera instancia, la demanda de toda Latinoamérica y los países de América Central. En función de los resultados obtenidos, en un futuro, se planteará la exportación hacia África y Asia.

4.2. Proyección de la demanda a 10 años

4.3.1. Metodología de cálculo

El cálculo y la proyección de la demanda de máquinas, se realiza principalmente en base a la información demográfica de los países que se abastecerán con la producción local y sus respectivas proyecciones.

Partiendo de la cantidad total de hospitales habilitados en dichos países para un determinado año según los datos disponibles, la cantidad de máquinas que hay en uso en cada hospital y la proyección de la población total, se estima la cantidad de máquinas que serán requeridas hasta el año 2020.

Dicha demanda es satisfecha por los proveedores tanto de máquinas importadas como producidas localmente. Por esta razón, para determinar la demanda correspondiente de la empresa en cuestión, es necesario estimar la participación con la que la misma penetrará en el mercado.

Considerando que el producto captará principalmente parte del mercado que actualmente poseen los proveedores de máquinas importadas, en primer lugar, se estudiará la evolución de la participación de las importaciones en el mercado local. Luego, dependiendo de la diferencia de precios con los principales competidores, se estimará el porcentaje con el que la empresa penetrará el mercado.

En la siguiente sección se presentan los datos utilizados en los cálculos y los resultados obtenidos³.

4.3.2. Proyección de la demanda total de máquinas

En el año 2004, había 16.566 hospitales en América Latina y el Caribe⁴. Considerando que la población total en dicho año era de 502.906.607 personas, resulta que cada hospital atendía en promedio a 30.358 personas al año.

³ En el *Anexo I* se encuentra el detalle de los cálculos realizados.

⁴ Fuente: Organización Panamericana de la Salud, Infraestructura Hospitalaria 2004.

Este valor varía significativamente entre los distintos países que conforman la región debido a la diversidad en el acceso de las poblaciones a la salud. En el *Anexo I* se presenta la cantidad de hospitales en cada uno de los países bajo análisis y se observa gran variabilidad de un país al otro. A modo de ejemplo, cabe mencionar los casos de Bolivia y Guatemala, donde hay disponible un hospital cada aproximadamente 3.000 y 100.000 personas, respectivamente.⁵

Por otro lado, la cantidad de máquinas por cada hospital depende en gran medida de las dimensiones del mismo y por lo tanto, de la ciudad donde se encuentra ubicado. Dicho valor puede oscilar entre una máquina para los hospitales más pequeños hasta diez equipos para las más grandes y completas clínicas en ciudades con densidad poblacional alta.

De acuerdo a esto y con fines meramente prácticos, se considera que hay aproximadamente tres (3) máquinas de anestesia por hospital, lo que equivale a un promedio de una máquina cada 10.120 personas.

Por último, considerando que la vida útil de las máquinas es aproximadamente de quince (15) años, entonces la cantidad anual demandada será de la décimo quinta parte del total calculado previamente.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de acuerdo a la siguiente proyección de la población:

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
548.058	554.598	560.861	567.156	573.482	580.229	585.946	591.704	597.501	603.338	609.214

Tabla 4.1: Población total por año (en miles de habitantes)

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
3.611	3.654	3.695	3.736	3.778	3.823	3.860	3.898	3.936	3.975	4.014

Tabla 4.2: Cantidad total anual de máquinas demandadas

4.3.3. Proyección de la participación de mercado y la demanda de *Heyer*

Tal como se mencionó en la descripción del contexto en el cual se desarrolla el proyecto, la demanda de las máquinas depende fuertemente de la cantidad de máquinas importadas. A continuación, se analiza la evolución de la participación que las

⁵ Datos de Bolivia: Ministerio de Salud y Deportes de Bolivia. Estadísticas y análisis de la situación de salud. Datos de Guatemala: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de la República de Guatemala (MSPAS). Información suministrada por la Unidad de Información Pública.

importaciones desde Argentina ocuparon en el mercado total latinoamericano y en base a esto, se estima la participación que tendrá el producto específico bajo análisis.

2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1,20%	1,63%	2,49%	4,25%	3,88%	2,12%	4,02%

Tabla 4.3: Participación de las importaciones desde Argentina en el total del mercado

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
73	88	107	130	157	191	231	280	339	411	498
2,00%	2,40%	2,88%	3,46%	4,15%	4,98%	5,97%	7,17%	8,60%	10,32%	12,38%

Tabla 4.4: Participación de mercado y demanda anual *Heyer*

4.3. Flexibilidad de la demanda

Debido a que la producción es básicamente una sucesión de actividades de ensamble⁶ y no se requieren instalaciones especiales ni servicios extraordinarios, solo mano de obra calificada, la capacidad productiva puede expandirse rápidamente. Esto lleva a que la producción es muy flexible, lo que permite adaptarse sin mayores problemas a los cambios en la demanda.

Dicha expansión permitiría alcanzar grandes niveles de demanda, lo cual se lograría con la contratación de mano de obra adicional y con la adquisición o alquiler de un galpón con servicios e instalaciones básicas.

En consecuencia, el incremento de la producción depende en gran medida de la capacidad de entrega y rapidez de respuesta de los distintos proveedores, tanto de insumos como de piezas tercerizadas.

4.4. Sustentabilidad en el tiempo

La sustentabilidad del proyecto en el tiempo debería estar asegurada teniendo en cuenta los siguientes motivos:

- Crecimiento demográfico y consecuente incremento en los servicios de salud
- Avances de la medicina y expansión en nuevas áreas de aplicación (por ejemplo, cirugías estéticas)

⁶ Ver 7. Producción

- Nuevos hábitos de consumo en relación a la salud y la belleza
- Incremento de la edad media y en la esperanza de vida poblacional
- Cercanía de Argentina al mercado latinoamericano
- Evolución y transferencia tecnológica desde la empresa *Heyer*, líder en el rubro de equipos médicos a nivel mundial
- Ambas empresas, *Proveduría Médica* y *Heyer*, están comprometidas con sus clientes y se adaptan continuamente a los cambios en los requerimientos del mercado
- Flexibilidad para adaptarse a los cambios en la demanda

5. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La máquina de anestesia está compuesta por diversos dispositivos y mecanismos complejos, pero para describir su funcionamiento, su estructura se puede dividir en cuatro subsistemas básicos:

- Fuente de gas y circuito de control (*High-pressure System*)
- Sistema de dosaje (*Dosage System*)
- Sistema paciente y circuito respiratorio (*Patient System*)
- Sistema de ventilación o evacuación de gases (*Scavenging System*)

Adicionalmente, la máquina posee diversos mecanismos de seguridad que garantizan el suministro de gases en las concentraciones adecuadas, la mayoría de estos están directamente relacionados con el primer subsistema.

A continuación se presenta un esquema del funcionamiento de la máquina, donde se distinguen los subsistemas mencionados, y posteriormente se analiza cada uno de estos en profundidad.

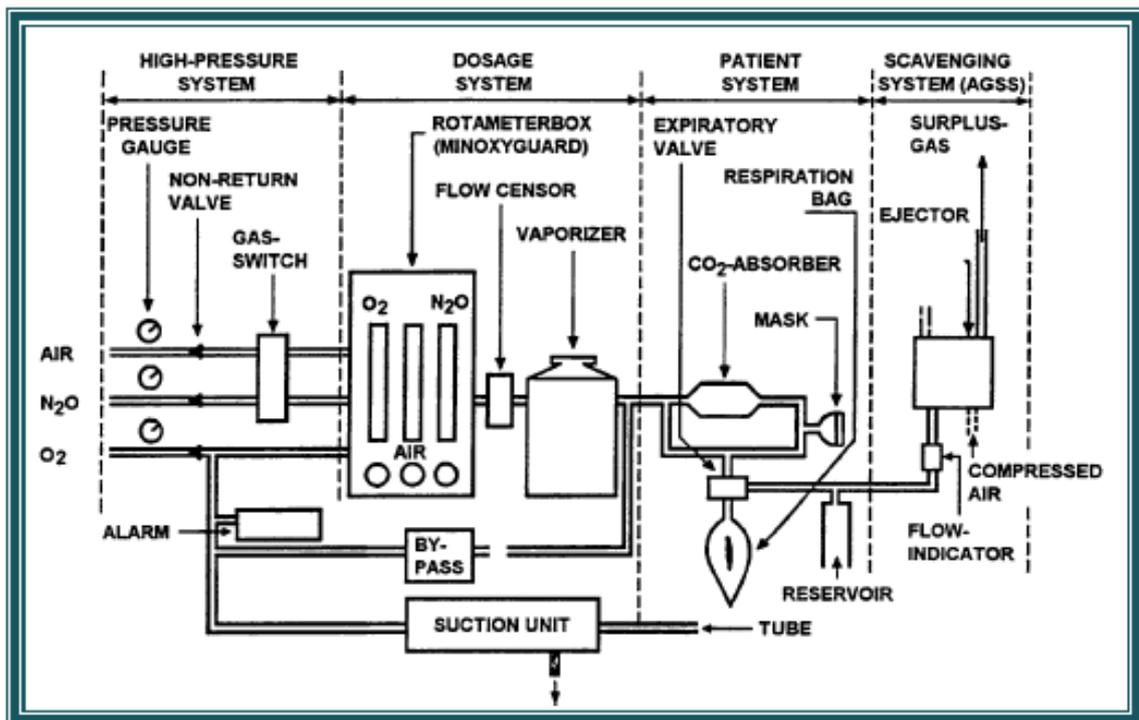


Figura 5.1: Funcionamiento de la máquina de anestesia

Fuente: Proveeduría Médica S.R.L. *Introducción a las Máquinas de Anestesia*

5.1. Sistema de fuente de gas y circuito de control

Las máquinas de anestesia están diseñadas para suministrar distintos gases para formar una mezcla que se adecúe a los requerimientos de cada paciente en particular. A continuación, se listan los gases que comúnmente se utilizan y se especifican las funciones de cada uno de ellos.

Gases en las máquinas de anestesia

- Oxígeno (O_2): Indispensable para la respiración.
- Óxido Nitroso (N_2O): No es suficientemente potente para producir solo la anestesia. Propiedades Analgésicas.
- Aire Medico: Diluye O_2 .
- Xenón: Usado en vez del N_2O .
- Helio: Similar al Xenón.
- Dióxido de Carbono: Estimula la respiración.

Esta máquina en particular está diseñada para suministrar tres tipos de gases que son: O_2 (oxígeno), N_2O (óxido nitroso) y aire. La misma posee entradas de O_2 y N_2O desde el sistema de gas central. Además, la máquina posee conectores para montar cilindros de back-up, los cuales pueden ser utilizados ante una emergencia o eventual falla del sistema central.

A continuación de las entradas de gases se colocan medidores de gas, los cuales poseen dos tipos de conexiones: una para el sistema de gas central y otra para los tubos independientes. Dichos medidores poseen reductores de presión con el objetivo de entregar un nivel bajo de presión al paciente. También son utilizados para seguridad del sistema y el chequeo de los valores para asegurar el correcto contenido del gas, concentración y dirección del flujo.

5.2. Sistema de dosaje

A través de este subsistema el anestesista dosifica la proporción de gases que serán suministrados al paciente. Esto se logra a través de medidores de flujo y vaporizadores; seguidamente se mencionan las funciones de cada uno de estos elementos y su importancia para el correcto funcionamiento de la máquina.

5.2.1. Medidores de flujo

Los flujómetros permiten controlar el volumen seteado de O_2 , N_2O y aire, por medio del caudal y el tipo de gas que fluirá al paciente.

Hay un flujómetro para cada gas, lo que permite controlar el volumen de cada uno de los gases por separado y obtener la mezcla exacta deseada según las características

específicas del paciente. Para esto, los flujómetros están conectados a los adyacentes, como se observa en la siguiente figura:

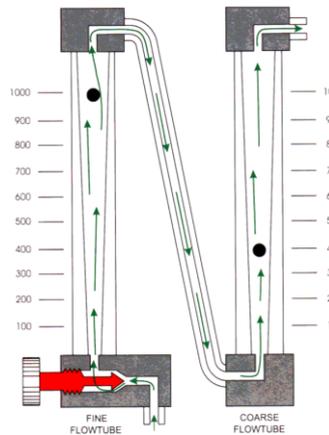


Figura 5.2: Medición de flujo

Fuente: Proveduría Médica S.R.L. Presentación Máquinas de Anestesia

5.2.2. Vaporizadores

Como se mencionó anteriormente, el óxido nitroso no es lo suficientemente potente para producir solo la anestesia. Por esta razón, se utilizan anestésicos, la mayoría de los cuales son líquidos volátiles a temperatura ambiente y presión atmosférica y por lo tanto, para su uso clínico deben cambiar su estado físico pasando de líquido a vapor.

Un vaporizador es un instrumento diseñado para facilitar el cambio de un anestésico líquido a su fase de vapor y agregar una cantidad controlada de este vapor al flujo de gases que llega al paciente. Para esto, se hace pasar la mezcla de gases (O_2 , N_2O , aire) a través de la cámara del vaporizador como se observa en la siguiente figura:

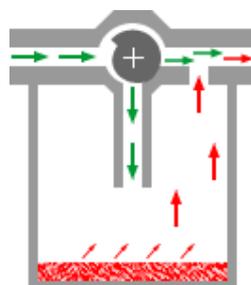


Figura 5.3: Vaporizador

Fuente: Proveduría Médica S.R.L. Presentación Máquinas de Anestesia

5.2.3. Anestésicos

La cantidad del vapor de anestesia añadida a la mezcla de gases depende del SVP (Saturated Vapor Pressure) que es una medida de la volatilidad del líquido anestésico en el gas. Los anestésicos que poseen un alto valor del SVP requieren que un menor volumen de la mezcla de gases pase por la cámara del vaporizador. Esto permite determinar los agentes anestésicos que se deben vaporizar para obtener distintos niveles de volatilidad.

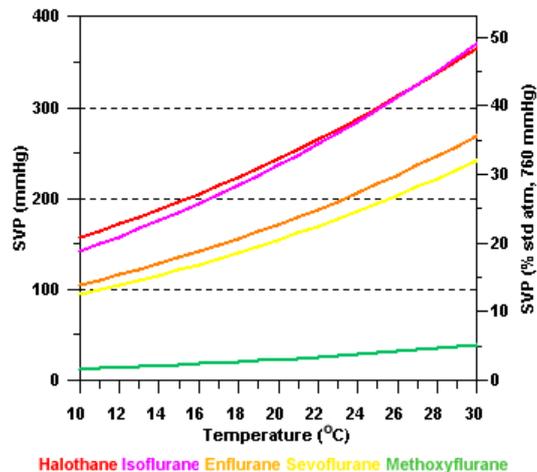


Figura 5.4: Curva de volatilidad del líquido anestésico en el gas
Fuente: Proveduría Médica S.R.L. Presentación Máquinas de Anestesia

Existen diversos factores que afectan la salida de la mezcla del vaporizador, como ser:

- Flujo a través de la cámara del vaporizador,
- Temperatura y presión ambiental,
- Disminución de la temperatura inducida por la vaporización,
- Relación de flujo de gas,
- Composición de la cámara de gas, y
- Variación de la presión en la salida del vaporizador.

Para minimizar los efectos que producen estos factores, se utilizan vaporizadores de precisión o también conocidos como vaporizadores “out of circuit”. Estos incorporan una red de canales internos, asegurando una salida precisa y constante.

5.3. Sistema paciente o respiratorio

El sistema paciente ejecuta mecánicamente lo que el anestesista ingresa en el panel y monitor, regulando el caudal de gases⁷ y administrando el respirador artificial. El mismo establece la conexión entre el paciente y la máquina, siendo el encargado de entregar el gas enriquecido con un agente volátil anestésico y eliminar el CO₂ de la expiración. Particularmente, el módulo paciente de la máquina de anestesia Heyer se calienta para evitar la formación de condensado y para la climatización del gas de respiración.

Circuito Respiratorio

Se utiliza un sistema de circuito cerrado o de flujo continuo, ya que presenta una serie de ventajas frente a los abiertos, semi-abiertos y semi-cerrados.

En primer lugar, este tipo de sistemas conserva el gas que ingresa al circuito, evitando pérdidas y proporcionando un ciclado de los agentes anestésicos no económicos. En segundo lugar, previene la polución de la atmósfera evitando que se desechen los agentes anestésicos en el lugar de trabajo y proporcionando un ambiente seguro para respirar. En tercer lugar, permite tener una reserva de gas que se puede utilizar ante una eventual emergencia. Por último, proporciona una gran posibilidad, fiable y efectiva, de monitorear los costos asociados.

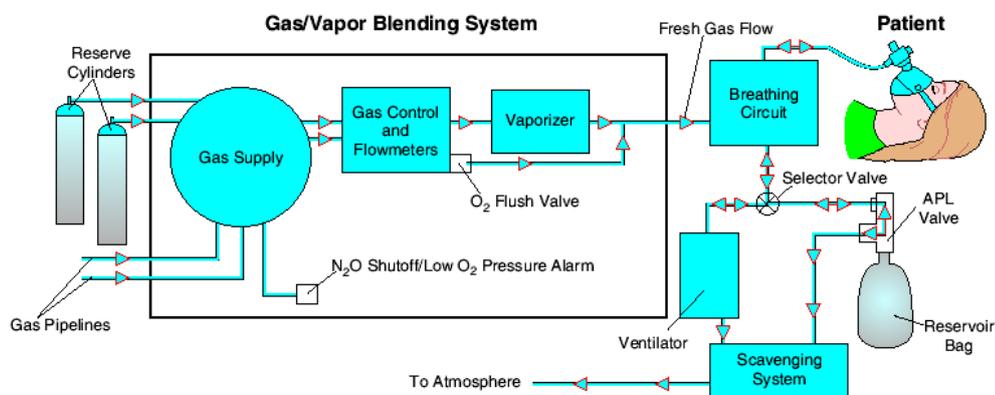


Figura 5.5: Circuito respiratorio cerrado

Fuente: Heyer Medical AG. *Introduction Anesthesia Machines*

El circuito respiratorio sustituye la respiración del paciente para que los gases ingresen al cuerpo y la anestesia pueda ser absorbida. Esto se logra a través de un fuelle que se eleva en la inspiración y desciende en la expiración, cuyo principio de funcionamiento se basa en las diferencias de presiones que se generan al circular la

⁷ El módulo paciente, a través de su diseño y canales interiores, regula el caudal de gases. Ver 6. *Descripción de la máquina.*

mezcla de gases por el circuito. En caso de falla de la fuente de gases, la bolsa reservorio permite simular la respiración manualmente.

En la inspiración ingresa O_2 al tubo del fuelle y ejerce presión sobre este último provocando su elevación. En esta fase, tanto la válvula espiratoria como la de retención permanecen totalmente abiertas.

En la espiración, los gases pasan por el recipiente con cal sodada, donde se remueve el CO_2 de los gases expirados permitiendo que estos últimos se inhalen nuevamente.

En las siguientes figuras se esquematizan el funcionamiento antes descrito y la mezcla de gases que circulan por el interior del circuito, respectivamente:

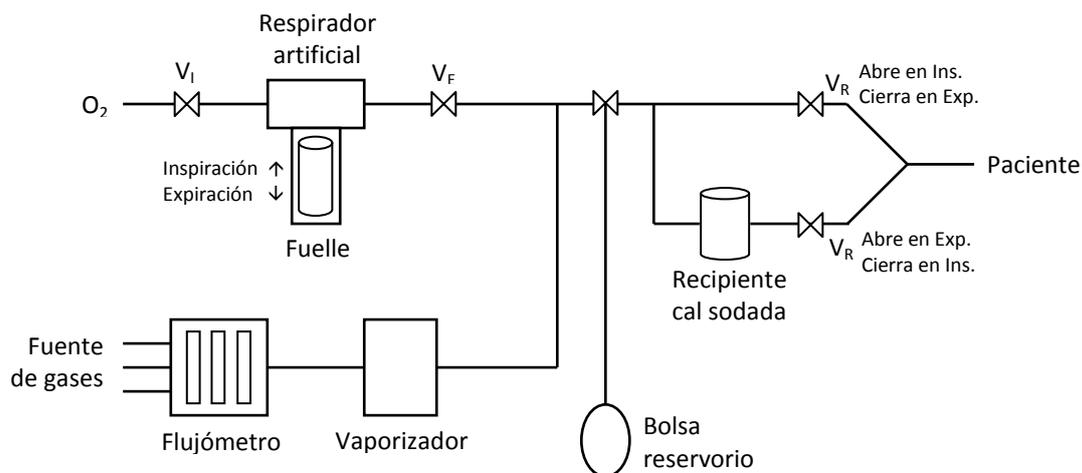


Figura 5.6: Esquema funcional del sistema paciente

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de asegurar el suministro de un volumen mínimo de oxígeno, se aplica en el paciente una presión denominada PEEP la cual mantiene los pulmones un poco abiertos. En la figura que se presenta a continuación, se pueden observar las variaciones en el volumen de oxígeno a medida que se desarrolla la respiración artificial. Un gráfico de este tipo aparece en el display de la máquina, de forma tal que el anestesista pueda monitorear el estado del paciente en todo momento.

El volumen aumenta gradualmente a medida que el oxígeno ingresa al circuito y el fuelle sube lentamente, pudiéndose apreciar en la figura que a medida que el volumen dentro del tubo es mayor, se opone una mayor resistencia al ascenso del fuelle. Cuando el fuelle asciende al punto máximo, este cae por gravedad y el volumen de oxígeno disminuye abruptamente hasta el mínimo correspondiente a la presión PEEP.

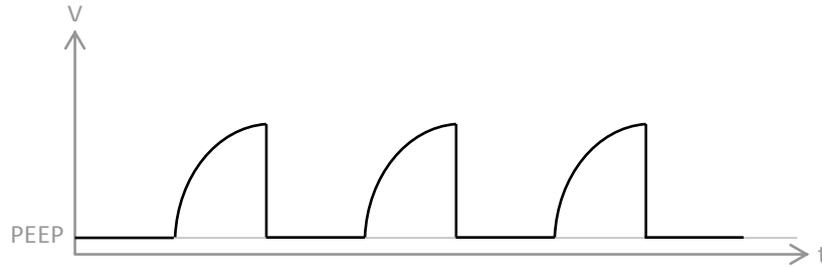


Figura 5.7: Respiración - Volumen de O₂ en función del tiempo

Fuente: *Elaboración propia*

Para una mejor comprensión del flujo de gases a través de las distintas partes del circuito respiratorio, se presenta el siguiente esquema donde se detalla la composición de la mezcla de gases en cada etapa.

En concordancia con lo mencionado anteriormente, el paciente inspira una mezcla de gases conformada por el gas fresco proveniente del vaporizador y por el gas expirado libre de CO₂, debido a su previo paso por el recipiente con cal sodada.

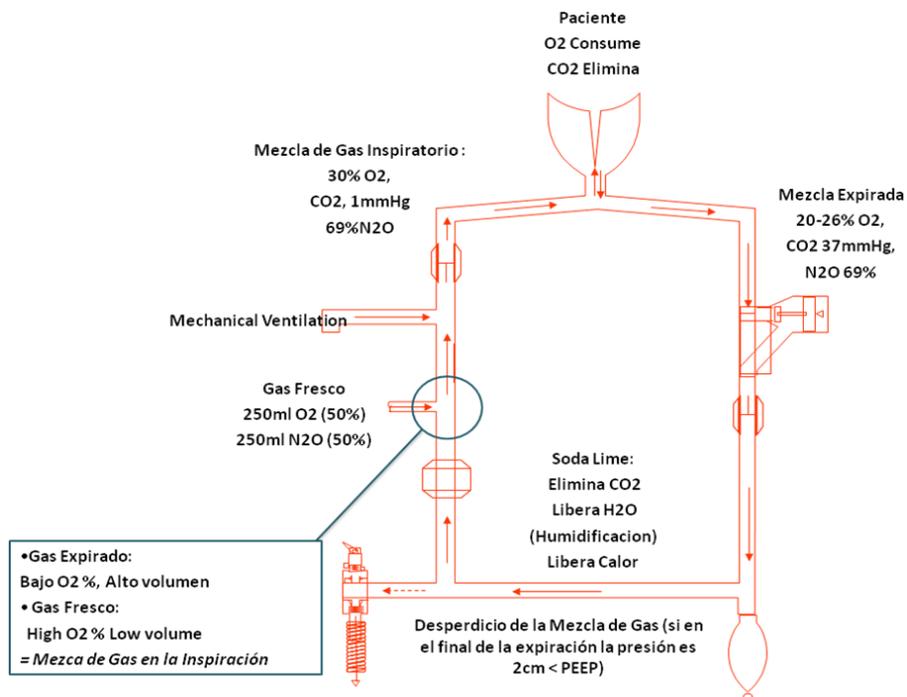


Figura 5.8: Gases en el Circuito Respiratorio

Fuente: *Proveeduría Médica S.R.L. Presentación Máquinas de Anestesia*

5.4. Sistema de evacuación de gases o scavenging

La función del sistema de evacuación de gases es la de capturar y expulsar los gases de desecho para minimizar la exposición del staff médico a los agentes anestésicos.

Esto se lleva a cabo mediante un mecanismo de ventilación que es controlado por un microprocesador, lo que permite se puedan desarrollar diversos modos de respiración artificial dependiendo del estado del paciente y el momento de la operación en que se encuentre. Entre estos, cabe mencionar a la respiración CMV (time-controlled, volume-constant and pressure-limited) y PCV (pressure targeted), con o sin funciones de control asistidas o sincronizadas.

Independientemente del tipo de respiración seleccionada, todos los mecanismos de ventilación son pasivos, lo que implica que los gases son venteados por el sistema de ventilación del hospital o preferentemente, por un sistema de extracción dedicado.

5.5. Mecanismos de seguridad

Al tratarse de una máquina compleja, utilizada de alguna forma para manipular la vida de pacientes, la misma posee diversos mecanismos de seguridad que aseguran su correcto funcionamiento y la convierten en un equipo independiente ya que puede operar ante fallas en el suministro de gases y en sus principales componentes.

- *Código de Color de la fuente de gas.*

ISO (Europa)		USA
	Oxígeno (O₂)	
	Oxido Nitroso (N₂O)	
	Aire	
	Succión	

- *Sistema de Conexión NIST (Not Interchangeable Screw Thread) o DISS (Diameter Index Safety System)*

Ambos sistemas se utilizan indistintamente para prevenir que por accidente se conecten cruzados los gases. A cada gas le corresponde una posición de sujeción con un diámetro específico de fitting, de forma tal que no se pueda conectar un gas en el lugar de otro.

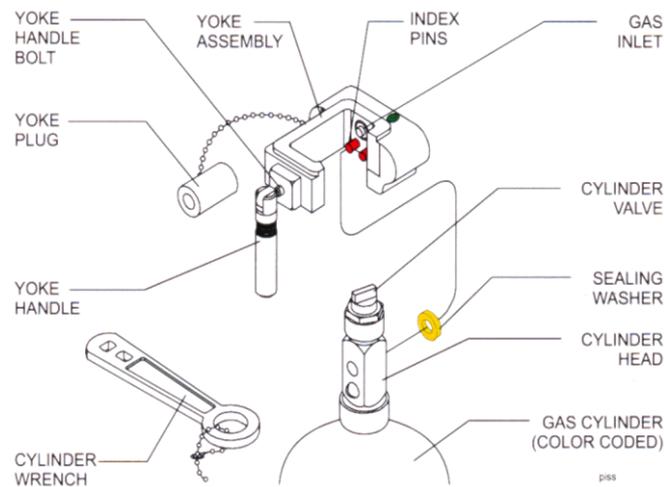


Figura 5.9: Sistema de seguridad para sujeción

Fuente: Proveduría Médica S.R.L. Presentación Máquinas de Anestesia

- *Alarma de Falla de Fuente O₂ (Silbato)*
- *Sistema de seguridad de falla de la fuente de O₂*

Ante la falla de la fuente de O₂ por problemas en la línea correspondiente del sistema central, este mecanismo evita que se corte el suministro de este gas conectando automáticamente la máquina al cilindro de O₂. Este sistema además trabaja en conjunto con la protección hipóxica que interrumpe el flujo de N₂O y con la alarma de falla de la fuente de O₂.

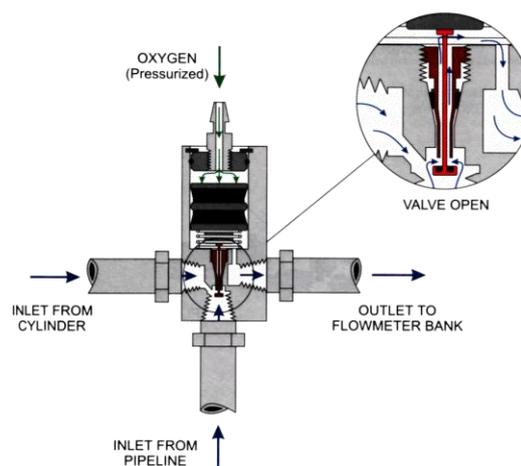


Figura 5.10: Sistema de seguridad por falla de la fuente de O₂

Fuente: Proveduría Médica S.R.L. Presentación Máquinas de Anestesia

Cuando por la línea circula el O_2 , este ejerce presión y se habilita el ingreso por la parte inferior de la Fig. X. Caso contrario, el gas ingresa por el lado izquierdo proveniente del cilindro.

- *Protección Hipóxica*⁸

Previene el envío de una mezcla de gas hipóxico al circuito de respiración del paciente. Consiste en dos diafragmas apretados conectados con una cavidad horizontal y una válvula proporcional. A cada lado de la cavidad entran el O_2 y N_2O , proporcionando valores lo más exactos posible a los flujómetros correspondientes. La proporción debe contener como mínimo un 25% de O_2 y 75% de N_2O , caso contrario, se corta el suministro de ambos gases.

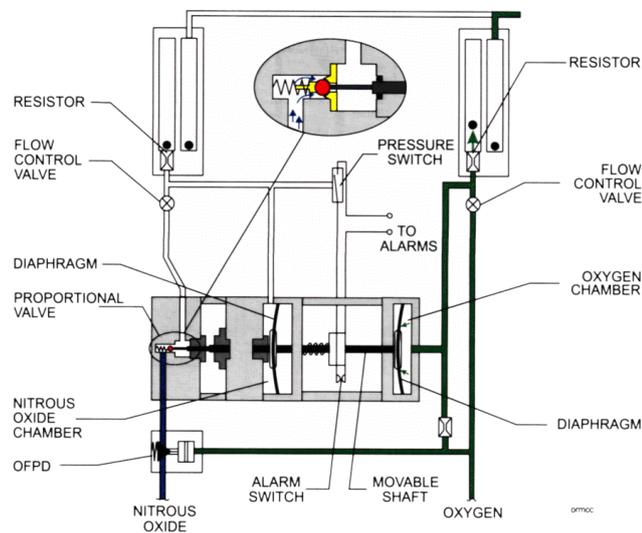


Figura 5.11: Sistema de protección hipóxica

Fuente: *Proveduría Médica S.R.L. Presentación Máquinas de Anestesia*

- *Código de Colores y textos en los controles del flujómetro*

Facilita el reconocimiento de los controles durante el manejo de la máquina.



Figura 5.12: Controles de los flujómetros

Fuente: *Heyer Medical AG. Introduction Anesthesia Machines*

⁸ El término hipóxico se refiere a la falta de suministro de oxígeno.

5.6. Requerimientos mínimos de monitoreo

El display de la máquina contiene la información que permite al anestesiólogo decidir y actuar sobre la condición del paciente. Las variables que figuran en el monitor son las siguientes:

- Signos vitales
- Concentración de O₂
- Presión de aire
- Volumen expirado o CO₂ expirado
- Evolución de la respiración

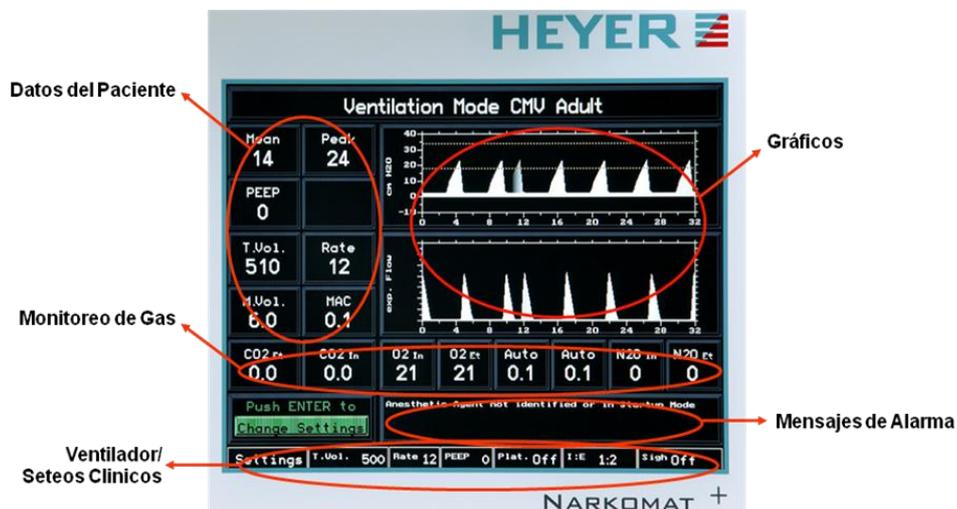


Figura 5.13: Información del display de la máquina

Fuente: Proveduría Médica S.R.L. Presentación Máquinas de Anestesia

6. DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA

6.1. Clasificación de componentes

La máquina de anestesia está compuesta por diversos tipos de componentes, los cuales se pueden dividir en tres grandes grupos en función de su modo de aprovisionamiento:

- Piezas producidas localmente por terceros,
- Piezas importadas de Alemania, y
- Otros insumos.

Las piezas del primer grupo a su vez se pueden clasificar según su proceso de fabricación en: mecanizadas, torneadas, y producidas mediante el doblado de chapas. Para cada uno de estos subgrupos se selecciona un proveedor, a quien se le brindan los planos de las piezas a producir y especifican los requerimientos de calidad.⁹

Los componentes importados de Alemania son aquellos cuya producción no es factible en Argentina, ya sea por los altos costos involucrados o por la falta de proveedores capacitados para tal fin. Dentro de este grupo se incluyen todas las piezas electrónicas y aquellas cuyas especificaciones de calidad no pueden ser alcanzadas por los proveedores disponibles en el mercado local.

En este aspecto, será muy importante tener en cuenta el tiempo de entrega de los componentes, ya que se transportarán en barco desde Alemania. Cabe destacar que ante una eventual emergencia, el aprovisionamiento podría realizarse vía aérea, debido a su alto valor y a su pequeño tamaño.

Dentro de “otros insumos” se incluyen todos aquellos componentes estándar que se consiguen sin dificultad en el mercado local sin necesidad de producirlos especialmente para este proyecto, como tornillos, bulones y arandelas.

6.2. Explosión del producto

Considerando que la máquina de anestesia es un equipo de gran complejidad debido a la cantidad de piezas que la conforman y a las especificaciones de calidad que se deben cumplir, la descripción de sus componentes se realizará dividiéndola en módulos o sectores principales¹⁰. Esto facilitará la ubicación de las piezas dentro del conjunto.

⁹ En el *Anexo II*, se encuentran los planos de las piezas de tornería que serán producidas en Argentina, además de un listado con los diversos componentes clasificados según su material o proceso de fabricación.

¹⁰ De acuerdo a la división realizada para describir el funcionamiento.
Ver 5. *Principio de funcionamiento*

La siguiente figura contiene dos esquemas simplificados de la máquina completa, vista de frente y atrás; en el primero de ellos se indican los componentes estructurales del equipo, y en el segundo, algunos de los módulos presentados en la sección anterior (5. *Principio de funcionamiento*), donde se explicó la función que cumplen para el correcto funcionamiento del equipo.

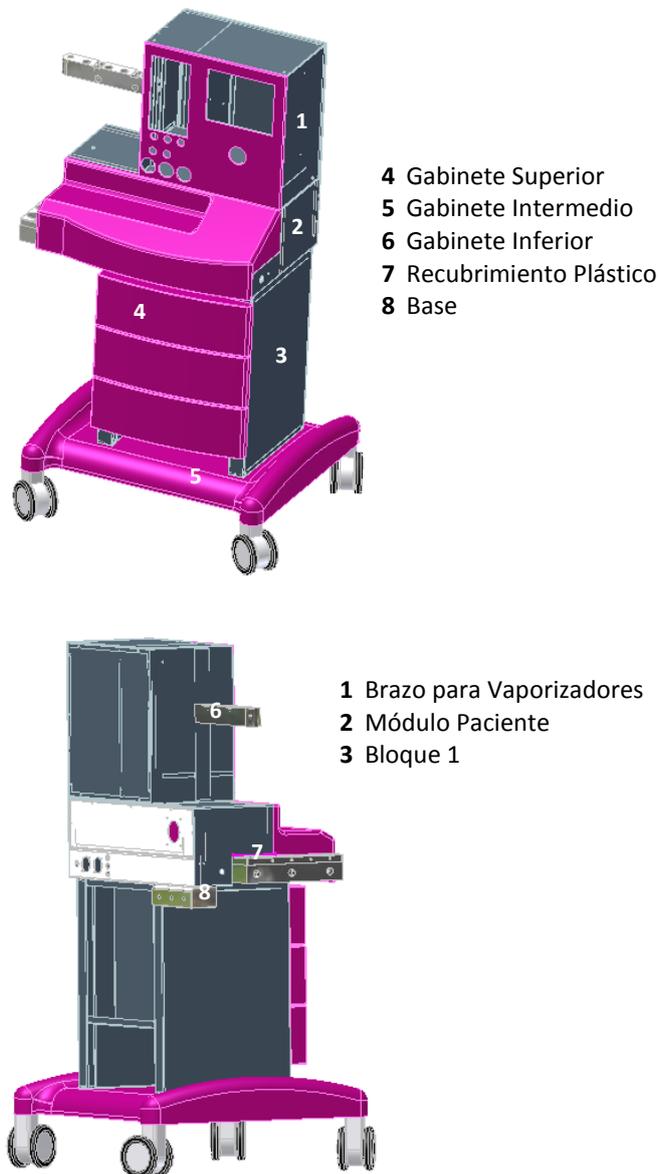


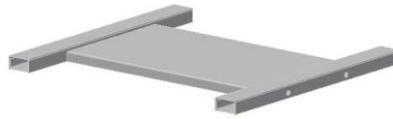
Figura 6.1: Esquema simplificado de máquina de anestesia – Vista de frente y trasera

Fuente: Proveeduría Médica. Planos en Autodesk Inventor 3D

A continuación, se presentan los diferentes módulos del equipo y el detalle de las piezas que los conforman, así como la cantidad de cada una de ellas. Esta descripción constituye la explosión del producto propiamente dicha.

Estructura

Base (1)



- Base plástica (1)

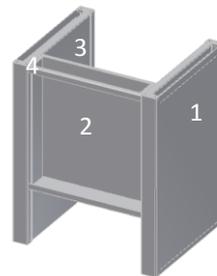


- Ruedas (4)



Gabinete inferior

- Ensamblaje



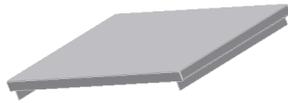
- 1** (2 piezas)



- 2** (1 pieza)



3 (2 piezas)



4 (8 piezas)



- Cajones (2)
- Frente plástico cajones (2)



Gabinete intermedio

- Bandeja (1)

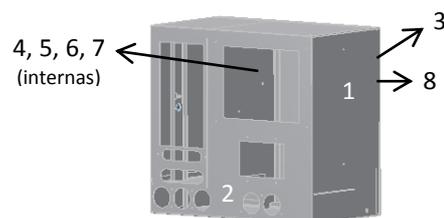


- Frente plástico (1)



Gabinete Superior

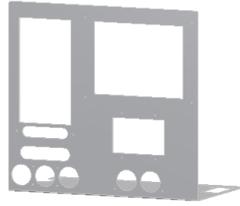
- Ensamblaje



1 (1 pieza)



2 (1 pieza)



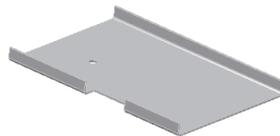
3 (1 pieza)



4 (1 pieza)



5 (1 pieza)



6 (1 pieza)



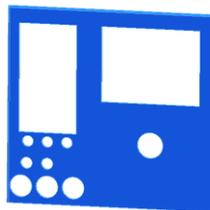
7 (1 pieza)



8 (1 pieza)



- Frente plástico (1)



Fuente de gases y Circuito de control

- **Cilindros (3)**
- **Válvulas de retención (3)**
- **Reguladores de presión (3)**
- **Manómetros (2)**

Sistema de dosaje

- **Válvula (1)**
- **Manómetro (1)**
- **Flujómetro (1 conjunto)**



Los flujómetros están formados por muy diversas piezas de distintos materiales y procesos de fabricación. Su estructura interna es compleja, por lo que se importará directamente de Alemania el conjunto que se muestra en la figura de la izquierda, formado por los flujómetros para los tres gases.

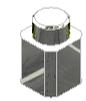
- **Brazo mecanizado (1)**



- **Vaporizador (1)**

- **Válvula conjunto (4)**

1 (1 pieza)



2 (1 pieza)



3 (1 pieza)



4 (1 pieza)



5 (1 pieza)



- **Bloque 1:** Puente entre los flujómetros y el módulo paciente (1 conjunto)



El bloque 1 es una pieza de aluminio mecanizado. Al igual que el brazo donde se colocan los vaporizadores y todas las piezas mecanizadas que posee la máquina, esta se tercerizará a un centro de mecanizado local.

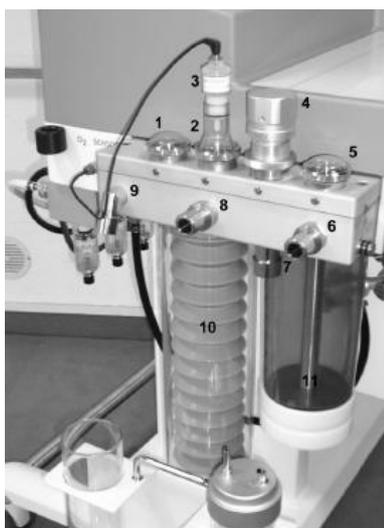
- **Tornería** (3 piezas)

- **Tubos de vidrio** (3 piezas)

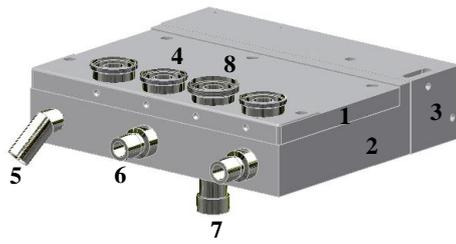
Se colocan en los tres agujeros del bloque 1; se importarán de Alemania.

Sistema paciente o respiratorio

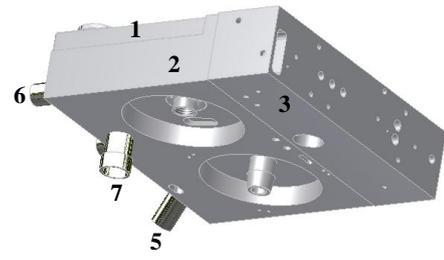
Módulo paciente (incluye las válvulas del sistema de ventilación)



- 1 Válvula de emergencia
- 2 Válvula inspiratoria
- 3 Sensor de oxígeno
- 4 Válvula APL (Air Pressure Limit)
- 5 Válvula espiratoria
- 6 Conexión hose
- 7 Salida de la válvula APL
- 8 Conexión hose para la válvula inspiratoria
- 9 Conexión hose para bolsa reservorio
- 10 Resorte y canister contenedora
- 11 Canister absorción de CO₂



Vista frente-superior



Vista trasera-inferior

Las tres piezas que conforman la estructura principal del módulo paciente son de aluminio y están fabricadas a través de un proceso de mecanizado.

- 1 MP-P1-1
Soporte (1 pieza)



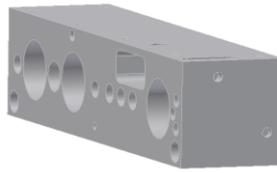
- 2 MP-P1-2
Tapa (1 pieza)



- 3 MP-PA-1
Conductos internos (1 pieza)



- 4** MP-PA-2
Bloque (1 pieza)



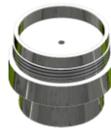
- 5** MP-P2-1
Brida, aluminio (1 pieza)



- 6** MP-P2-2
Niple, aluminio (1 pieza)



- 7** MP-P2-3
Componente de las válvulas inspiratoria, espiratoria y de emergencia (3 piezas)



- 8** MP-P2-4
Salida de la válvula APL (1 pieza)



- 9** MP-P2-5
Conexión (2 piezas)



- 10** MP-P2-6
Codo (1 pieza)



- 11** MP-P2-7
Componente de la válvula APL (Airway Pressure Limit), inoxidable (1 pieza)



- 12** MP-P2-8
Traba (1 pieza)



- 13** MP-P2-9
(1 pieza)



- 14** MP-PB-3
Componente de las válvulas inspiratoria y espiratoria (3 piezas)



- 15** MP-PB-4
Aro bronce (3 piezas)



- 16** MP-PB-5
Excéntrico (1 pieza)



Respirador artificial

Las piezas que componen el respirador artificial se importarán desde Alemania ya que todas ellas poseen especificaciones de calidad muy estrictas y no es factible conseguir las localmente y su tercerización acabaría en costos muy altos.

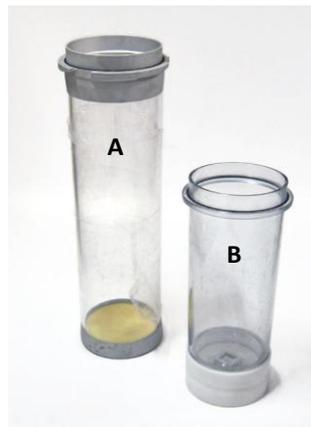
- **Brazo articulado** (1 conjunto)



- **Bolsa reservorio** (1 conjunto)



- **Tubos: A** Contenedor del resorte y **B** Contenedor de cal sodada para absorción de CO_2 (1 conjunto)



- **Resorte** (1 pieza)



- **Mangueras de silicona** (diferentes tipos)

- **Bloque 2** (1 pieza)



Sistema de ventilación y evacuación de gases

Eléctrica

- **Cableado**
- **Fusibles**
- **Enchufes**

6.3. Especificaciones y procesos adicionales

Los procesos que se mencionan a continuación se realizan para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina, evitando posibles eventualidades que pudieran surgir debido al principio de funcionamiento de la misma.

- Todas las piezas mecanizadas deben ser tratadas superficialmente mediante procedimientos de arenado y anodizado, los cuales son realizados por el proveedor. Mientras que el arenado permite obtener una mejor terminación superficial eliminando las posibles rayas en el metal debido al mecanizado, el anodizado evita que la corriente eléctrica que circula por la máquina no se desvíe por los bloques de metal.
- Con la finalidad de evitar fugas de gases, por un lado, se deben colocar anillos de goma en todas las piezas por donde circulan gases para evitar fugas. Por otro lado, las roscas deben ser selladas anaerómicamente mediante roscas loctite, un material líquido que solidifica en ausencia de aire.

7. PRODUCCIÓN

7.1. Método de producción

La producción de las máquinas es básicamente un proceso de ensamble, ya que, según se mencionó en la descripción del producto, todos los componentes serán o bien importados o producidos por un tercero local o serán insumos que se consiguen fácilmente en el mercado. La misma se realizará haciendo foco en el producto, debido a las características de los equipos, los bajos volúmenes de producción iniciales, y los grandes requerimientos de mano de obra calificada.

Adicionalmente, este método de producción permitirá personalizar el producto de acuerdo a los rasgos distintivos que pudiera solicitar el cliente. A modo de ejemplo, el cliente podrá requerir una mayor cantidad de vaporizadores que los correspondientes a la máquina estándar.

De acuerdo a esto, las órdenes de trabajo se crearán al generarse un pedido y se minimizará el stock de producto terminado. Contrariamente, sí se contará con un stock de insumos, especialmente de componentes importados, ya que al efectuar la compra por cantidades grandes, es factible obtener grandes descuentos. Además, esto evitará depender del tiempo de entrega de los proveedores en caso que surjan pedidos y no se tengan máquinas terminadas disponibles en stock.

7.2. Nivel de producción

El nivel de producción será acorde a los pedidos entrantes y acompañará el crecimiento de la demanda. Cabe destacar que el proceso posee gran capacidad de expansión

¹¹ por ser altamente dependiente de la mano de obra, lo que permitirá aumentar la producción rápidamente de acuerdo a los cambios que se produzcan en la demanda.

Según la proyección de la demanda y considerando que la misma es homogénea a lo largo de un año, los niveles de producción serán los que se indican a continuación.

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
8	12	12	12	16	20	24	28	32	36	44

Tabla 7.1: Niveles de producción (cantidad de máquinas por mes) ¹²

¹¹ Ver 4.1. Flexibilidad de la demanda.

¹² Supuesto: cuatro semanas por mes.

7.3. Identificación del producto

Al comenzar la producción de una unidad, en el sector de armado de la estructura, se le asignará una tarjeta para poder identificarla durante y después de terminado el proceso. La misma contendrá un número que permitirá distinguir la máquina, además de la fecha de producción. Esto asegurará la trazabilidad de la máquina, permitiendo identificar los proveedores de piezas y los operarios intervinientes en su fabricación.

Adicionalmente, la tarjeta contendrá un check-list con las operaciones que se deben realizar sobre el equipo, con el objetivo de llevar un control previo al efectuado en el sector de calidad. De este modo, en el sector de ensamble, cada vez que el operario monte un módulo sobre la máquina, deberá asentar dicha operación en la tarjeta correspondiente.

7.4. Diseño del proceso

La distribución de la producción será por grupos o unidades productivas, cada una de las cuales estará destinada para la fabricación de un módulo o subconjunto de piezas, según la clasificación realizada previamente en la descripción y explosión del producto. Al ser el producto un ensamblaje de muchos y diversos componentes, esto llevará a una reducción significativa del número de piezas que deberán ser montadas sobre la estructura y la máquina en sí.

Dichas unidades productivas se agruparán según sus características y se ubicarán en torno a una unidad central, donde se realizará el ensamble de la máquina, el cual se llevará a cabo de abajo hacia arriba, comenzando con el montaje de los módulos en el gabinete inferior y siguiendo con los correspondientes al gabinete superior.

7.5. Unidades de producción

La planta contará con cinco (5) unidades productivas, cada una de las cuales será destinada a la realización de un conjunto de operaciones relacionadas con un módulo en particular. A continuación, se listan las distintas unidades y las actividades que se llevarán a cabo en cada lugar de trabajo.

- *Estructura de la máquina*

Por un lado, se ensamblará el gabinete superior y por otro, el inferior junto a la base y la bandeja media, con el objetivo principal de facilitar la colocación posterior de los módulos en su interior. Ambas partes se despacharán hacia el sector de ensamble de la máquina, habiendo colocado previamente los recubrimientos plásticos.

Esta unidad será la única que tendrá el stock completo de insumos in situ, para evitar la maniobra de las chapas al depósito de insumos y luego al sector de armado.

- *Módulo paciente*

Se ensambla el módulo paciente para ser montado luego sobre la parte inferior de la máquina junto con las diferentes partes del respirador artificial.

- *Sistema de dosaje*

Se ensamblan el brazo mecanizado sobre el que se colocan los vaporizadores, y el bloque que contiene los tres tubos de vidrio. Estos subproductos se colocan sobre la estructura de la máquina junto con las válvulas, manómetros y flujómetros que conforman el sistema de dosaje.

- *Ensamble de la máquina*

En este sector se ensambla toda la máquina, comenzando por la parte inferior y siguiendo con el gabinete superior. Se colocan sobre la máquina todos los módulos producidos en las respectivas unidades, además de los componentes que no requieren ningún tipo de procesamiento anterior al ensamble final.

Adicionalmente, se deberá unir el gabinete inferior al superior, ya que provienen separados desde el sector de armado de la estructura.

Asimismo, las instalaciones eléctrica y electrónica se efectuarán directamente en el sector de ensamble, lo cual incluye la disposición del cableado, enchufes y fusibles, y la conexión de todos los circuitos electrónicos, conformados por piezas importadas en su totalidad, respectivamente.

Por último, además del ensamble de la maquinaria, en este sector se almacenan las unidades en proceso¹³, de forma tal que el operario tenga los componentes a su alcance en el momento que los necesite.

Cabe destacar que en todos los casos, las herramientas estarán disponibles en los lugares de trabajo y al alcance del operario; además, todas las mesas estarán cubiertas con una lámina de goma para evitar el resbalamiento de las piezas.

7.6. Control de calidad

Cuando la producción está completa, la máquina pasa al sector de productos terminados, donde se almacenan y se le realizan pruebas y controles de calidad. Si la calidad del producto es la adecuada, el mismo es embalado para su posterior despacho. Caso contrario, se deberá colocar una etiqueta autoadhesiva de color rojo para identificar el producto como no conforme y el mismo deberá regresar al sector de ensamble de las

¹³ El análisis de la distribución de los distintos sectores productivos y almacenes se realiza en la sección 7.10. *Lay-out*.

máquinas para que se realicen los cambios necesarios en función de las fallas encontradas previamente. En ambos casos, se deberá registrar la situación del equipo en la tarjeta de identificación correspondiente.

Como parte de los controles de calidad, se deberán llevar a cabo una serie de verificaciones que asegurarán el correcto funcionamiento de la máquina, como ser, entre otros:

- funcionamiento de mecanismos de seguridad, incluyendo todas las válvulas y sensores, y alarmas,
- calibración de flujómetros y manómetros, frente a un dispositivo patrón correctamente calibrado,
- ausencia de fuga de gases (se deberá corroborar la presencia de anillos de goma en todas las piezas por donde circulan gases y el sellado de roscas),
- chequeo del monitor.

El sector de control de calidad podría funcionar como servicio técnico en caso de reclamos y fallas en las máquinas entregadas.

7.7. Mantenimiento de stocks

7.7.1. Stock de insumos

El aprovisionamiento de piezas e insumos se hará periódicamente, se estima que una vez por año, excepto para las chapas que conforman la estructura de la máquina, debido a los grandes descuentos por cantidad que ofrecen los proveedores y a las características de las piezas mismas. Esto se debe a que la producción de las piezas mecanizadas y torneadas implica el seteo de las máquinas correspondientes según los planos y requerimientos específicos, por lo que la fabricación de una partida de poca cantidad de piezas sería extremadamente costosa.

Estas pueden mantenerse en inventario sin ocupar grandes espacios, siendo ordenadas adecuadamente para no sufrir daños que pudieran afectar sus características funcionales. Para ello, se utilizarán estanterías angostas y con muchos estantes, para lograr un aprovisionamiento selectivo evitando el movimiento innecesario de piezas. Además, las piezas pequeñas se colocarán en cajas identificadas con una foto y el código correspondiente.

En cuanto al abastecimiento de chapas, el mismo se realizará cada tres meses, debido a que las mismas ocupan considerables espacios y por lo tanto, el depósito correspondiente debería ser muy grande.

Cada unidad productiva contará con un stock reducido de las piezas que se requieran para producir el componente relacionado con dicho sector, de forma tal de evitar el movimiento continuo de materiales en la planta, exceptuando las piezas que deban ser directamente ensambladas en la máquina.

7.7.2. Stock de productos en proceso

Las máquinas en proceso permanecerán en el sector central, incluyendo dentro de estas las que solo cuenten con la estructura y no se les hayan colocado los módulos en su interior. El estar en el centro de la fábrica y el sistema de tarjetas adoptado, permitirán identificar fácilmente los procesos que se requieren para completar la producción del equipo.

7.7.3. Stock de productos terminados

Se mantendrá un stock mínimo de productos terminados ya que las órdenes de producción se generarán por pedidos. Por lo tanto, se establecerá un sector de máquinas terminadas, donde se embalarán y almacenarán momentáneamente hasta que el pedido correspondiente esté completo y se despache al cliente.

Respecto a la disposición de los distintos almacenes dentro de la fábrica, no será necesario que estén ubicados próximos, ya que las materias primas y los productos terminados poseen distintas unidades de movimiento. Específicamente, las materias primas se transportarán en zorras y los productos terminados se acarrearán manualmente ya que poseen ruedas que facilitan su movimiento.

7.8. Cálculo de tiempos

En esta sección, es importante distinguir entre los tiempos de producción de los diferentes módulos y su correspondiente colocación en la estructura del equipo. A continuación se estiman dichos tiempos en base a la experiencia de los empleados que realizaron el prototipo del equipo, aunque también considerando que los operarios de la planta realizarán capacitaciones previas y estarán mucho más habituados con el trabajo.

En la siguiente tabla, se presentan los tiempos de las distintas actividades, las cuales fueron agrupadas según el sector donde se llevan a cabo, y el tiempo total por sector.

Actividad	Tiempo (minutos)
ESTRUCTURA	37
Armado gabinete superior	17
Armado base + gabinete inferior + bandeja media	20
MÓDULO PACIENTE	50
Ensamble piezas mecanizadas	15
Colocación piezas torneadas	35
SISTEMA DE DOSAJE	20
Ensamble brazo mecanizado	12
Ensamble bloque 1	8
ENSAMBLE MÁQUINA	152
Colocación módulo paciente y respirador artificial	20
Colocación brazo mecanizado y vaporizadores	12
Colocación bloque 1	5
Colocación componentes del sistema de dosaje	15
Instalación y conexión de partes neumáticas	30
Instalación circuitos electrónicos	40
Instalación eléctrica	30
ACTIVIDADES ADICIONALES	75
Control de calidad	60
Embalaje	15
TIEMPO TOTAL DE PRODUCCIÓN POR MÁQUINA	334

Tabla 7.2: Tiempos de producción

De acuerdo a los niveles de producción estimados, a continuación se presentan las horas disponibles para la producción de cada unidad demandada. El cálculo correspondiente se realiza considerando veinte (20) días hábiles por mes y turnos laborales de ocho (8) horas.

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
22,86	20,00	17,78	14,55	11,43	10,00	8,00	6,67	5,52	4,57	3,81

Tabla 7.3: Horas disponibles para la fabricación de una unidad

Teniendo en cuenta la estimación de los tiempos de producción antes presentada y el cálculo de las horas disponibles para la producción de una unidad, se calcula la capacidad utilizada de la fábrica, como la cantidad de horas disponibles dividida por la cantidad de horas requeridas, resultando en los siguientes porcentajes:

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
26%	29%	33%	40%	51%	58%	73%	88%	106%	128%	153%

Tabla 7.4: Porcentaje de utilización de la capacidad instalada

El porcentaje de utilización de la capacidad de la fábrica crece a lo largo de los años, ya que la demanda va en aumento y el tiempo total disponible para la fabricación permanece constante. A partir del noveno año desde el inicio de la producción, será necesario incrementar la capacidad instalada de la fábrica, que en este caso bastará con la incorporación de mano de obra adicional para incrementar la cantidad de horas de trabajo disponibles, según se especifica en la siguiente sección.

7.9. Requerimientos de mano de obra directa

Dependiendo del tiempo requerido para llevar a cabo cada actividad, se calcula la dotación de empleados necesaria para alcanzar los niveles de producción que se estiman en función de la proyección de la demanda.

En este aspecto, cabe destacar que en el largo plazo habrá un especialista para la realización de cada actividad, aunque todos los empleados poseerán los conocimientos necesarios para efectuar todas las tareas. Estos rotarán periódicamente por los diferentes sectores de la planta, para evitar que se detenga la producción por la ausencia ocasional de uno o más operarios. Durante los primeros años, no se tendrá un operario para cada actividad ya que, de esa forma, la mayor parte de su turno laboral sería tiempo ocioso.

Los cálculos fueron realizados considerando la jornada laboral de ocho (8) horas y suponiendo veinte (20) días hábiles por mes. De esta forma, los resultados obtenidos, son los que se presentan a continuación:

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2

Tabla 7.5: Cálculo teórico de la cantidad requerida de operarios

Los primeros años se requiere un único empleado para operar la planta, pero se recomienda contratar empleados adicionales, para evitar la eventual detención de la producción debido a posibles ausencias de los empleados y durante sus vacaciones. De esta forma, la dotación de empleados quedaría compuesta de la siguiente forma:

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3

Tabla 7.6: Dotación de operarios

Adicionalmente, será necesario contratar personal de seguridad y empleados que se encarguen de las actividades comerciales.

7.10. Lay-out

La planta estará dividida en sectores, los cuales serán destinados para la producción, mantenimiento de stocks, controles de calidad, oficinas administrativas y servicios sociales para los empleados. Los mismos serán ubicados y dimensionados priorizando el flujo de materiales a lo largo del proceso, la comodidad de los empleados en la realización de su trabajo y las relaciones existentes entre las distintas actividades y sectores.

Además, la distribución de la planta será diseñada teniendo en cuenta los movimientos de ingreso y egreso, tanto de empleados como de insumos y productos terminados.

7.10.1. Método SLP

Para establecer las relaciones entre las diferentes actividades, se utiliza el método SLP (*Systematic Layout Planning*) o Diagrama de Mutter, el cual además permite la integración de los servicios auxiliares a la producción.

El método consiste en la elaboración de una tabla relacional de doble entrada, en donde se registra la relación existente entre dos actividades cualesquiera y la conveniencia de proximidad de las mismas. De esta forma, la casilla de intersección de dos actividades contiene el código justificativo de la relación (de ser necesario, se puede asignar más de una relación) y es sombreada con un color que representa la consecuente estimación de la cercanía entre los sectores correspondientes; las casillas vacías implican que no existe una relación entre las actividades y/o que la distancia entre los sectores respectivos no es de gran importancia para la elaboración del lay out.

Código de relación

- 1 Importancia de los contactos directos
- 2 Importancia de los contactos directos administrativos y/o información
- 3 Recorrido de los productos
- 4 Utilización de los mismos equipamientos industriales
- 5 Utilización del mismo personal
- 6 Inspección o control
- 7 Seguridad (ruidos, polvos, humos, peligro de incendio, etc.)
- 8 Distracciones e interrupciones
- 9 Iluminación, ventilación y factores fisiológicos

Código de colores

- ◆ Se requiere que estén contiguos
- ◆ Es deseable cierta cercanía
- ◆ Indiferente / No se requiere cercanía
- ◆ Es preferible que estén alejados

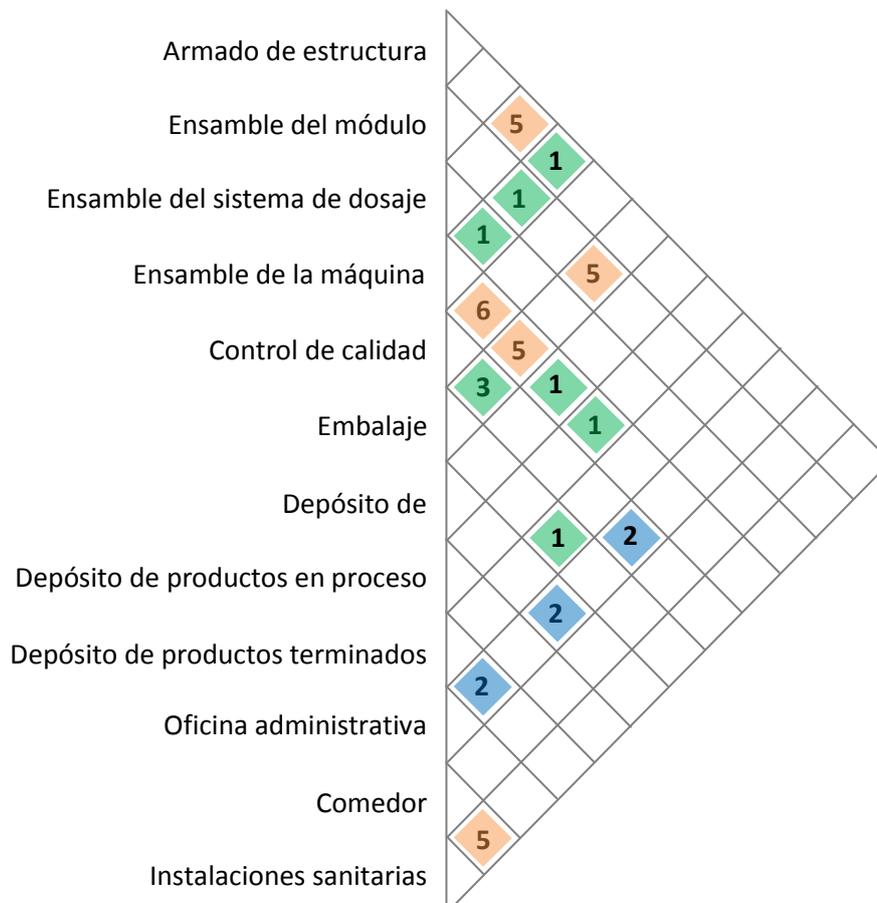


Figura 7.1: Tabla de relaciones entre actividades

Fuente: Elaboración propia

7.10.2. Disposición de la planta

De acuerdo a la descripción del proceso, la política de stocks adoptada, y las relaciones establecidas entre las actividades, los sectores que conformarán la fábrica son los siguientes¹⁴:

- ① Depósito insumos
- ② Armado de la estructura
- ③ Ensamble módulo paciente
- ④ Ensamble sistema de dosaje
- ⑤ Oficina administrativa
- ⑥ Ensamble de la máquina
- ⑦ Instalaciones sanitarias
- ⑧ Comedor
- ⑨ Control de calidad
- ⑩ Embalaje y depósito de productos terminados

A continuación, se esquematizan varios diagramas de la distribución de la planta, en cada uno de los cuales se detalla un aspecto particular que se deberá tener en cuenta para la construcción y operación de la fábrica. Los diagramas son los siguientes:

- Disposición de los sectores
- Dimensiones que deberá tener cada sector para el desarrollo de las tareas relacionadas
- Ubicación de stocks y flujo de materiales
- Disposición de los operarios dentro de la planta

¹⁴ A cada sector se le asigna un número, mediante el cual se lo identificará en los diversos diagramas de layout que se presentan en las siguientes secciones.

A. Diagrama de bloques

Según se puede apreciar en el siguiente diagrama, la planta contará con una vía de acceso la cual funcionará como entrada y salida, ya que el suministro de insumos se realizará anualmente, quedando libre el resto del año para el despacho de los productos terminados. Adicionalmente, se tendrá una salida de emergencia en la medianera opuesta, para facilitar el egreso de todos los empleados de ser necesario.

El primer sector adyacente a la entrada es el depósito de insumos debido a que el aprovisionamiento se hará en grandes cantidades, por lo tanto, dicha ubicación evitará la excesiva manipulación de materias primas en grandes distancias. De todas formas, las materias primas serán transportadas dentro de la fábrica, aunque en menores cantidades, según se muestra en el diagrama 6.10.3. *Ubicación de stocks y flujo de materiales*. Del otro lado del acceso se dispondrá del stock de productos terminados, lo más cercano a la salida posible para retirar los productos directamente al camión de transporte.

Por un lado, sobre el lateral derecho de la planta se ubican los sectores donde se arman los distintos módulos (estructura, módulo paciente, sistema de dosaje), que posteriormente pasarán a la unidad de ensamble de la máquina, la cual estará situada en el sector central. Por otro lado, sobre el lateral izquierdo, se ubicarán los sectores donde se llevan a cabo las tareas sobre el producto terminado, entre los que se encuentran los controles de calidad y el posterior embalaje.

Como se mencionó anteriormente, el sector de ensamble estará ubicado en el sector central ya que está relacionado tanto con las actividades que se llevan a cabo del lado derecho y el izquierdo, así como con el depósito de insumos de donde se obtienen aquellas piezas que no requieren de ningún proceso previo a su colocación en la máquina (por ejemplo, los componentes del respirador artificial).

Por último, cabe mencionar que las instalaciones sanitarias, comedor y oficinas administrativas se dispondrán lo más alejado de la entrada, para mantener cierto orden y una división entre los sectores productivos y de servicios.

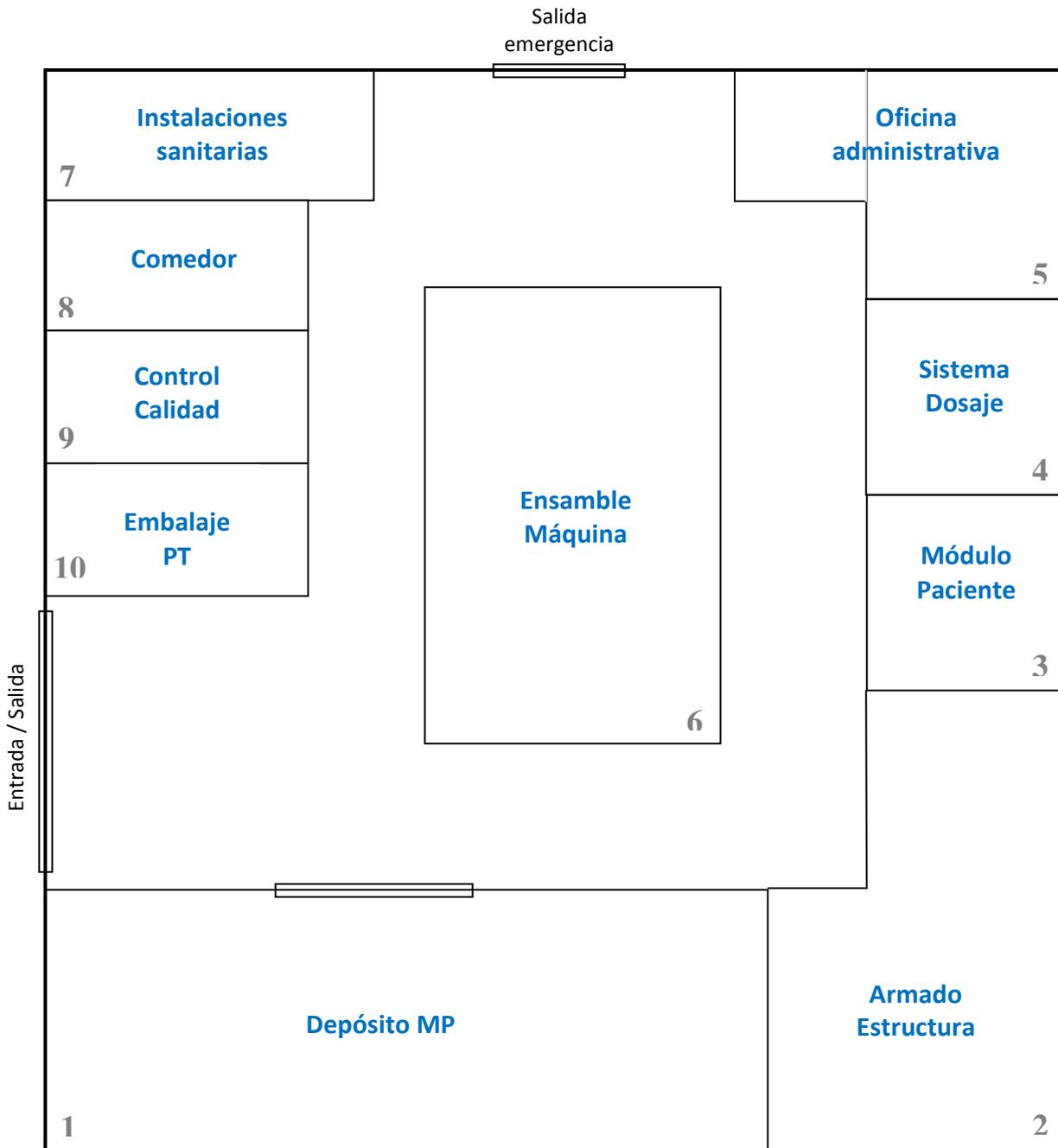


Figura 7.2: Diagrama de bloques

Fuente: Elaboración propia

B. Diagrama de superficies y distancias

Las distancias entre sectores y la superficie de los mismos¹⁵ se ha determinado considerando el espacio requerido para la correcta manipulación de materiales dentro de la fábrica, los niveles de stocks que se deberán almacenar de acuerdo a la política adoptada, y los niveles de producción. Respecto a este último punto, cabe destacar que las dimensiones adoptadas se determinan considerando un nivel de producción medio entre los proyectados para los primeros diez años del proyecto.

En el cálculo de los depósitos y otros lugares donde se almacena el stock, se han tenido en cuenta las dimensiones de las piezas a almacenar, la cantidad de piezas a ser apiladas en función de sus características y las dimensiones de las estanterías.

En cuanto a las unidades productivas, la superficie fue calculada teniendo en cuenta las medidas de las mesas de trabajo así como un espacio libre proporcionado para el movimiento de los operarios. Del mismo modo fueron estimadas las superficies de las instalaciones sanitarias, el comedor y la oficina administrativa.

Por último, es importante mencionar que todas las dimensiones podrían ser levemente modificadas en función de la disponibilidad de lugares en donde instalar la planta.

¹⁵ En el *Anexo III* se presenta el detalle de las dimensiones de las diferentes piezas que conforman la máquina, y el cálculo de las superficies requeridas para los depósitos de stocks y lugares de trabajo.

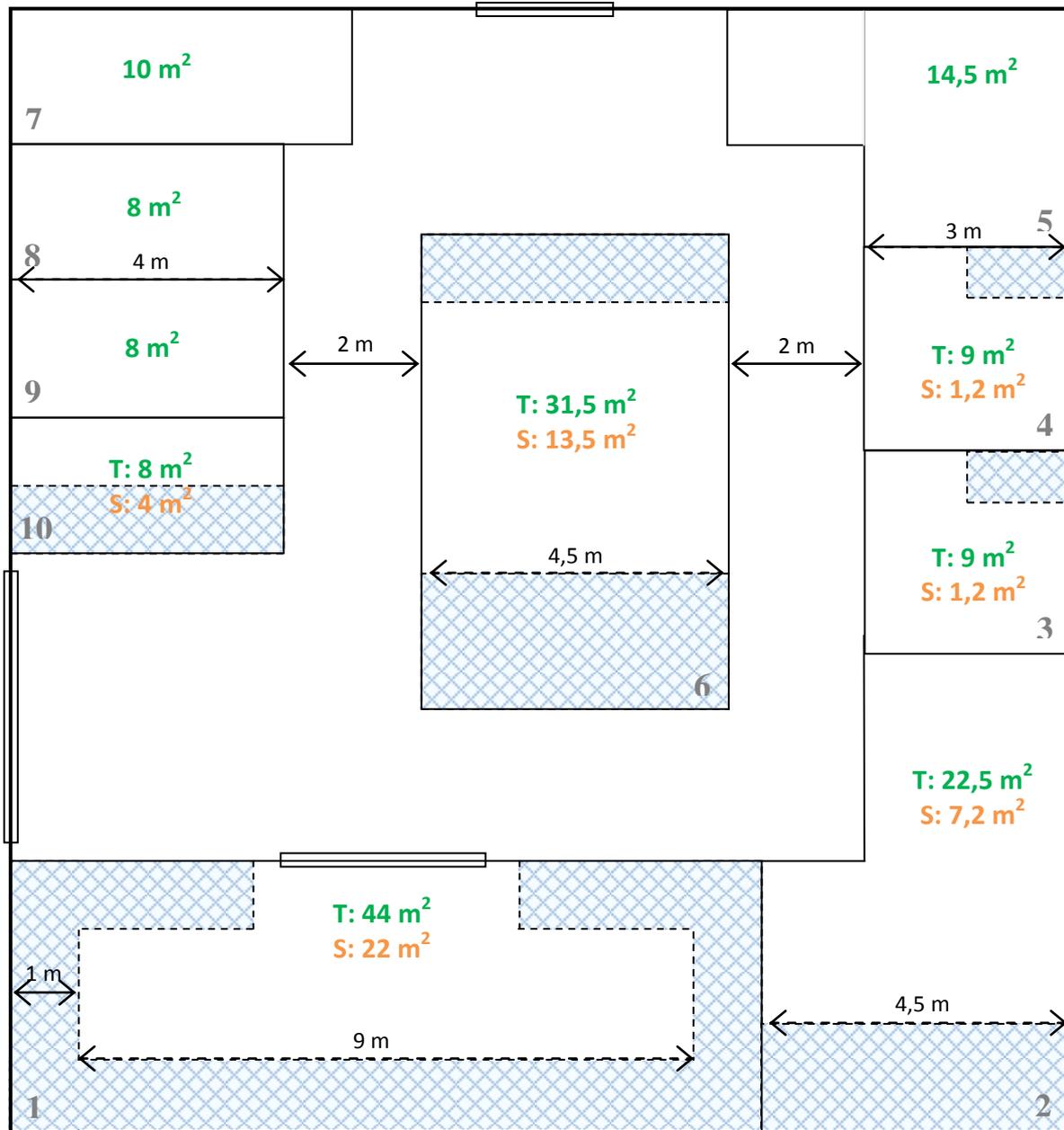


Figura 7.3: Diagrama de superficies y distancias

Fuente: Elaboración propia

C. Ubicación de stocks y flujo de materiales

En el siguiente diagrama se puede observar el flujo de materiales a lo largo de la fábrica. Se ha adoptado un sistema con distintos colores para identificar los diferentes estados en que se encuentra el producto, a saber:

- **Violeta** ⇒ Materias primas
- **Naranja** ⇒ Productos en proceso
- **Negro** ⇒ Productos terminados
- **Verde** ⇒ Productos terminados aprobados
- **Rojo** ⇒ Productos terminados no conformes

Asimismo, los movimientos de ingreso y egreso de la planta se muestran mediante líneas continuas y los movimientos dentro de la fábrica, mediante líneas punteadas.

Cuando se efectúa el aprovisionamiento de las materias primas, éstas se colocan en el depósito de insumos adyacente a la entrada, excepto las chapas que se almacenan directamente en el sector de armado de la estructura. Posteriormente, las materias primas son transportadas en pequeñas cantidades hacia los sectores donde se utilizan como insumos, conformando así los stocks in situ.

Los módulos producidos en los sectores de armado de la estructura, el módulo paciente y el sistema de dosaje, se transportan hacia el sector central donde se ensambla la máquina y se almacenan momentáneamente. En particular, el armado de la estructura se realiza en dos partes, superior e inferior, cada una de las cuales se almacena por separado.

Del sector de ensamble se obtiene el producto terminado, al que se le deben realizar los controles establecidos para asegurar su calidad. Si el producto está aprobado, pasa hacia el sector de ensamble para su posterior despacho; caso contrario, el producto es no conforme y se almacena temporalmente junto a los stocks de productos en proceso dentro del sector central para pasar nuevamente por la unidad de ensamble.

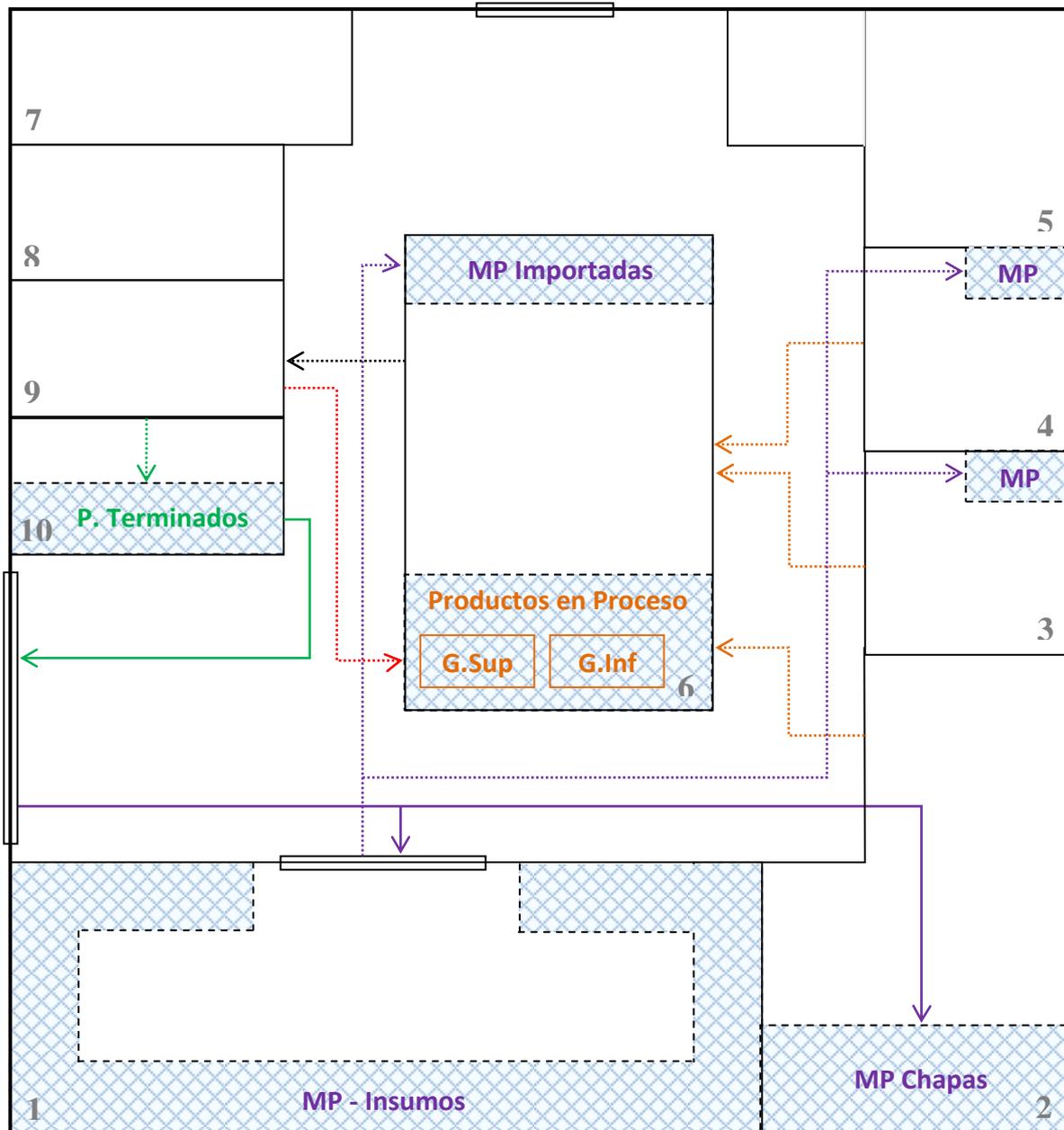


Figura 7.4: Ubicación de stocks y flujo de materiales

Fuente: Elaboración propia

D. Disposición de lugares de trabajo y distribución de actividades

En el siguiente diagrama se presenta la distribución de tareas para los primeros años de producción, en los cuales habrá dos empleados operando la fábrica, quienes son simbolizados mediante círculos de color rojo y azul. De la misma forma, se representa al empleado administrativo, con color amarillo.

Según se mencionó en el punto 6.9. *Requerimientos de mano de obra directa*, durante los primeros años los empleados se encargarán de la realización de múltiples tareas. Por lo tanto, en cada sector se indica quién se encargará de la actividad asociada al mismo, pero cabe recordar que los operarios rotarán por las distintas actividades.

Es importante tener en cuenta que durante las rotaciones deberá mantenerse el conjunto de actividades asignado a un operario y al otro; a modo de aclaración, las actividades asignadas para un empleado particular serán las siguientes¹⁶:

- Primer período: actividades asignadas al operario 1
- Segundo período: actividades asignadas al operario 2
- Tercer período: actividades asignadas al operario 1
- Cuarto período: actividades asignadas al operario 2
- Y así sucesivamente.

La distribución de actividades se plantea en función de la duración de las mismas, las que pueden ser efectuadas simultáneamente y las que requieren de la finalización de otras para poder ser llevadas a cabo. De esta forma y según se puede apreciar en el diagrama que se muestra a continuación, las tareas serán distribuidas de la siguiente forma:

Operario 1

- ↺ Armado de estructura
- ↺ Sistema de dosaje
- ↺ Control de calidad

Operario 2

- ↺ Módulo paciente
- ↺ Ensamble de máquina
- ↺ Embalaje

Por último, ambos operarán el depósito de insumos y deberán hacer relevamientos periódicos de las unidades disponibles en almacén, de forma tal de efectuar los pedidos de materias primas con suficiente antelación.

¹⁶ Al otro empleado se le asignarán las actividades complementarias.

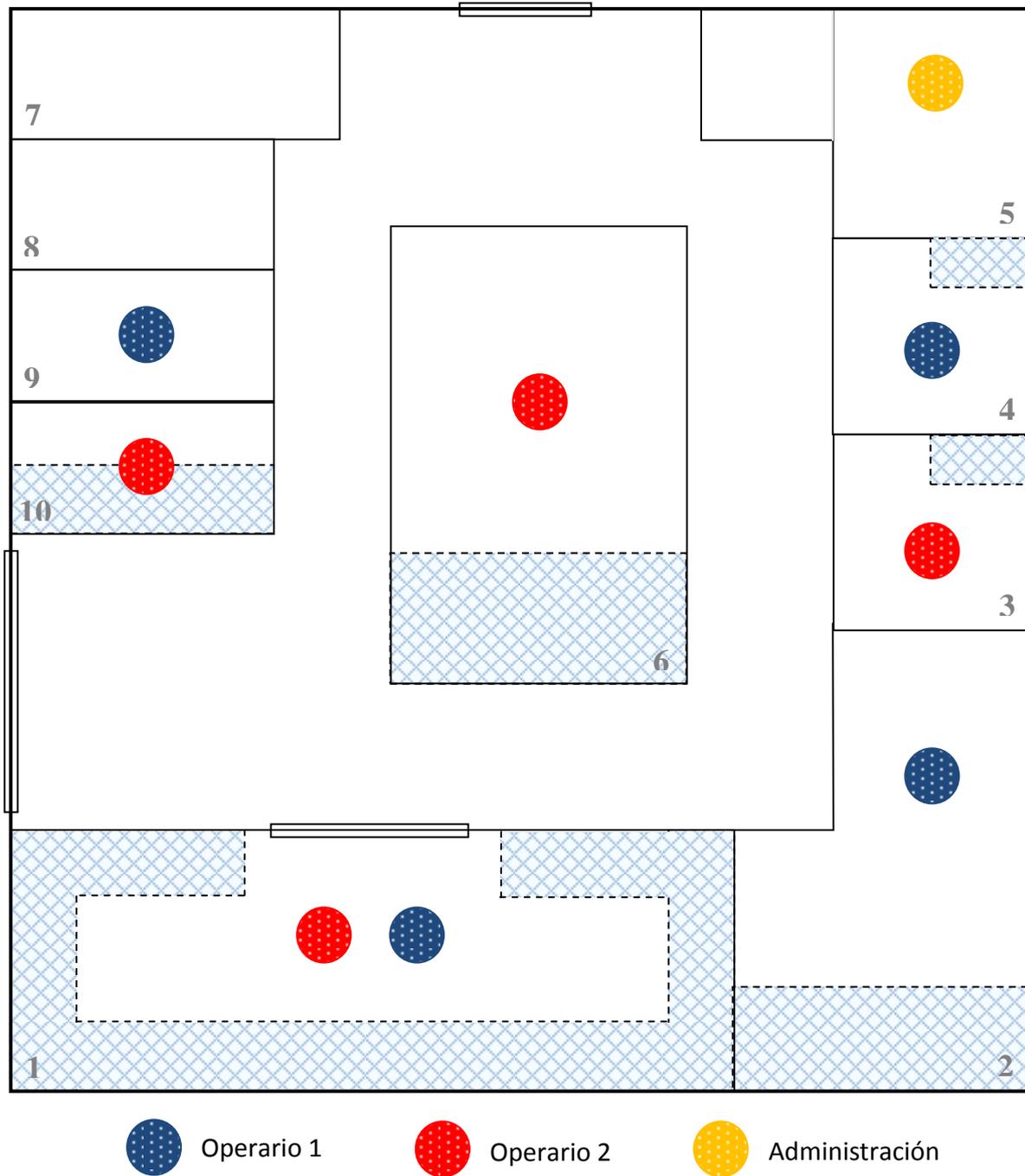


Figura 7.5: Disposición de lugares de trabajo y distribución de actividades

Fuente: *Elaboración propia*

8. PROCESOS COMERCIALES Y ADMINISTRATIVOS

8.1. Ventas

La actividad comercial incluye todos aquellos procesos que están en relación con los clientes, desde la generación de pedidos hasta el despacho de las máquinas y el servicio posventa.

Relacionado con el servicio posventa, se deberá llevar a cabo el seguimiento de las máquinas entregadas y brindar un servicio de mantenimiento preventivo, de forma tal de asegurar el correcto funcionamiento de los equipos. Este servicio también incluirá la asistencia al cliente en casos de imprevistos como roturas, fallas o cualquier eventualidad que pueda presentarse.

En el momento de la entrega de los productos, se brindará al cliente una encuesta para medir su satisfacción en cuanto al servicio brindado; posteriormente, a los 3 meses de entregado el producto, se enviarán encuestas para evaluar la satisfacción del cliente con el funcionamiento y calidad del producto. Esta información será de gran utilidad para detectar oportunidades de mejora relacionadas tanto con el producto como con los procesos internos de la organización.

8.2. Compras

Dentro de compras, es importante distinguir entre las compras a proveedores locales y las de importación.

En lo que a proveedores locales se refiere, se realizará la selección de los mismos en función de muestras, referencias, tecnología utilizada, capacidad de respuesta ante eventuales incrementos en la demanda, servicio posventa, plazos de entrega y precio. En este último aspecto, cabe destacar que los proveedores no serán elegidos en base al precio primordialmente, aunque ante similares condiciones en las demás variables, se considerará el precio de sus productos. Además, será importante la elaboración de estrategias a largo plazo con los proveedores para establecer relaciones sustentables.

Una vez que el proveedor es seleccionado, se monitoreará su desempeño y se mantendrá una constante evaluación para asegurar que cumpla con las condiciones pactadas inicialmente. Será responsabilidad del mismo proveedor realizar los controles necesarios para asegurar la calidad del producto.

Las piezas que serán importadas de Alemania serán provistas por la propia empresa *Heyer*. En este caso, habrá tareas relacionadas con trámites de aduana y el pago de los aranceles correspondientes.

Otras actividades relacionadas con las compras, locales e internacionales, serán la generación de órdenes de compra y la recepción de los insumos. Asimismo, se deberá realizar un seguimiento de los pedidos efectuados, de forma tal de asegurar que lleguen

en tiempo y forma. Además, se deberá llevar un control de los inventarios, según los relevamientos efectuados por los operarios de la planta.

En ambos casos, tanto para compras como para ventas, se mantendrán registros un de todas las actividades relacionadas con clientes y proveedores, como fechas y condiciones de entrega, detalle del producto entregado, entre otros, para asegurar la trazabilidad posterior del producto.

8.3. Administración

Dentro de las actividades administrativas se incluyen la facturación, el seguimiento y la recepción de cobranzas y pagos a proveedores.

ANEXO I

Tabla AI.1: Proyección de la población por país

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1 ARGENTINA	38 226 051	38 592 150	38 970 611	39 356 383	39 745 613	40 134 425	40 518 951	40 900 496	41 281 631	41 660 417	42 034 884	42 803 087	43 071 700	43 341 999	43 613 995	43 887 697	44 163 118
2 CHILE	15 865 216	15 980 912	16 134 219	16 284 741	16 454 143	16 928 873	17 094 270	17 248 450	17 402 630	17 556 815	17 711 004	17 865 185	18 001 964	18 138 749	18 275 530	18 412 316	18 549 095
3 BRASIL	182 032 604	186 112 794	188 078 227	190 010 647	191 908 598	191 909 000	199 991 561	202 200 733	204 434 308	206 692 556	208 975 749	211 284 163	213 279 357	215 293 393	217 326 447	219 378 700	221 450 331
4 PARAGUAY	6 036 900	6 347 884	6 506 464	6 669 086	6 831 306	6 995 221	7 112 107	7 229 913	7 349 670	7 471 410	7 595 168	7 708 870	7 824 274	7 941 405	8 060 291	8 180 956	8 303 427
5 URUGUAY	3 301 732	3 305 723	3 314 466	3 323 906	3 334 052	3 351 467	3 362 586	3 373 742	3 384 935	3 396 165	3 407 433	3 418 738	3 431 452	3 444 214	3 457 023	3 469 880	3 482 784
6 PERU	26 731 922	27 219 264	27 715 491	28 220 764	28 854 478	29 502 422	29 885 340	30 273 228	30 666 150	31 064 172	31 467 360	31 875 784	32 243 388	32 615 232	32 991 364	33 371 833	33 756 697
7 BOLIVIA	8 989 045	9 427 219	9 827 289	9 827 522	10 027 643	10 292 565	10 426 154	10 616 012	10 809 328	11 006 163	11 206 583	11 410 651	11 595 022	11 782 372	11 972 749	12 166 203	12 362 780
8 ECUADOR	13 026 891	13 215 089	13 408 270	13 605 485	13 805 085	14 005 449	14 200 304	14 393 819	14 589 970	14 788 795	14 990 330	15 194 614	15 388 444	15 584 747	15 783 554	15 984 897	16 188 808
9 VENEZUELA	26 127 349	26 577 423	27 030 666	27 483 208	27 934 783	28 384 132	28 833 845	29 277 736	29 718 357	30 155 352	30 587 736	31 017 064	31 441 037	31 810 013	32 214 058	32 623 234	33 037 616
10 COLOMBIA	42 367 528	42 888 592	43 405 387	43 925 034	44 450 260	44 977 758	45 208 205	46 043 696	46 574 188	47 110 793	47 653 580	48 202 617	48 732 786	49 268 790	49 810 688	50 358 545	50 912 429
11 MEXICO	102 566 384	103 483 934	104 409 692	105 338 769	106 242 582	107 122 328	107 978 956	108 813 355	109 626 391	110 418 606	111 190 472	111 942 992	112 677 423	113 395 982	114 096 789	114 778 401	115 440 592
12 GUATEMALA	11 740 630	12 013 907	12 293 545	12 728 111	13 002 206	13 677 815	14 361 666	14 707 498	15 061 657	15 424 345	15 795 766	16 176 133	16 535 576	16 903 010	17 278 507	17 662 550	18 055 025
13 NICARAGUA	5 197 193	5 465 100	5 746 817	5 766 299	5 785 846	5 805 460	5 825 140	5 896 775	5 969 291	6 042 689	6 117 010	6 192 236	6 259 925	6 328 354	6 397 531	6 467 465	6 538 162
14 EL SALVADOR	6 757 408	6 874 926	6 990 658	7 104 999	7 219 048	7 329 898	7 453 303	7 561 551	7 671 371	7 782 786	7 895 820	8 010 496	8 122 310	8 235 684	8 350 641	8 467 203	8 585 392
15 PANAMÁ	3 039 050	3 140 232	3 191 319	3 242 173	3 292 693	3 447 918	3 496 796	3 546 367	3 596 641	3 647 627	3 699 336	3 751 778	3 799 119	3 847 059	3 895 602	3 944 758	3 994 534
16 HONDURAS	6 813 881	6 941 025	7 070 749	7 202 897	7 337 515	7 474 648	7 614 345	7 756 653	7 901 620	8 049 296	8 199 733	8 352 979	8 493 468	8 636 319	8 781 574	8 929 271	9 079 453
17 COSTA RICA	4 287 022	4 301 172	4 352 283	4 404 002	4 456 335	4 509 290	4 694 623	4 758 293	4 822 827	4 888 236	4 954 533	5 021 728	5 078 803	5 136 526	5 194 908	5 253 952	5 313 687
TOTAL	502 906 607	511 887 346	518 246 123	524 495 025	530 681 195	535 849 669	548 058 152	554 598 316	560 860 966	567 156 235	573 482 495	580 229 115	585 946 063	591 703 850	597 501 329	603 337 859	609 213 910

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Cantidad de hospitales		16566	16862	17071	17277	17481	17651	18053	18269	18475	18682	18891	19113	19301	19491	19682	19874	20068
Demanda total de máquinas	3255	3313	3372	3414	3455	3496	3530	3611	3654	3695	3736	3778	3823	3860	3898	3936	3975	4014
Demanda total Argentina		252	254	257	259	262	264	267	269	272	274	277	282	284	286	287	289	291
Participación de mercado Heyer								5,00%	5,50%	6,05%	6,66%	7,32%	8,05%	8,86%	9,74%	10,72%	11,79%	12,97%
Demanda anual Heyer								181	221	246	274	304	339	376	418	464	515	573
Demanda mensual Heyer								15	18	20	23	25	28	31	35	39	43	48

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Importaciones Argentina	39	54	84	145	134	74	142
Crecimiento anual importaciones	-	38,46%	55,56%	72,62%	-7,59%	-44,78%	91,89%
Demanda Argentina	-	252	254	257	259	262	264
Participación de importaciones Arg.	-	21,44%	33,04%	56,48%	51,68%	28,26%	53,70%

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Demanda total	3530	3611	3654	3695	3736	3778	3823	3860	3898	3936	3975	4014
Crecimiento anual demanda	-	2,29%	1,19%	1,12%	1,11%	1,12%	1,19%	0,97%	0,96%	0,97%	0,99%	0,98%
Participación de mercado Heyer	-	2,00%	2,40%	2,88%	3,46%	4,15%	4,98%	5,97%	7,17%	8,60%	10,32%	12,38%
Demanda Heyer	-	73	88	107	130	157	191	231	280	339	411	498
Demanda Heyer mensual	-	7	8	9	11	14	16	20	24	29	35	42
Demanda Heyer semanal	-	2	3	3	3	4	5	6	7	8	9	11

Tabla AI.2: Cantidad de hospitales y demanda total de máquinas

Tabla AI.3: Importaciones anuales

Tabla AI.4: Demanda de Heyer

ANEXO II

Listado de piezas según material y proceso productivo

Chapa

- Cuerpo inferior: cuerpo principal, 2 módulos, 2 cajones
- Parte intermedia: cuerpo, cajón con bisagras (correderas con rulemán)
- Cuerpo superior: gabinete, tapa, chapas adentro

Eléctrica

- Cableado, fusibles, enchufes

Electrónica

Neumática

- Mangueras (diferentes tipos)
- 2 ó 3 válvulas
- Módulo con válvula electromagnética
- Manómetros: 3 chicos y 1 grande
- Fluómetro: con 3 válvulas y rotámetros (2 tubos para cada gas)
- Respirador: fuelle, piezas de silicona
- Conectores y codos

Mecanizado

- Partes metálicas del flujómetro
- Módulo paciente: formado por 3 partes principales y 2 piezas para unirlos
- Pieza que va detrás del módulo paciente
- Brazo del gabinete
- Piezas chicas

Forjado

- Brazo que sostiene parte del respirador. Requiere de una matriz para su fabricación (Las piezas de plástico que van unidas al brazo se realizan por inyección)

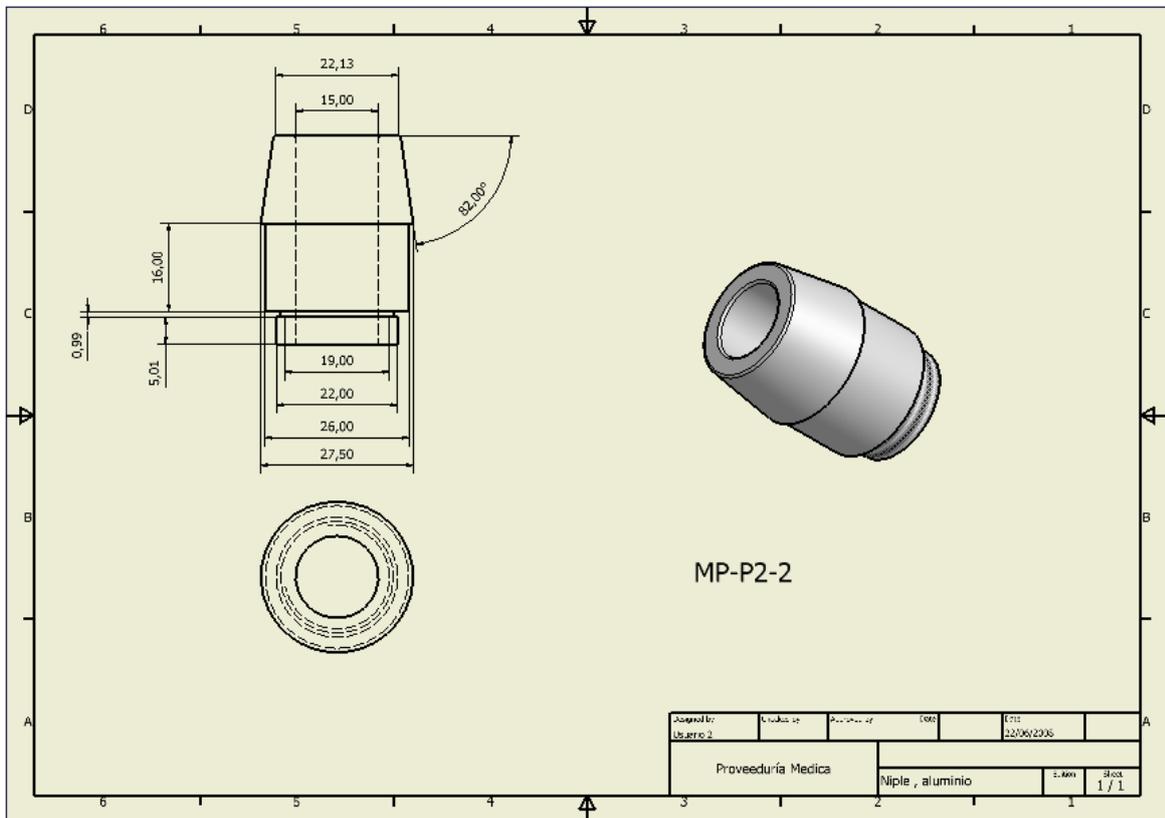
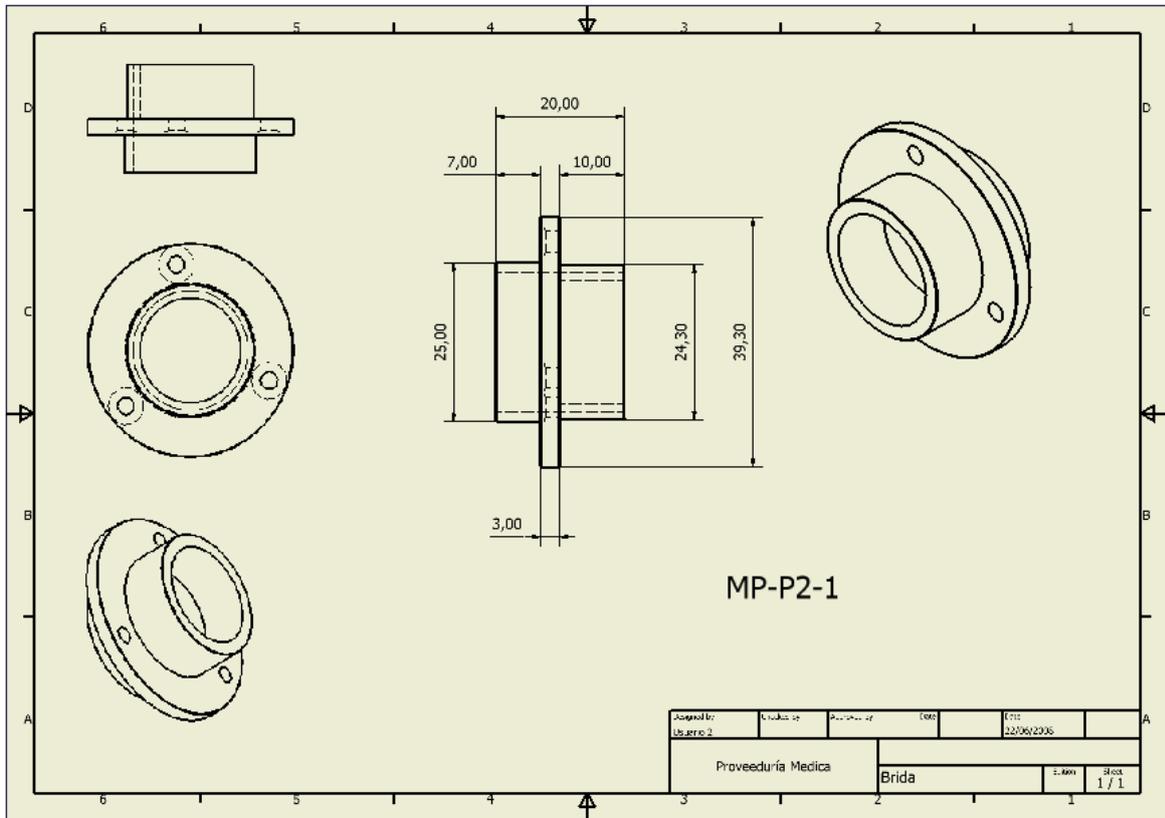
Tornería

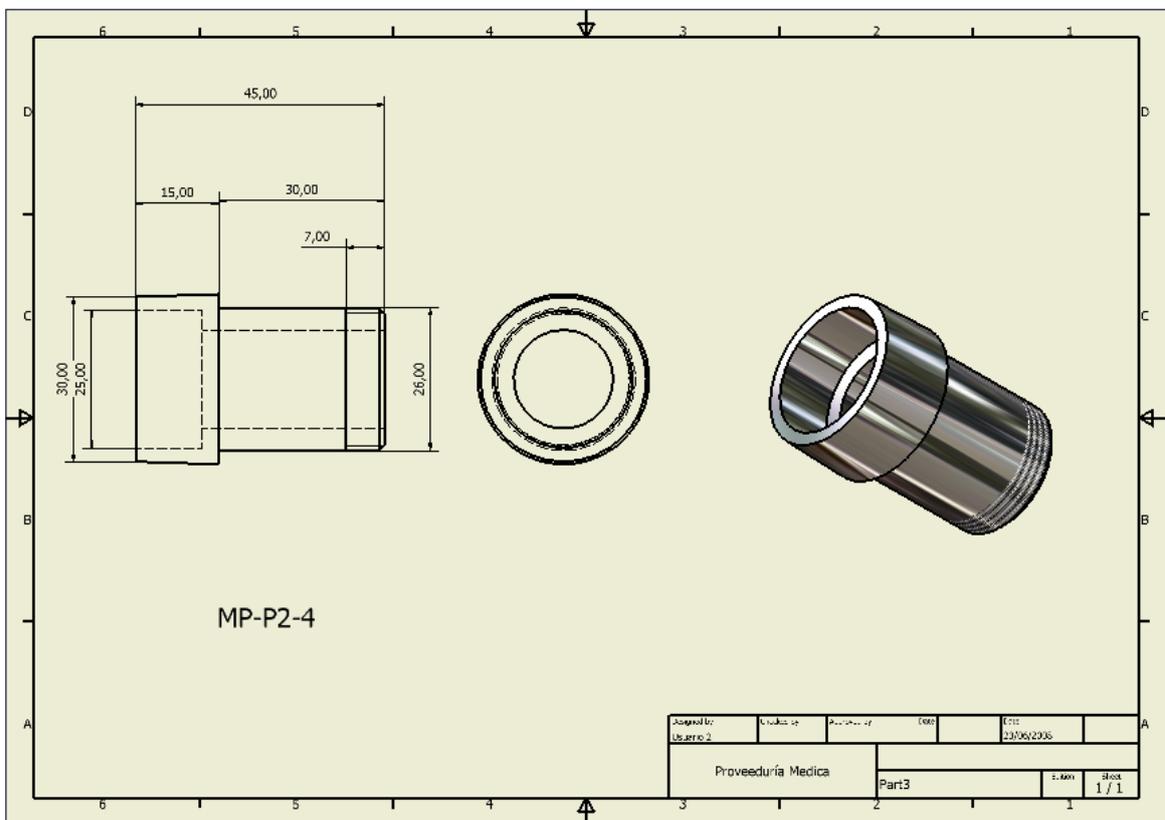
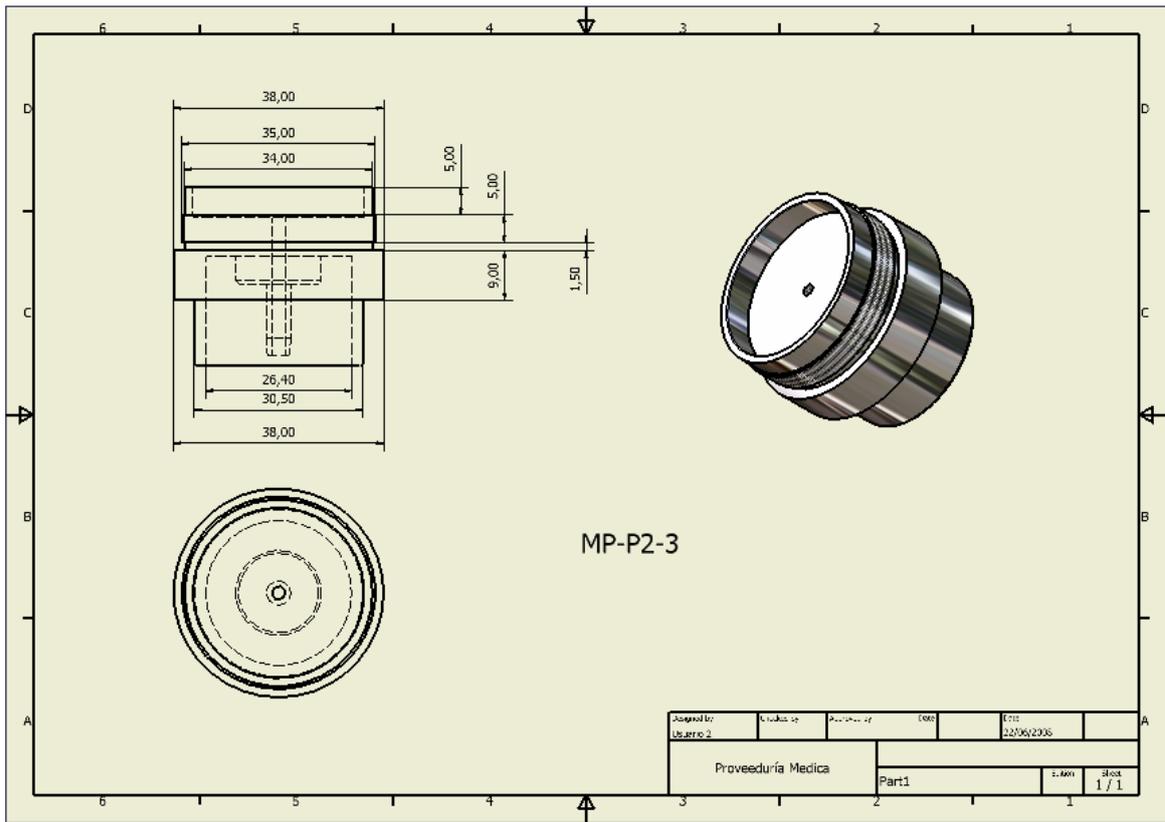
- Piezas conectadas al módulo paciente y al brazo (algunas llevan una parte acrílica)

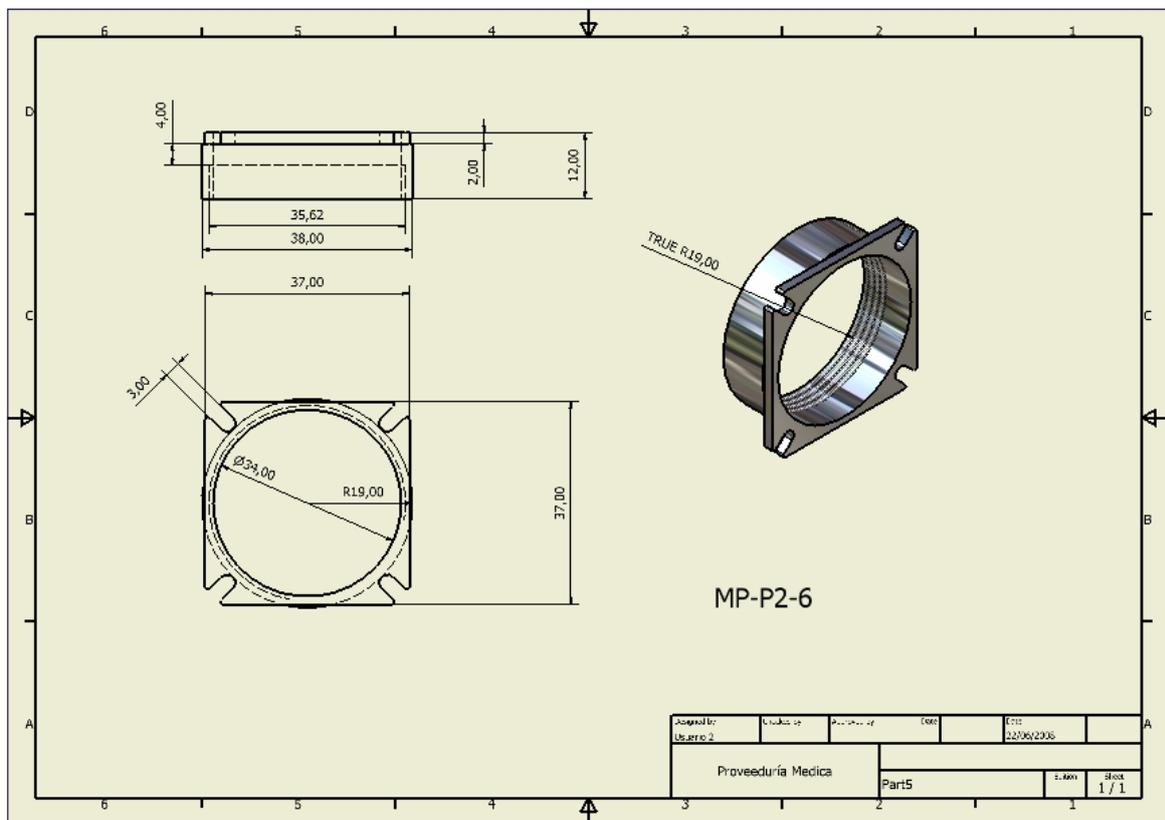
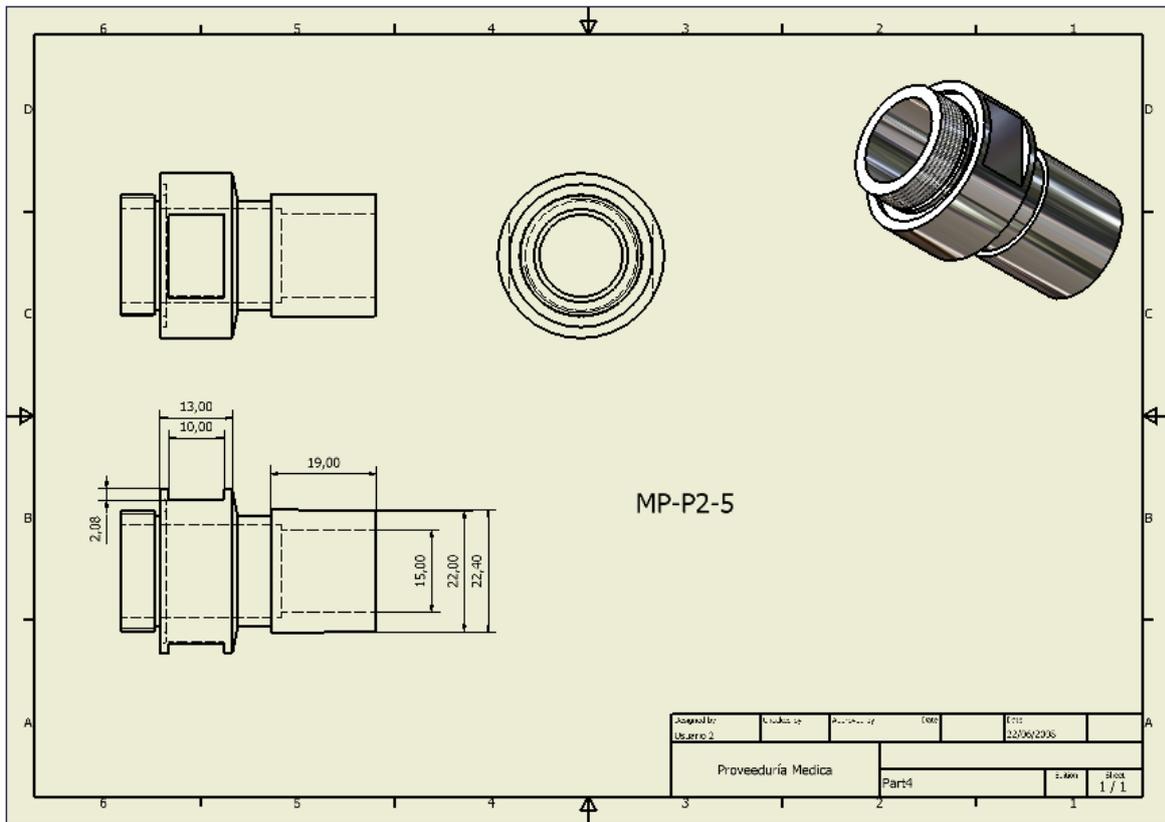
Ruedas

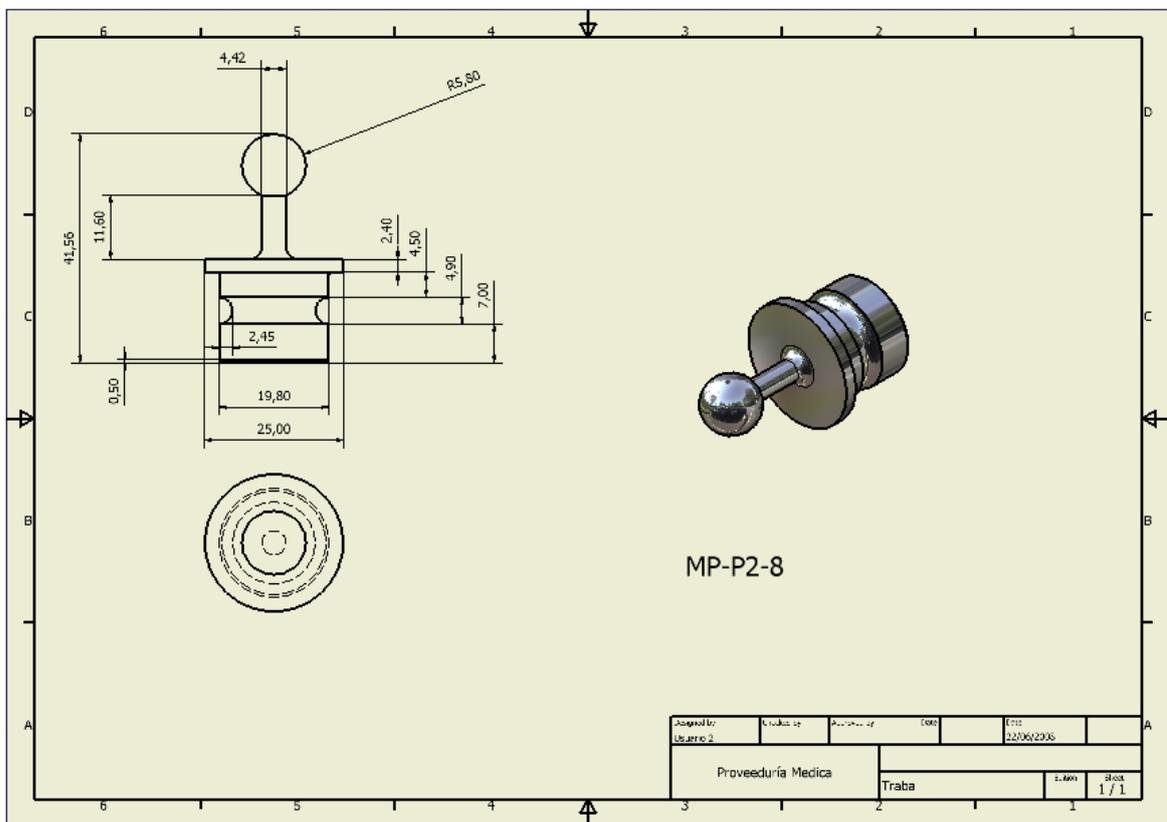
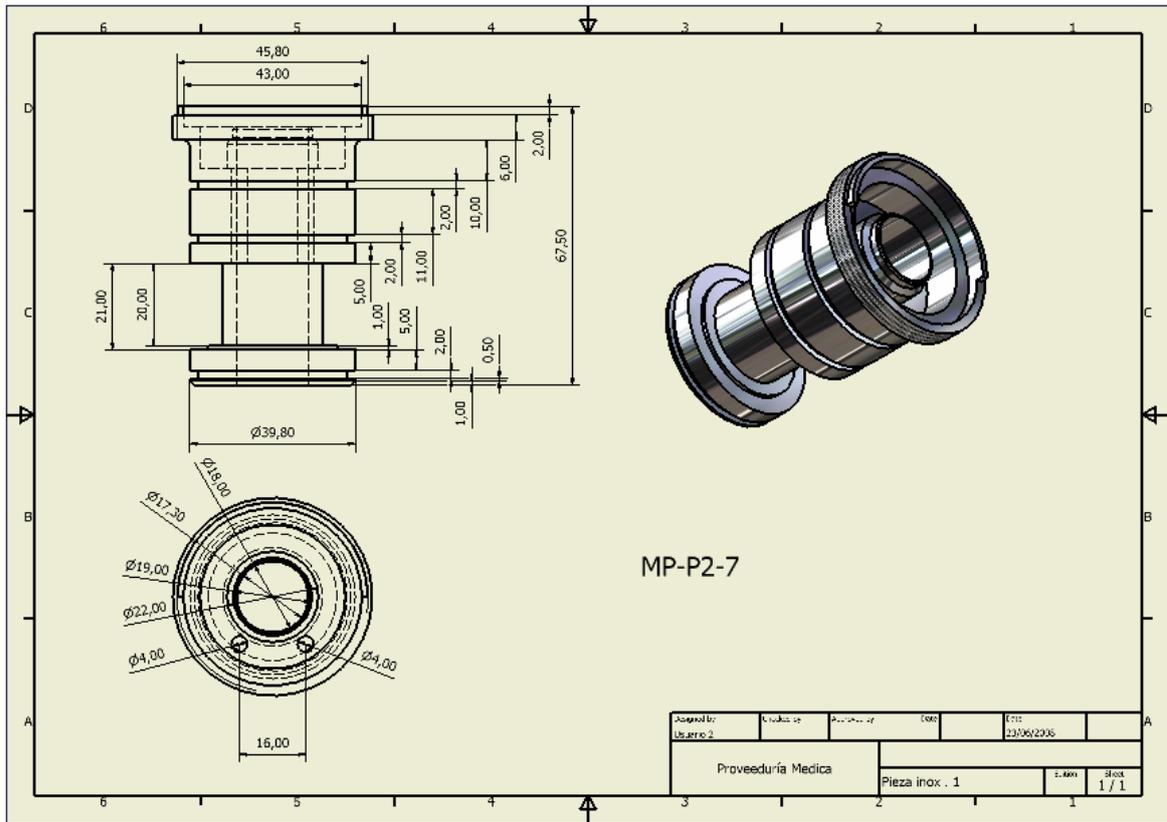
Base: fundición de aluminio

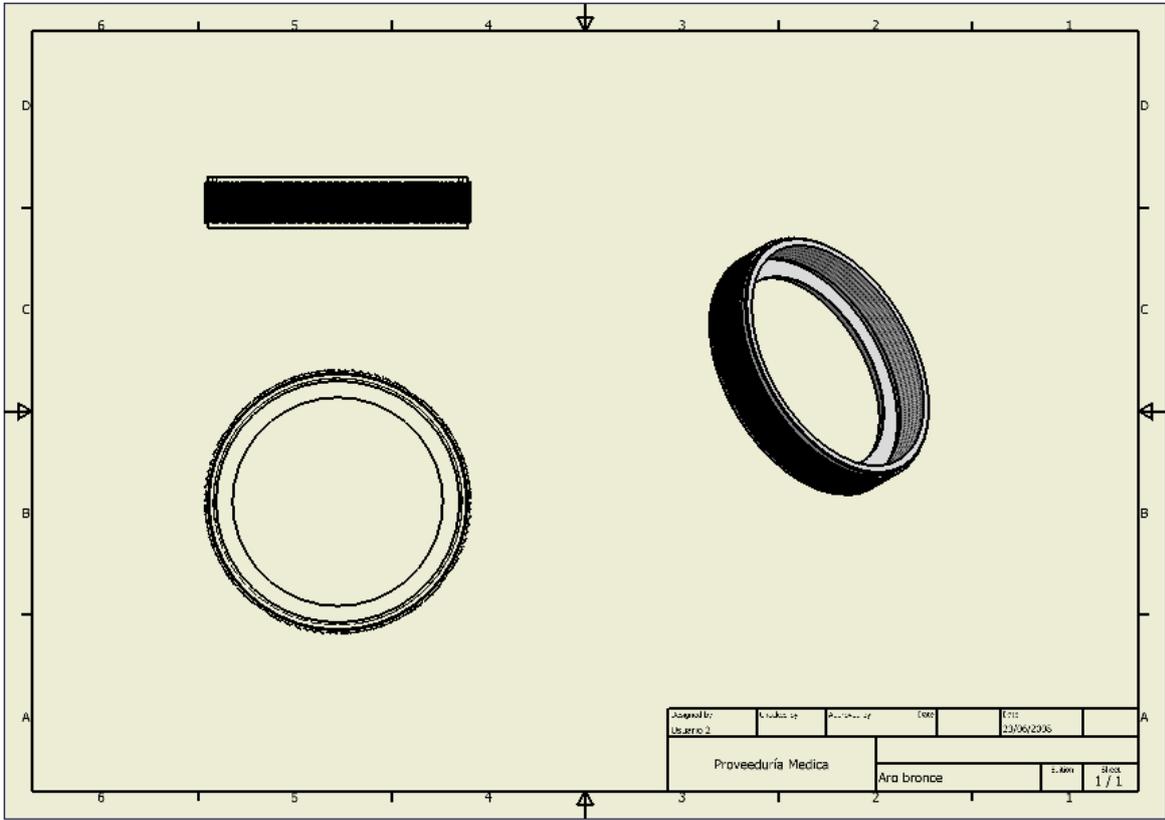
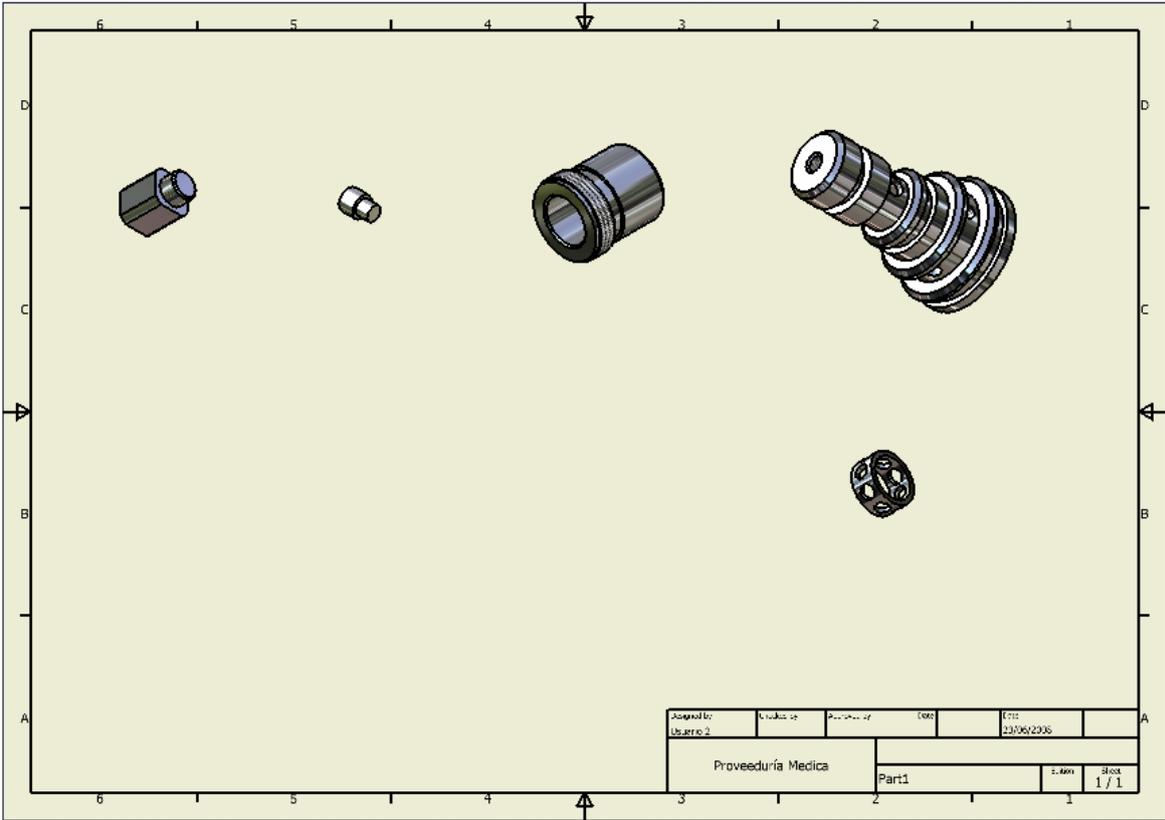
Planos de piezas fabricadas localmente por terceros

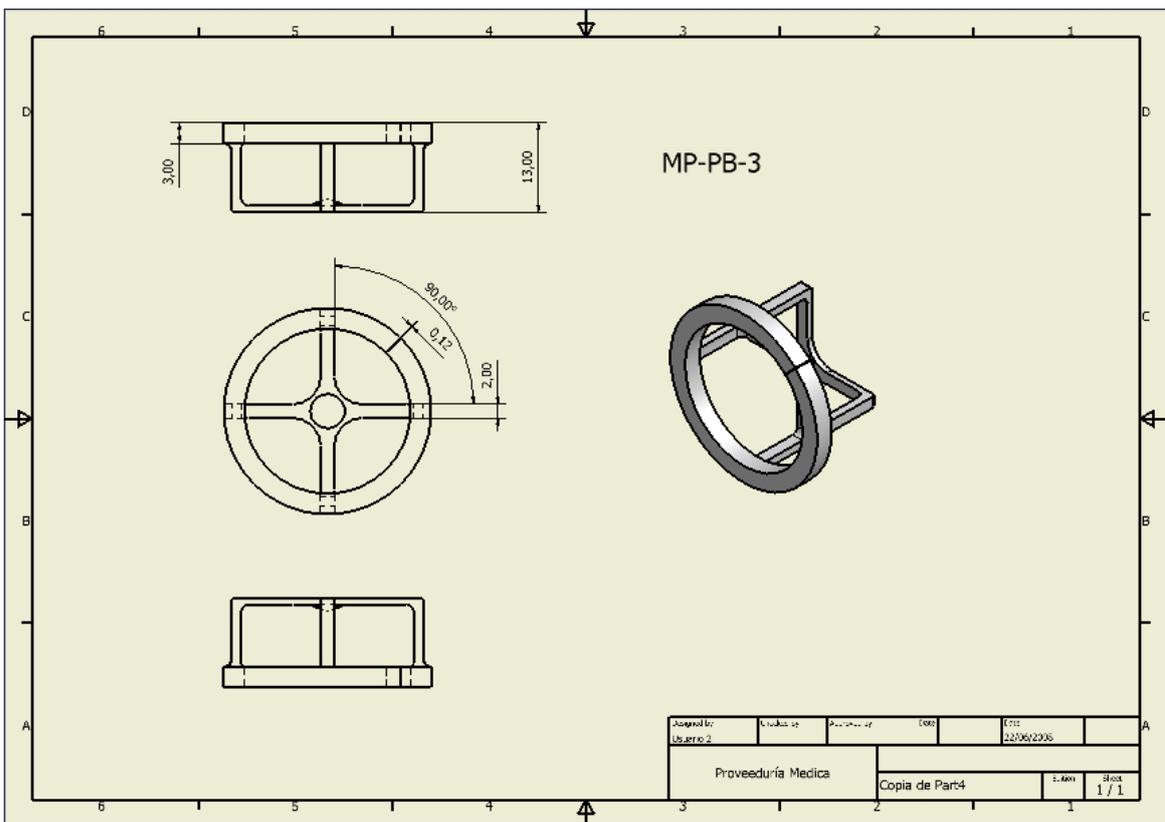
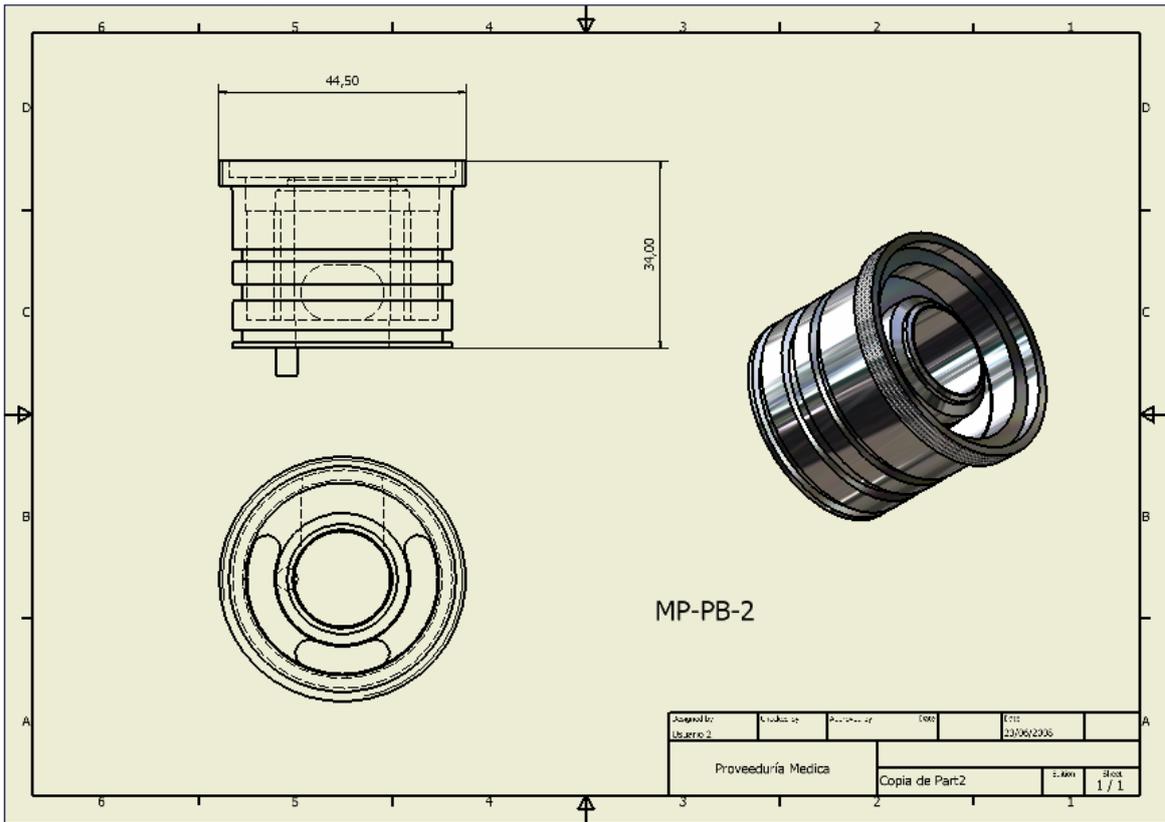


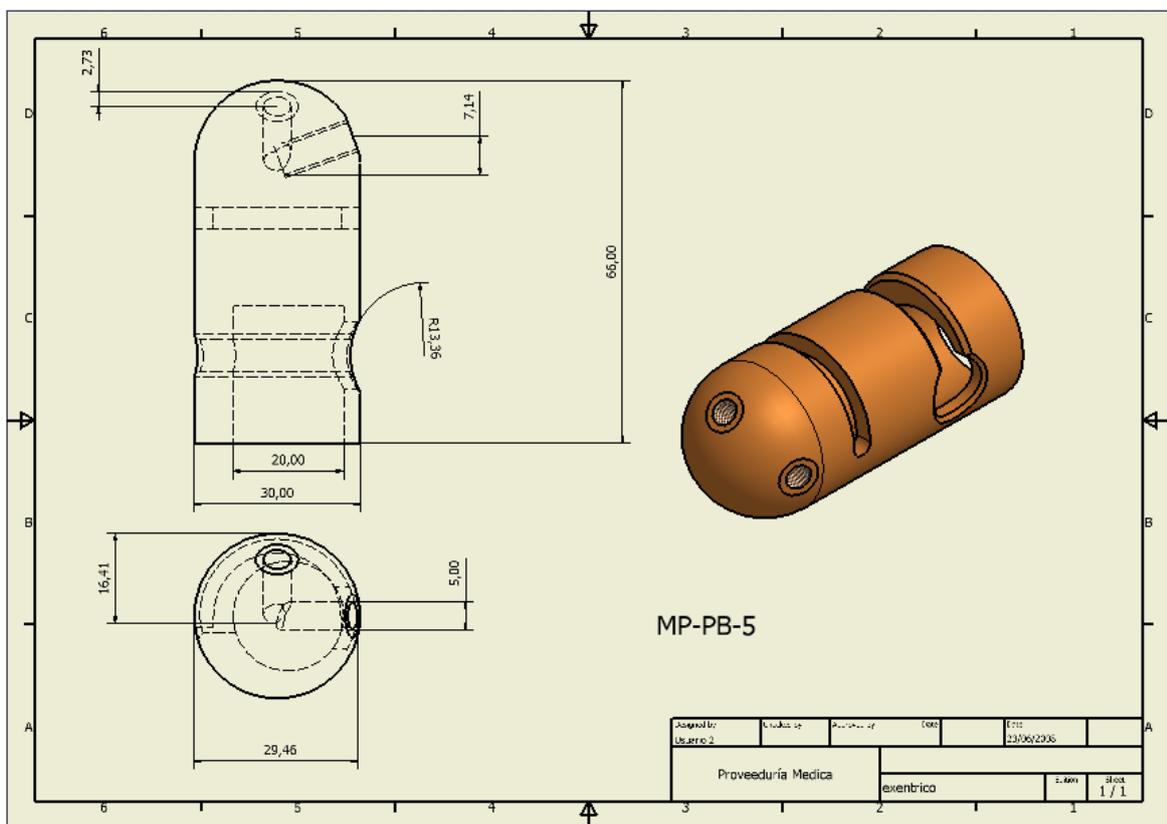
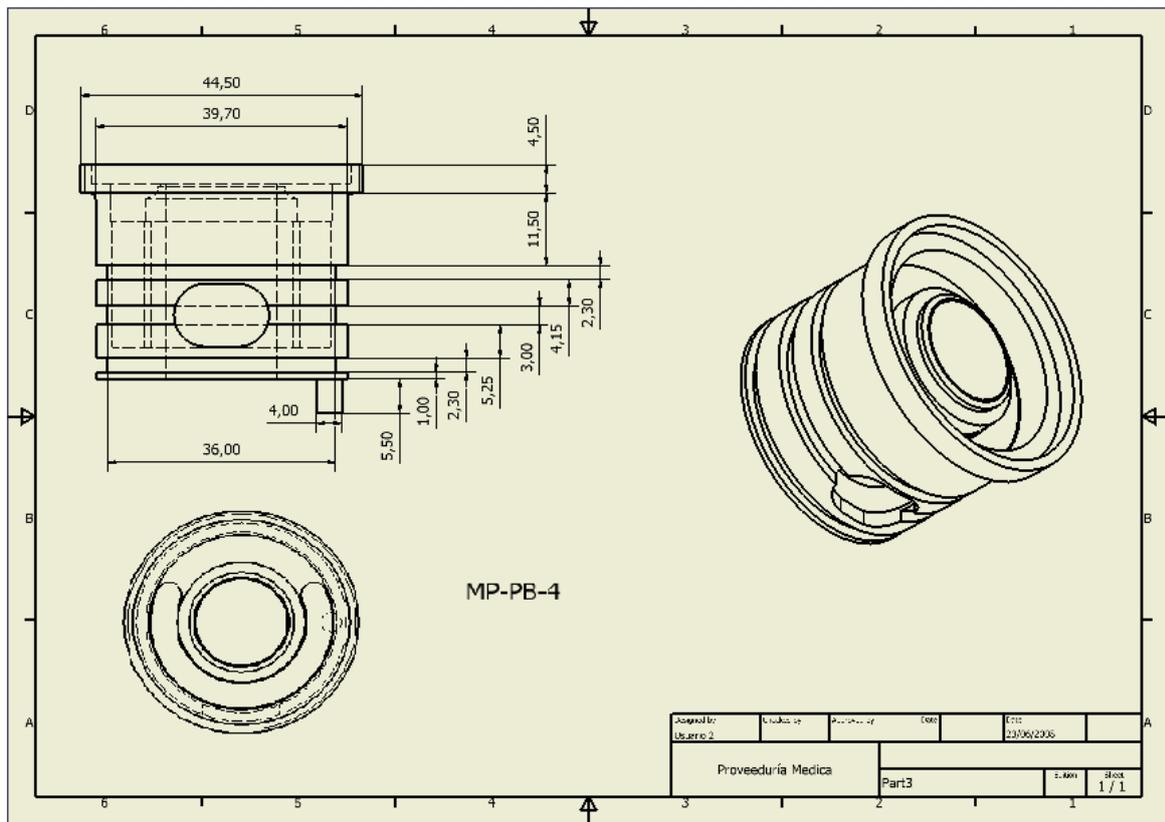


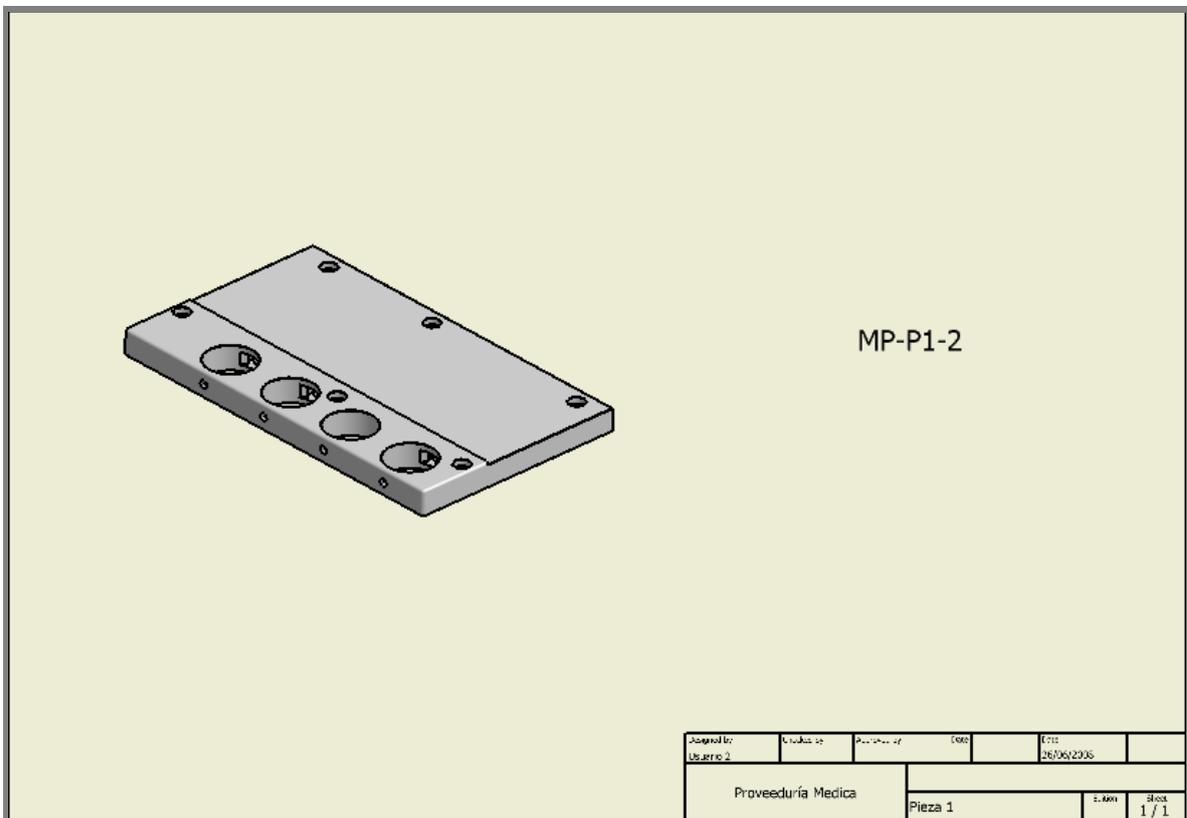
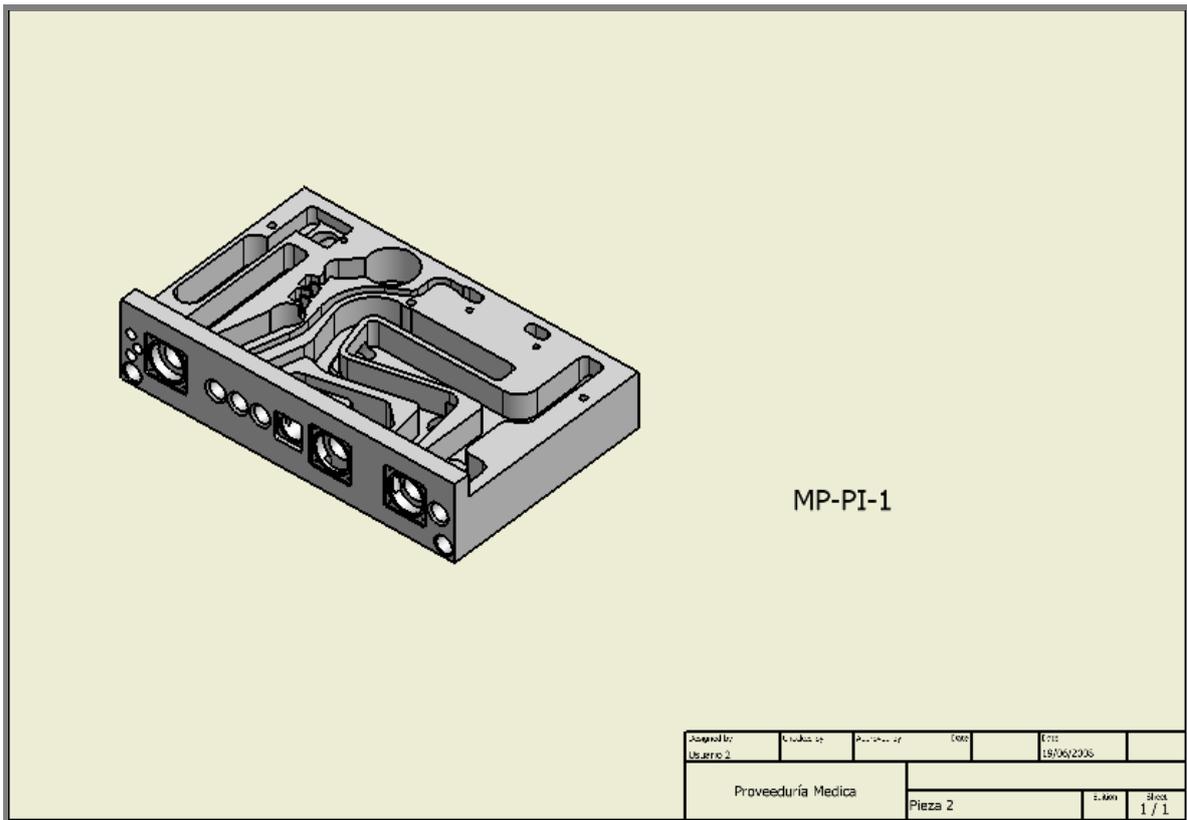












ANEXO III

Componentes mecanizados

- Módulo paciente (ensamble de las piezas mecanizadas que lo conforman)
alto 70mm – profundidad 300mm – largo 260mm
- Apoyo del módulo paciente
alto 10mm – profundidad 80mm – largo 223mm
- Brazo mecanizado
alto 50mm – profundidad 45mm – largo 300mm
- Bloque 1
alto 55mm – profundidad 78mm – largo 212mm
- Cajas plásticas para piezas de tornería

Chapas

- Gabinete inferior
4 chapas * alto 40mm – profundidad 580mm – largo 390mm
1 chapa * alto 80mm – profundidad 380mm – largo 370 mm
- Bandeja media
Frente * alto 10mm – profundidad 130mm – largo 675mm
Bandeja * alto 30mm – profundidad 590mm – 360mm
- Gabinete superior
Frente y tapa trasera * profundidad 420mm – largo 450mm
Pieza medio * alto 420mm – profundidad 450mm – largo 360mm

Otras

- Base
alto 30mm – profundidad 710mm – largo 770mm
- Ruedas
diámetro 110mm

BIBLIOGRAFÍA

- ⇒ Chase, Jacobs y Aquilano, 2004
Administración de la Producción y Operaciones para una Ventaja Competitiva
Décima edición. Ed. Mc Graw Hill

- ⇒ Dieter Herrenkind, Abril 2007
International Distributor Meeting & Product Training
Subject: Heyer Medical AG and Anesthesia Units
Bad Ems, Alemania

- ⇒ Heyer Medical AG.
Anesthesia System Heyer Narkomat® Operator's Manual. Rev. 3.0.0

- ⇒ Proyectos de Inversión, ITBA
Libro de la Cátedra

- ⇒ Meyers F., 2000
Estudio de tiempos y movimientos
Ed. Prentice Hall

- ⇒ Webster, John G.
Medical Instrumentation. Application and Design
Tercera edición

- ⇒ **Sitios de internet**
 - anesthesianow.com/en/index.asp
 - anestesiaweb.ens.uabc.mx/articulos/residentes/maquina_anestesia.htm
 - anestesiologia.cl/auxiliaries/maquina.php
 - berf.com.ar/index_archivos/Page423.htm
 - bioinstrumentacion.eia.edi.co/docs/bio/20062/Anestesia.pdf

- compendioenfermeria.com/maquina-de-anestesia/
- enfermeriaperu.net/enferquiro/limpiezaMA.pdf
- equipomedicocentral.com/equipo-medico/Maquinas%20de%20Anestesia.asp
- instrumentacion.com.co/web/pagina/categoria.php?ida=182
- investigacion.frc.utn.edu.ar/bioelectronica/jornadas2005/
- scribd.com/doc/8286544/Mesa-de-Anestesia-Verificacion
- ucm.es/info/secivema/apuntesanest/troncalanestesiainhalatoria06_07.pdf
- ucm.es/info/secivema/apuntesanest/09_equipamiento.pdf