



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UNA PRENSA HIDRÁULICA
CON SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA ELABORAR PRÓTESIS
DENTALES”

*“Design, construction and validation of a hydraulic press with automatic control system
for making dentures”*

Trabajo de titulación previo a
la obtención del Título de
Ingeniero Mecánico

Autores:

Jimenez Lituma Alfonso Israel
ajimenezl@est.ups.edu.ec
Serrano Sigüenza Fabián Fernando
fserranos@est.ups.edu.ec

Tutor del trabajo:

Ing. John Calle Sigüencia, MSc.
jcalles@ups.edu.ec

Cuenca, Abril 2016

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Jimenez Lituma Alfonso Israel, con documento de identificación N° 0104987680, y Serrano Sigüenza Fabián Fernando, con documento de identificación N° 0302160072, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de grado titulado: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UNA PRENSA HIDRÁULICA CON SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA ELABORAR PRÓTESIS DENTALES”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

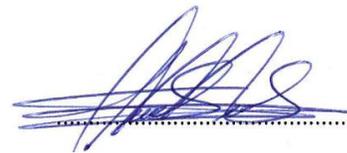
En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Jiménez Lituma Alfonso Israel

0104987680

18 de Abril de 2016



Serrano Sigüenza Fabián Fernando

0302160072

18 de Abril de 2016

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Jimenez Lituma Alfonso Israel y Serrano Sigüenza Fabián Fernando, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado por ningún grado o calificación profesional y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Alfonso Israel Jimenez Lituma

0104987680

18 de Abril de 2016



Serrano Sigüenza Fabián Fernando

0302160072

18 de Abril de 2016

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Que el presente trabajo de titulación “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UNA PRENSA HIDRÁULICA CON SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA ELABORAR PRÓTESIS DENTALES”, realizado por los estudiantes Jimenez Lituma Alfonso Israel y Serrano Sigüenza Fabián Fernando, fue dirigido por mi persona.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'John Calle Sigüenza', is written over a solid horizontal line.

Ing. John Calle Sigüenza, MSc.

DEDICATORIA

A mis padres, Víctor e Inés y familia por apoyarme a lo largo de camino y estar siempre presente en las adversidades.

Alfonso

DEDICATORIA

A mis padres Fernando y Nube, a mi esposa Eugenia, a mi hija Daniela, a mi hermana Macarena, a mi tía Azucena y especialmente a mi hermano mi mejor amigo mi compadre Edison, todos mis esfuerzos mi dedicación, mis sacrificios son por ellos y para ellos, porque por ellos hago todo lo que está en mis manos y estaré presente las veces que me necesiten.

Fernando

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS por mantenerme siempre firme en el camino correcto, a mi padres por el apoyo, al Ingeniero John Calle por apoyarnos como tutor, mentor y amigo en estos últimos pasos para lo obtención del título de ingeniero

Alfonso

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Virgen por darme fe y fuerzas para alcanzar todas mis metas, a mis padres y hermanos por todo el apoyo que me brindan en los momentos importantes porque a pesar de todo siempre estarán cuando los necesite, a mi esposa y mi hija por toda la ayuda, el apoyo y por acompañarme en este proceso, a mi tía Azucena por los buenos deseos y por todo lo que ha hecho por mí, y a todas las persona que de una u otra manera colaboraron para ser la persona que soy.

De manera especial al Ingeniero John Calle por todo el apoyo y la ayuda como tutor y como amigo, por el tiempo, la dedicación y los conocimientos que nos supo brindar

Fernando

RESUMEN

El presente proyecto con enfoque social consiste en el diseño, construcción y validación de una prensa hidráulica con sistema de control automático para elaborar prótesis dentales, en el capítulo dos se realiza un diagnóstico de los procesos de prensado que se utilizan actualmente en el cantón Cuenca, llegando a la conclusión que el prensado de las prótesis se realiza de forma manual y que los resultados obtenidos no son constantes, además de esto el prensado debe ser realizado por técnicos con experiencia. Con estos datos y con el estudio del estado de arte del proceso así como de los equipos utilizados para este fin que se desarrolla en el capítulo tres, se diseña y construye un equipo que nos permite controlar la presión según el avance del pistón y los tiempos de permanencia a las diferentes presiones para un buen empaquetamiento de la resina dentro de la mufla, todas las condiciones de diseño y construcción se detalla en el capítulo cuatro.

Para verificar que el ciclo se realiza de forma correcta y que se obtiene las dimensiones y propiedades necesarias en las prótesis dentales, se realiza un proceso de control de calidad mediante un muestreo y la simulación del proceso en un software especializado, los resultados son comparados entre sí y con las especificaciones que deben cumplir las prótesis para de esta manera validar el prototipo, este análisis se desarrolla en el capítulo cinco.

ABSTRAC

The present project with social approach consists of the design, construction and validation of a hydraulic press with system of automatic control to elaborate dental prostheses, in the chapter two there is realized a diagnosis of the processes of pressing that are in use nowadays in the canton Cuenca, concluding that the pressing of the prosthesis is done manually and that the results are not constant, also the pressing cycle must be realized by experienced technicians. With this information and with the study of the state of art of the process as well as of the equipment used for this purpose that develops in the chapter three, it is designed and constructs an equipment that allows us to control the pressure according to the advance of the piston and the times of permanency the different pressures for a good packing of the resin into the muffle, all design and construction conditions detailed in chapter three.

To verify that the cycle is performed correctly and they are obtained, the dimensions and properties required in the dental prosthesis, a process quality control is performed by sampling and the simulation of a specialized software, the results are compared between other and specifications to be met by the prostheses to validate the prototype, this analysis is developed in chapter five.

ÍNDICE

CAPITULO I

1.1. Introducción	1
1.2. Situación problemática.....	2
1.3. Formulación del problema	2
1.3.1. Problema general.....	2
1.3.2. Problemas específicos	3
1.4. Justificación del trabajo.....	3
1.5. Objetivos	3
1.5.1. Objetivos general	3
1.5.2. Objetivos específicos	3

CAPITULO II

DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS EMPLEADOS PARA LA ELABORACIÓN DE PRÓTESIS DENTALES.....	4
2.1. Introducción	4
2.2. Determinación del número de Técnicos dentales en la región.....	4
2.3. Análisis para determinar procesos actuales.....	8
2.3.1. Entrevista.....	8
2.3.2. Evaluación de los datos obtenidos en la entrevista	9
2.3.3. Determinar el tamaño de muestra para la encuesta.....	9
2.3.4. Tabulación de datos obtenidos en la encuesta	10
2.3.5. Análisis de resultados obtenidos en la encuesta.....	12
2.4. Diagnóstico de los procesos empleados para la elaboración de prótesis dentales.....	13

CAPITULO III

ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE DEL PROCESO DE PENSADO Y EQUIPOS UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE PRÓTESIS DENTALES	14
3.1. Definición de prótesis dentales	14
3.1.1. Prótesis dental	14
3.1.2. Tipos de prótesis	15
3.2. Pasos para la elaboración de prótesis dentales	16
3.3. Proceso de prensado	17
3.3.1. Prensado estándar	18
3.3.2. Prensado accionado	18
3.4. Tipos de resinas dentales	19
3.4.1. Resinas acrílicas	19
3.5. Resinas acrílicas termopolimerizables más utilizadas	20
3.5.1. Resina acrílica SR Triplex Hot	21
3.5.2. Resina acrílica Lucitone 199	21
3.6. Tipos de prensas utilizadas	22
3.6.1. Prensa dental manual	22
3.6.2. Prensa Hidráulica	22
3.6.3. Prensa hidráulica con polimerizado	23

CAPITULO IV

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO	24
4.1. Consideraciones de diseño	24
4.2. Dimensionamiento y selección de elementos	25
4.2.1. Diseño del pistón	25
4.2.2. Selección del sistema oleohidráulico	31
4.2.3. Dimensionamiento de los elementos mecánicos	35
4.2.4. Sistema de control y alimentación del sistema hidráulico	45
4.3. Ficha técnica	52

CAPITULO V

ANALISIS DE RESULTADOS	53
5.1. Recolección de datos.....	53
5.2. Características y especificaciones para la simulación.....	54
5.3. Simulación	55
5.3.1. Ingreso de datos.....	55
5.3.2. Resultados obtenidos en el software	56
5.4. Análisis de datos	56
5.4.1. Simulación y utilización de los datos obtenidos en el programa	57
CONCLUSIONES.....	58
TRABAJOS FUTUROS	59
RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO III

Figura 3.1 Prótesis dental [5]	14
Figura 3.2 Tipos de prótesis dentales	15
Figura 3.3 Prótesis fijas. (a) Parcial, (b) Total [6]	15
Figura 3.4 Prótesis removible. (a) Parcial, (b) Total. [6]	15
Figura 3.5 Prótesis mixta. [6].....	16
Figura 3.6 Pasos para la elaboración de prótesis dentales.	16
Figura 3.7 Pasos adicionales para el prensado de muflas. [10].....	17
Figura 3.8 Proceso de prensado de muflas. [11]	18
Figura 3.9 Tipos de resinas.	19
Figura 3.10 Resina acrílica SR Triplex Hot. [16]	21
Figura 3.11 Resina acrílica Lucitone 199. [17].....	21
Figura 3.12 Tipos de prensas utilizadas para la elaboración de prótesis.	22
Figura 3.13 Prensa manual. [18]	22
Figura 3.14 Prensa Hidráulica. [19]	22
Figura 3.15 Prensa hidráulica con polimerizado. [20]	23

CAPITULO IV

Figura 4.1 Esquema inicial de la prensa.....	24
Figura 4.2 (a) Torque aplicado y fuerza actuante en el tornillo. (b) Prensa de tornillo ...	26
Figura 4.3 Esquema del pistón.....	28
Figura 4.4 Mini centralita oleohidráulica [23]	32
Figura 4.5 Mangueras hidráulicas. [24]	33
Figura 4.6 Esquema del sistema oleohidráulico.....	34
Figura 4.7 Esquema mecánico de la prensa.	35
Figura 4.8 Esquema base superior e inferior.....	35
Figura 4.9 Cargas que actúan sobre las placas.....	36

Figura 4.10 Diagrama del momento flector.	37
Figura 4.11 Eje sometido a tracción.	39
Figura 4.12 Cargas que actúan en la rosca.	40
Figura 4.13 Dimensiones de las roscas hexagonales. [25].	44
Figura 4.14 Esquema de las columnas tipo espárrago.	44
Figura 4.15 Batería de vehículo acido-plomo. [28]	46
Figura 4.16 Cargador automático de baterías. [30].	47
Figura 4.17 Diagrama camino-paso {Tiempo (x)-presión (y)}.	48
Figura 4.18 Arduino uno. [31]	48
Figura 4.19 Esquema electrónico del sistema de control de la prensa.	49
Figura 4.20 Placa electrónica en 3D.	50
Figura 4.21 Sistema de control de la prensa.	50
Figura 4.22 Esquema de conexión de alimentación y control de la prensa.	50

CAPITULO V

Figura 5.1 Medición de probetas.	53
Figura 5.2 Características del polímero Lucitone L199. [31]	54
Figura 5.3 a) Ingreso de datos en el software b) Fuerza aplicada.	55
Figura 5.4 (a) Forma de la prótesis en 3D (b) Medidas de la prótesis. [32]	55
Figura 5.5 Espesor del polímero obtenido en la simulación.	56
Figura 5.6 Resultados obtenidos con la simulación a diferentes presiones.	57

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO II

Tabla 2.1 Listado de odontólogos en Cuenca según el SRI.....	5
Tabla 2.2 Listado de odontólogos en Cuenca según el INEC.....	5
Tabla 2.3 Listado de odontólogos en Cuenca según Páginas amarillas.....	6
Tabla 2.4 Listado de odontólogos en Cuenca.	7

CAPITULO IV

Tabla 4.1 Elementos de la prensa para prótesis dentales.	25
Tabla 4.2 Datos obtenidos de la prensa de tornillo.	26
Tabla 4.3 Datos para la selección del pistón.	30
Tabla 4.4 Dimensiones y características del cilindro normalizado.....	30
Tabla 4.5 Dimensiones y características del cilindro a construir.....	31
Tabla 4.6 Discriminación de equipos para prensa hidráulica	32
Tabla 4.7 Medidas calculadas y de construcción de las columnas	42
Tabla 4.8 Medidas calculadas y de construcción de las columnas y roscas	44
Tabla 4.9 Tiempos de prensado, sin considerar tiempos muertos.....	45
Tabla 4.10 Características de la batería seleccionada. [29]	47

CAPITULO V

Tabla 5.1 Datos obtenidos de las probetas.	53
Tabla 5.2 Valores de presión y tiempo en el proceso de prensado.	54
Tabla 5.3 Comparación de resultados obtenidos en el proceso de prensado.	56
Tabla 5.4 Resultados obtenidos en la simulación del proceso de prensado.....	57

CAPÍTULO I

1.1. Introducción

La prótesis dental es un elemento artificial destinado a restaurar la anatomía de una o varias piezas dentarias, restaurando también la relación entre los maxilares, a la vez que devuelve la dimensión vertical [5]

El propósito de la odontología es restaurar la función, los contornos anatómicos, la estética, la fonación y la salud.

Las prótesis dentales dependiendo de la finalidad que tengan se pueden clasificar en:

Prótesis Totales. Sustituyen las piezas dentales cuando se han perdido en su totalidad [6].

Prótesis Parciales. Se encargan de sustituir las piezas dentales cuando aún quedan remanentes de las piezas perdidas, o piezas sanas en la cavidad oral [6].

Existe una gran variedad de procedimientos para confeccionar prótesis dentales. Para conseguir un resultado óptimo para el paciente, tanto desde el punto de vista funcional como estético [6].

De manera general los pasos que se debe seguir para la elaboración de una prótesis dental son los siguientes:

- Impresiones primarias
- Enmuflado
- Prensado
- Acabado de las prótesis

El ciclo de prensado tiene como finalidad compactar el polímero con el fin de darle la forma y volumen requeridos, el producto final debe cumplir ciertas características técnicas por lo cual es necesario tener en cuenta las variables de entrada (presión y tiempo).

En el mercado existen prensas hidráulicas para el este ciclo, pero no llevan incluido un sistema de control de las variables de entrada.

Para el diseño del prototipo se debe tener presente las siguientes consideraciones:

- Es necesario controlar los tiempos que el pistón es accionado sobre la mufla de manera automática
- Se requiere un control automático que realice una secuencia previamente programada
- Además es necesario un control manual que permita modificar las variables de acuerdo a los requerimientos del usuario.

La verificación del prototipo se realizara mediante la simulación del proceso en un software especializado y de manera experimental con los espesores obtenidos luego del prensado final.

1.2. Situación problemática

Actualmente, el interés de los profesionales de la odontología por mejorar los procesos para la obtención de prótesis dentales reduciendo costos, tiempo, errores y desperdicio de materia prima ha convertido a esta industria en un campo de aplicación de la Ingeniería Mecánica. Dentro de este tema los procesos hidráulicos automatizados son muy comunes en la industria, llegando a obtener muy buenos resultados.

Los bancos hidráulicos automatizados se usan en la mayoría de procesos en los cuales se necesita precisión en ciertas variables como presión o desplazamiento, por lo tanto son utilizados en casi todos los procesos industriales desde un simple gato hidráulico hasta maquinas herramientas. El proceso de control y automatización juega un papel importante en la obtención de buenos resultados en el prensado, es por eso que lograr un sistema de control preciso es el punto central en nuestro caso.

Existen software computacionales que nos permiten verificar los cálculos de diseño realizados, para de esta manera asegurar el correcto funcionamiento de la prensa. Dichos programas también nos permiten simular los diferentes esfuerzos y deformaciones que sufre el material polimérico dentro de la mufla o molde de la prótesis. La falta de métodos de simulación acordes a nuestra necesidad no es inconveniente puesto que existen métodos para simulación que nos aseguran reproducir exactamente estos esfuerzos mediante lo cual podremos validar o no las técnicas de presando utilizadas por los técnicos dentales.

1.3. Formulación del problema

Una vez que conocemos la importancia de las prensas hidráulicas en la obtención de prótesis dentales, creemos que es necesario una maquina capaz de realizar dicho proceso, teniendo en cuenta las variables principales y los requerimientos de cada una de ellas para obtener las características y propiedades deseadas en el producto final.

Cada una de las variables presentes en este ciclo tiene influencia en el producto final por lo que es necesario la simulación del proceso en un software para evitar la pérdida de tiempo y dinero que esto implica.

Esto nos permitirá realizar correcciones de dichas variables para conocer los resultados de la variación de cada una de ellas y su influencia en las características finales, de las variables para cada uno de las diferentes tipos de prótesis.

1.3.1. Problema general

Las prensas existentes en nuestro medio no controlan presión y tiempo en la elaboración de una prótesis dental.

1.3.2. Problemas específicos

¿Las características de las prótesis dentales cumplen con las exigencias cuando se realizan mediante un proceso manual?

¿Cuáles son los procesos y las maquinas utilizadas para la elaboración de prótesis dentales?

¿Cuál es el proceso y la máquina que se requiere implementar para la obtención de prótesis dentales?

¿Los sistemas de control automático integrados en una prensa garantizan la obtención de las características necesarias de las prótesis dentales?

1.4. Justificación del trabajo

En nuestro medio este tipo de procedimiento no es muy difundido, no todos los Odontólogos o Técnicos Dentales poseen estos conocimientos, por lo que tratamos de “perpetuar” dichos conocimientos transfiriéndolos de una persona a un sistema automatizado, con el cual obtendremos los mismos o mejores resultados.

El trabajo de vinculación buscara satisfacer las necesidades planteadas anteriormente, puesto que en nuestro medio no existe el tipo de maquinaria necesaria para realizar este ciclo con las características necesarias, posteriormente validaremos la prensa y el sistema de control que nos permita obtener con un error mínimo o aceptable los resultados deseados.

Las pruebas y calibraciones de los sistemas se realizaran dependiendo de las características o datos obtenidos en las simulaciones como en los datos empíricos que posee el Técnico que nos apoya. De esta manera se reducirá el desperdicio de polímero, tiempo y dinero en los procesos de fabricación.

1.5.Objetivos

1.5.1. Objetivos general

Diseñar, construir y validar una prensa hidráulica con sistema de control automático para la elaboración de prótesis dentales.

1.5.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar los procesos artesanales empleados actualmente para la elaboración de las prótesis con el fin de recolectar datos.
- Estudiar el estado del arte sobre las prensas hidráulicas para prótesis dentales.
- Diseñar y construir el prototipo.
- Indicar los resultados y validarlos con los datos técnicos y los datos obtenidos en la simulación.

CAPÍTULO II

DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS EMPLEADOS PARA LA ELABORACIÓN DE PRÓTESIS DENTALES.

2.1.Introducción

Para diagnosticar los diferentes procesos empleados y obtener los valores de las variables presentes en el ciclo de prensado, es necesario conocer este proceso a través de los diferentes técnicos dentales en la provincia del Azuay cantón Cuenca, para ello se realiza una encuesta a un número significativo de profesionales y se efectúa una entrevista al Doctor Rolando Zumba, técnico dental con 47 años de experiencia en la elaboración de prótesis y con gran influencia en el medio.

En este capítulo se realiza el estudio de las diferentes variables que intervienen en este proceso, mediante el control de las mismas se obtendrá como resultado ciertos valores de densidad y volumen que deben estar dentro de los rangos especificados y que cumplan con las normas técnicas. Las variables que intervienen y en las cuales centraremos nuestro estudio son:

- Las diferentes técnicas aplicadas
- Las diferentes prensas utilizadas
- La manera de controlar las variables del ciclo
- La experiencia y conocimientos del operador

Con los datos y valores obtenidos se realizará una comparación con los valores que están establecidos en los manuales de procedimientos para este tipo de prótesis dentales y de esta manera establecer una base de datos para el diseño del prototipo.

2.2.Determinación del número de Técnicos dentales en la región

Para determinar el número de técnicos dentales que realizan prótesis dentales, se efectuó la búsqueda y el análisis en diferentes plataformas o base de datos entre las cuales tenemos: SRI, INEC, y Páginas amarillas. [1] [2] [3]

En la base de datos del SRI se obtuvo los siguientes resultados

Tabla 2.1 Listado de odontólogos en Cuenca según el SRI.

	ODONTÓLOGOS	DIRECCIÓN	TELÉFONO
1	Clínica dental Humanitaria	General Torres 10-91 y Lamar	2849695
2	A. Integral Dent	Av. Don Bosco y Juan de Sama	2812090
3	Clinident	Av. Ordoñez Lazo y Del Sarar	2837595
4	Clínica de ortodoncia y estética	Sucre 6-60, Edif. Bolívar	2881622
5	Clínica futura	Paucarbamba 5-132	4096829
6	Odontolaser	Clínica "La Paz"	2806290
7	Clínica de endodoncia	Bolívar 4-82 y Mariano Cueva.	2828600
8	Odontoclínica	Av. Remigio Crespo 13-08	2898609
9	Lab. Dental "Cobos"	G. Colombia 8-17	2840667

En la base de datos del INEC se obtuvo los siguientes resultados

Tabla 2.2 Listado de odontólogos en Cuenca según el INEC.

	ODONTÓLOGOS	DIRECCIÓN	TELÉFONO
1	Abril León Eddy Odont	Padre Aguirre y Vega Muñoz	2850066
2	Centro Odonto - radiológico	Nuñez Bonilla y Huayna Cápac	2846285
3	Cabrera Guambaña René	Florencia Astudillo y Av. Solano	2815910
4	Dental center	Mariscal Lamar 6-38 y Borrero	2844202
5	Flavio Abad Moscoso	J. Roldós 4-80	2860180
6	Arte dental	Los Ríos y Remigio Crespo Toral	4090964
7	Orthodent	Remigio Crespo 1-29 y Av. Solano	
8	Clínica Dental	Paseo de los Cañaris y G. Suárez	2477563
9	Clínica dental Vega	Aurelio Aguilar 1-59 y Av. Solano	2883682
10	Clínica dental	Sangurima 4-46 y Mariano Cueva	2826253
11	Dr. Marcelo E. Ochoa M.	Consultorio Monte Sinaí	2814813
12	Odontoclínica	Av. Remigio Crespo 13-08	2898609
13	Lab. Dental "Cobos"	G. Colombia 8-17	2840667
14	Dra. Gilda Amparo Páez S.	Consultorios Monte Sinaí	2814813
15	Salud dent "Moscoso"	Av. Daniel Córdova	2885669
16	Odontolaser	Clínica "La Paz"	2806290

En la base de datos de las Páginas Amarillas se obtuvo los siguientes resultados

Tabla 2.3 Listado de odontólogos en Cuenca según Páginas amarillas.

	ODONTÓLOGOS	DIRECCIÓN	TELÉFONO
1	Labdental - Td. Fernando Luna	Bolívar 4-50 y Vargas Machuca	2242289
2	Odontoclínica	Av. Remigio Crespo 13-08	2898609
3	Lab. Dental "Cobos"	G. Colombia 8-17	2840667
4	Dra. Gilda Amparo Páez S.	Consultorios Monte Sinaí	2814813
5	Salud dent "Moscoso"	Av. Daniel Córdova	2885669
6	Clas dental - Odont.	Gran Colombia 20-122	2885593
7	Odont. Ilda Sánchez	Cordero Dávila	2883113
8	Previ dent	Tomás Ordóñez 5-11	2849857
9	Dr. Rafael Vintimilla	Clínica Santa Ana.	2883288
10	Dr. Esteban Landívar	Hospital Sinaí M.	2885595
11	Dental center	Mariscal Lamar 6-38 y Borrero	2844202
12	Flavio Abad Moscoso	J. Roldós 4-80	2860180
13	Arte dental	Los Ríos y Remigio Crespo Toral	4090964
14	Clínica de ortodoncia y estética	Sucre 6-60, Edif. Bolívar	2881622
15	Clínica futura	Paucarbamba 5-132	4096829

Luego de filtrar los resultados, en la ciudad de Cuenca existen 28 técnicos dentales.

Tabla 2.4 Listado de odontólogos en Cuenca.

	ODONTÓLOGOS	DIRECCIÓN	TELÉFONO
1	Labdental - Td. Fernando Luna	Bolívar 4-50 y Vargas Machuca	2242289
2	Clínica dental Humanitaria	General Torres 10-91 y Lamar	2849695
3	A. Integral dent	Av. Don Bosco y Juan de Sama	2812090
4	Abril León Eddy Odont	Padre Aguirre y Vega Muñoz	2850066
5	Centro odonto - radiológico	Nuñez Bonilla y Huayna Cápac	2846285
6	Clinident	Av. Ordoñez Lazo y Del Sarar	2837595
7	Cabrera Guambaña René	Florencia Astudillo y Av. Solano	2815910
8	Clínica de ortodoncia y estética	Sucre 6-60, Edif. Bolívar	2881622
9	Dental center	Mariscal Lamar 6-38 y Borrero	2844202
10	Flavio Abad Moscoso	J. Roldós 4-80	2860180
11	Arte dental	Los Ríos y Remigio Crespo Toral	4090964
12	Orthodent	Remigio Crespo 1-29 y Av. Solano	
13	Clínica dental	Paseo de los Cañaris y G. Suárez	2477563
14	Clínica dental Vega	Aurelio Aguilar 1-59 y Av. Solano	2883682
15	Clínica dental	Sangurima 4-46 y Mariano Cueva	2826253
16	Dr. Marcelo E. Ochoa M.	Consultorio Monte Sinaí	2814813
17	Odontoclínica	Av. Remigio Crespo 13-08	2898609
18	Lab. Dental "Cobos"	G. Colombia 8-17	2840667
19	Dra. Gilda Amparo Páez S.	Consultorios Monte Sinaí	2814813
20	Salud dent "Moscoso"	Av. Daniel Córdova	2885669
21	Clas dental - Odont.	Gran Colombia 20-122	2885593
22	Odont. Ilda Sánchez	Cordero Dávila	2883113
23	Previ dent	Tomás Ordóñez 5-11	2849857
24	Dr. Rafael Vintimilla	Clínica Santa Ana.	2883288
25	Dr. Esteban Landívar	Hospital Sinaí M.	2885595
26	Odontolaser	Clínica "La Paz"	2806290
27	Clínica futura	Paucarbamba 5-132	4096829
28	Clínica de endodoncia	Bolívar 4-82 y Mariano Cueva.	2828600

2.3. Análisis para determinar procesos actuales

Se realizó una entrevista al Doctor Rolando Zumba, técnico dental con 47 años de experiencia en la elaboración de prótesis y con gran influencia en el medio, y una encuesta a diferentes técnicos dentales con el fin de determinar los diferentes procesos y maquinarias utilizadas en el ciclo de prensado de prótesis.

2.3.1. Entrevista

Se realizó la entrevista (Anexo 1) al Doctor Rolando Zumba, mediante la cual se recolectaron los datos principales y los valores de las variables del proceso, los mismos que serán el punto de partida para el diseño de la prensa.

Rolando Zumba es el propietario de “Dentales Zumba”, clínica que lleva 47 años en el negocio dental, elabora 32 prótesis por mes y brinda soporte a 12 profesionales.

1. ¿Cuál es el procedimiento con el cual realiza el prensado de prótesis dentales?

En nuestra clínica dental como en la mayoría de clínicas en nuestra ciudad el prensado se realiza de forma manual, es un proceso artesanal.

2. ¿Cuáles son las variables principales que intervienen en este proceso?

Las variables principales que debemos tener presentes son: la presión aplicada y el tiempo.

3. ¿Cuáles son los valores teóricos y cuáles son los valores de dichas variables que usted aplica?

No tenemos valores exactos de las variables, ni teóricos ni experimentales. Los conocimientos y las variables se controlan por la experiencia adquirida.

4. ¿De qué manera controla estas variables cuando realiza el prensado?

Durante el proceso no podemos controlar las variables, pero al final realizamos el control de la densidad del material

5. ¿En las propiedades finales del producto, de qué manera puede afectar la variación de los valores de las variables principales?

Podemos resumir todo en una sola frase, éxito total de la prótesis.

6. ¿Cuáles son los tipos de resina que se aplican para la elaboración de prótesis, y cuál es la más utilizada por los Técnicos en nuestro medio?

El material utilizado es el acrílico, los tipos más utilizados son:

- Lucitone 199
- Triplex

2.3.2. Evaluación de los datos obtenidos en la entrevista

- El proceso utilizado por el Doctor Rolando Zumba y según su criterio en la mayoría de las clínicas dentales, es el prensado manual, artesanal.
- Las variables principales en el ciclo de prensado son, la presión aplicada y el tiempo de aplicación de cada presión.
- Los valores de las variables principales no son exactos, no siguen ninguna norma, todo se realiza con base en la experiencia.
- Las variables en sí mismas no son controladas durante el proceso, con el control de la densidad de la prótesis se controla el ciclo en general.
- La fluctuación de las variables en el ciclo de prensado, tiene una influencia significativa en las propiedades finales de la prótesis.
- Las resinas más utilizadas son: *Lucitone 199* y *Triplex*

2.3.3. Determinar el tamaño de muestra para la encuesta

El tamaño de la muestra es el parámetro más importante del diseño muestral, porque éste afecta la precisión, el costo y la duración de la encuesta más que cualquier otro factor. Se debe considerar el tamaño muestral en términos de precisión y error admisible principalmente.

El tamaño de una muestra es el número de individuos que contiene. Una fórmula muy extendida que orienta sobre el cálculo del tamaño de la muestra para datos globales es la siguiente: [4]

$$\frac{k^2 N p q}{e^2 (N - 1) + k^2 p q}$$

N: es el tamaño de la población o universo.

k: depende del nivel de confianza que asignemos. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean ciertos: varía entre 95.5% y 99%.

e: es el error muestral deseado, en tanto por ciento.

p: proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio.

q: proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es 1-p.

n: tamaño de la muestra (número de encuestas que vamos a hacer). [4]

Se considera un error del 5%, el universo muestral es 28, y un nivel de confianza de 97%.

Con estos datos se obtiene una muestra de 10 técnicos dentales.

2.3.4. Tabulación de datos obtenidos en la encuesta

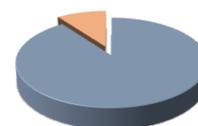
Se efectuó la encuesta (Anexo 2) a 10 profesionales de la ciudad de Cuenca, con lo cual se obtuvo resultados significativos en los diferentes temas que se trata. Luego de realizada la encuesta los resultados son los siguientes:

Primera pregunta

¿Qué tipo de proceso realiza para el prensado de las prótesis dentales?

	Resultados	Porcentaje
Manual	9	90%
Automático	1	10%
Total	10	100%

Qué tipo de proceso realiza en el prensado de las prótesis



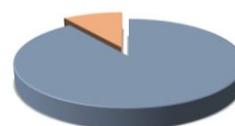
■ Manual ■ Automático

Segunda pregunta

¿Qué tipo de prensa utiliza?

	Resultados	Porcentaje
Manual	9	90%
Automático	1	10%
Total	10	100%

Qué tipo de prensa utiliza



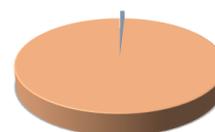
■ Manual ■ Automática

Tercera pregunta

¿Cuenta con algún control de presiones y tiempos de aplicación?

	Resultados	Porcentaje
Si	0	0%
No	10	100%
Total	10	100%

Cuenta con algún control de presión y tiempos



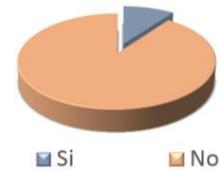
■ Si ■ No

Cuarta pregunta

¿Obtiene resultados repetitivos y de acuerdo con especificaciones establecidas?

	Resultados	Porcentaje
Si	1	10%
No	9	90%
Total	10	100%

Obtiene resultados repetitivos y de acuerdo a las especificaciones



Quinta pregunta

¿Este proceso lo puede realizar cualquier persona o empleado?

	Resultados	Porcentaje
Si	0	0%
No	10	100%
Total	10	100%

Cualquier persona puede realizar este trabajo

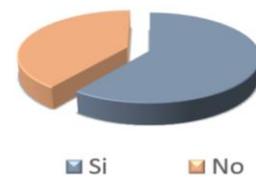


Sexta pregunta

¿Conoce alguna máquina que ayude en este proceso?

	Resultados	Porcentaje
Si	6	60%
No	4	40%
Total	10	100%

Conoce alguna máquina que ayude en este proceso

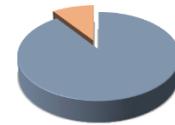


Séptima pregunta

¿Consideraría usted necesaria la implementación de un sistema automatizado para realizar este proceso, mediante una prensa hidráulica con sistema de control?

	Resultados	Porcentaje
Si	9	90%
No	1	10%
Total	10	100%

Considera necesario la implementación de un sistema de control



■ Si ■ No

2.3.5. Análisis de resultados obtenidos en la encuesta

- El 90% de los encuestados realizan el prensado de forma manual, con lo que podemos afirmar que esta técnica es la más utilizada en nuestro medio.
- Puesto que la técnica empírica es la más común, por obvias razones la prensa manual es la más utilizada por los técnicos dentales, solo un encuestado utiliza una prensa hidráulica pero no posee control de las variables.
- El 100% de encuestados no cuentan con un sistema de control de tiempos ni de presiones, con lo que se puede asegurar que emplean conocimientos empíricos para realizar este ciclo.
- El 90% obtienen valores dentro de un rango establecido y que cumplen con las normas técnicas. aunque no cuenten con un sistema de control de variables, esto se debe a la experiencia con la que cuenta el técnico.
- Todos los encuestados coincidieron en afirmar que los conocimientos y la ejecución de este proceso no lo puede realizar cualquier persona, ya que es necesario experiencia para controlar de forma empírica las variables.
- Solo el 60% de los encuestados conoce la existencia de máquinas que pueden ayudar a controlar las variables implicadas en este proceso, con lo que podemos ratificar que la mayoría de técnicos aplican conocimientos empíricos.
- El 90% de los encuestados considera necesario la implementación de un sistema automático de control de las variables, con lo que justificaríamos nuestro proyecto.

2.4. Diagnóstico de los procesos empleados para la elaboración de prótesis dentales.

Una vez realizada la investigación de campo de los procesos y maquinaria utilizada en el ciclo de prensado de prótesis a diferentes técnicos dentales se llegó a las siguientes conclusiones:

- La técnica empleada en el prensado de prótesis es netamente empírica y la maquinaria es manual.
- No se cuenta con un proceso tecnificado que nos permita obtener valores dentro de un rango establecido y que cumplan con los requerimientos técnicos necesarios, ya que los resultados dependen de los conocimientos y de la experiencia del operador.
- Las variables principales que intervienen en este proceso son la presión aplicada, el tiempo de aplicación y el volumen inicial de la prótesis.
- Teniendo en cuenta que las prensas manuales no permiten controlar dichas variables es necesaria la implementación de un sistema de control para obtener los requerimientos técnicos de densidad y volumen en el producto final y de esta manera garantizar que los resultados se encuentren dentro del rango establecido, independientemente del operador que realice el proceso.

CAPÍTULO III

ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE DEL PROCESO DE PENSADO Y EQUIPOS UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE PRÓTESIS DENTALES

Para obtener los valores de las variables y la información necesaria para la elaboración del prototipo se realizó el estudio del estado del arte del proceso de prensado, de los diferentes tipo de prótesis que existen y de las maquinas que en la actualidad son utilizadas para este ciclo.

En este capítulo se realiza el estudio de las características técnica presentes en la elaboración de prótesis dentales pero enfocándose en el ciclo de prensado y en las prensas existentes en el mercado.

Los datos y valores obtenidos serán el punto de partida para el cálculo y diseño del prototipo, puesto que dichas necesidades serán las especificaciones a cumplir.

3.1. Definición de prótesis dentales

Conocido también como implante oral, consiste en un elemento fabricado con unos o varios materiales biológicos o aloplásticos, que se colocan quirúrgicamente en los tejidos duros o blandos para ser utilizados con fines estéticos o funcionales.[5]

3.1.1. Prótesis dental

Es un elemento artificial destinado a restaurar la anatomía de una o varias piezas dentarias, restaurando también la relación entre los maxilares, a la vez que devuelve la dimensión vertical, y repone tanto los dientes como las estructuras periodontales.[5]



Figura 3.1 Prótesis dental [5]

El propósito de la odontología es restaurar la función, los contornos anatómicos, la estética, la fonación y la salud, independientemente del grado de la atrofia, enfermedad o daño del sistema.[5]

3.1.2. Tipos de prótesis

Las prótesis dentales dependiendo de la finalidad que tengan se pueden clasificar de la siguiente manera:

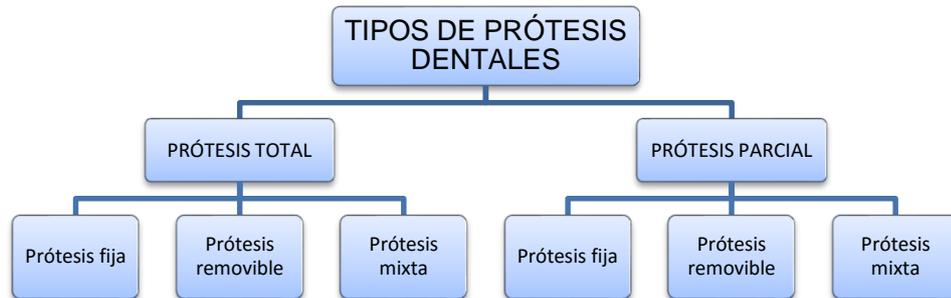


Figura 3.2 Tipos de prótesis dentales

Prótesis Total. Son aquellas que sustituyen las piezas dentales cuando se han perdido en su totalidad.

Prótesis Parcial. Son aquellas que se encargan de sustituir las piezas dentales cuando aún quedan remanentes de las piezas perdidas, o piezas sanas en la cavidad oral. [6]

Los cuales se dividen en:

Prótesis Fija. Son aquellas que se indican cuando el estado de la cavidad oral del paciente no tiene la suficiente retención para usar una prótesis removible, estas requieren de una intervención quirúrgica para su colocación, son más conocidas como implantes dentales. [6]



Figura 3.3 Prótesis fijas. (a) Parcial, (b) Total [6]

Prótesis Removible. Estas se indican cuando el paciente no tiene la capacidad física de tener una prótesis fija por motivos de edad avanzada, enfermedad que impida que el paciente tenga una intervención quirúrgica, o sencillamente no puede por motivos monetarios. [6]



Figura 3.4 Prótesis removible. (a) Parcial, (b) Total. [6]

Prótesis Mixta. Estas están conformadas por dos partes, una fija implantada en el hueso y una removible que se acopla a la parte fija. [6]



Figura 3.5 Prótesis mixta. [6]

3.2. Pasos para la elaboración de prótesis dentales

Existe una gran variedad de procedimientos para confeccionar prótesis dentales. Para conseguir un resultado óptimo para el paciente, tanto desde el punto de vista funcional como estético, no debe haber ninguna desviación en toda la cadena del proceso de confección.[6]

De manera general los pasos que se debe seguir para la elaboración de una prótesis dental son los siguientes:

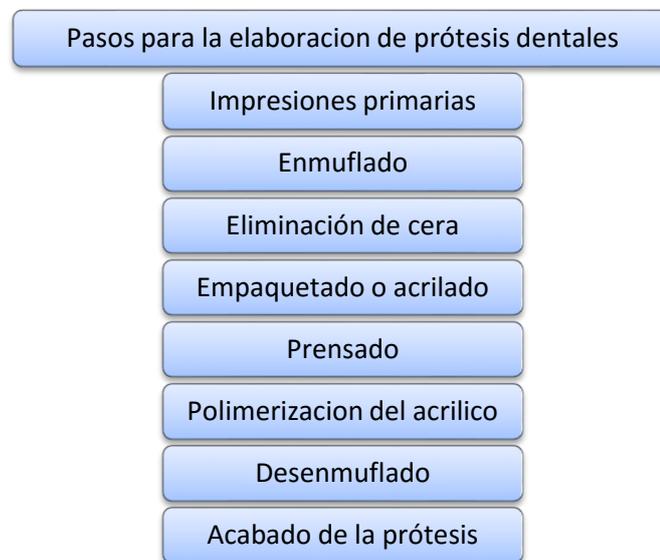


Figura 3.6 Pasos para la elaboración de prótesis dentales.

Impresiones primarias. Para confeccionar una prótesis total se deberá obtener las características anatómicas de la cavidad bucal tomando una impresión con un material plástico como es el alginato.

Enmuflado. Con la prótesis preliminar obtenida, se confecciona una cámara mediante el vaciado de yeso en una mufla.

Eliminación de cera. Una vez que fragüe el yeso por completo se procede a eliminar el encerado y la placa base, logrando así la formación de la cámara donde se alojará el acrílico termo-curable.

Empaquetado o acrilado. Obtenida la cámara se prepara el acrílico en proporción requerida para su posterior empaquetado y prensado hasta obtener el volumen final.

Prensado. Una vez realizado el empaquetado del acrílico, la mufla es llevada a la prensa en la cual se aplican presiones diferentes, en tiempos diferentes.

Polimerización del acrílico. La polimerización comienza en la mezcla del monómero y el polímero. Para finalizar con la polimerización y llegar a un estado duro se introduce la mufla con el acrílico empaquetado en una cámara a más de 60°C.

Desenmuflado. Finalizado la polimerización se procederá a retirar la prótesis de la mufla teniendo mucho cuidado debido a que, se debe dar fuertes golpes.

Acabado de las prótesis. Para el acabado de las prótesis se elimina el exceso de acrílico para luego alisar y pulir toda la superficie de la prótesis con el fin de darle un acabado estético y asegurar la perfecta adaptación. [7], [8] y [9] [10]

3.3. Proceso de prensado

Para realizar el proceso de prensado de la prótesis es necesario realizar ciertos pasos adicionales, los cuales detallaremos a continuación.



Figura 3.7 Pasos adicionales para el prensado de muflas. [10]

La resina acrílica termopolimerizable debe ser preparada con una relación volumétrica polvo/líquido de 3:1, de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Cuando alcance la fase plástica debe ser homogeneizada manualmente, y colocada sobre la parte inferior y superior del yeso de inclusión. [11]

Existen dos tipos de prensado para prótesis dentales, su diferencia radica en las presiones aplicadas, dichos tipos de presado son:

- Prensado estándar
- Prensado accionado

3.3.1. Prensado estándar

En este proceso el prensado inicial se efectúa con una carga de 800 Kgf, durante cinco minutos. Durante el prensado inicial, una hoja de celofán debe ser interpuesta entre la resina y el molde de yeso.

Luego de realizar el prensado inicial, es necesario la abertura de la mufla metálica, para remover la hoja de celofán y recortar los excesos de resina. El prensado final se efectúa con una presión de 1250 Kgf.[11]

3.3.2. Prensado accionado

En este proceso se realiza un prensado de prueba (se eleva la presión lentamente, hasta 750 a 1000 Kg/cm²) colocando un plástico separador. Luego de este proceso se retira el plástico separador y el exceso de material, la mufla debe ser cerrada nuevamente y en este momento se realiza el prensado definitivo (1000Kg/cm²). [12]

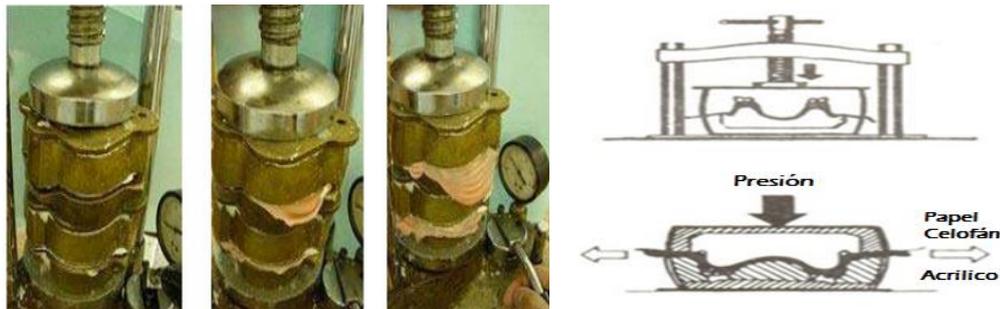


Figura 3.8 Proceso de prensado de muflas. [11]

Antes de polimerizar, la resina debe descansar por 20 minutos. Para aumentar la translucidez de la resina y para evitar porosidades, por lo general los manuales de procedimientos recomiendan dejar reposar la resina por 2 horas, antes de iniciar la polimerización.[12]

3.4. Tipos de resinas dentales

Las resinas dentales son restauraciones estéticas de los dientes, que se pueden utilizar en dientes dañados o cariados en las cuales el material que se utiliza es precisamente la resina. Este material se trabaja al color del diente por lo que el resultado es una restauración cosmética y agradable.

Las resinas dentales se utilizan como una alternativa estética en lugar de las amalgamas comunes y pueden ser utilizadas también para corregir fisuras y grietas.

Los diferentes tipos de resinas existentes para la elaboración de prótesis dentales son las siguientes:

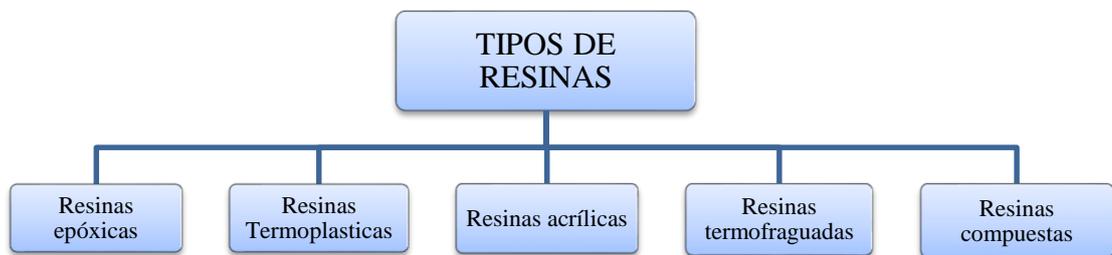


Figura 3.9 Tipos de resinas.

De los diferentes tipos de resinas existentes las más utilizadas para la elaboración de prótesis dentales por las características que presentan, son las resinas acrílicas.

3.4.1. Resinas acrílicas

El acrílico es un material plástico, que tiene propiedades inigualables comparando con otros materiales dentales, ya que puede ser utilizado para la confección de prótesis totales, prótesis parciales, férulas, aparatos de ortodoncia, porta impresiones, construcción de placas base, coronas provisionales. [13]

Son polímeros a base de polimetacrilato de metilo. Son plásticos derivados del etileno, que contienen un grupo vinilo. Las resinas acrílicas que más se utilizan en Odontología son las derivadas del ácido acrílico y del ácido metacrílico.

De los esteres obtenidos de estos ácidos, unidos a diferente radicales (metilo, etilo, fenilo), se obtienen los monómeros: Acrilato de metilo y metacrilato de metilo. [14]

Propiedades:

- Resistencia y durabilidad adecuadas al uso.
- Propiedades térmicas satisfactorias (ni contracción ni expansión muy altas).
- Estabilidad dimensional en y fuera de los tejidos.
- Insolubilidad y baja absorción en fluidos bucales

- Ausencia de sabor y olor
- Aspecto natural en color y translucidez
- Fácil de trabajar y reparar con exactitud
- Costo moderado. [12]

Los polímeros de metacrilato han tenido gran popularidad en la odontología porque se procesan con facilidad utilizando técnicas relativamente sencillas, tienen la capacidad de proporcionar las propiedades esenciales y las características necesarias para usarlos en restauración oral.[15]

Las resinas acrílicas pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Resinas de autocurado.
- Resinas termopolimerizable.
- Resinas fotopolimerizable.

Resinas acrílicas termopolimerizables

Las bases para dentaduras pueden ser elaboradas usando acrílico Termopolimerizable, que requiere de energía térmica para polimerizarse utilizando un baño de agua termo tratado. Estas resinas presentan ventajas como estabilidad dimensional, características de manejo, color y compatibilidad con tejidos bucales. [16]

Características:

- Los acrílicos Termopolimerizables tienen la capacidad de ser moldeados en formas complejas con la aplicación de calor y presión, lo cual se requiere en las resinas de uso dental.
- Fáciles de manipular.
- Muestran suficiente translucidez para que confiera la apariencia natural de los tejidos bucales reemplazados.
- No presentan cambios de color ni pigmentación a través del tiempo y aun sometidos a temperaturas corporales. [16]

3.5. Resinas acrílicas termopolimerizables más utilizadas

Las resinas acrílicas termopolimerizables más utilizadas son:

- ~ Lucitone 199
- ~ Triplex

3.5.1. Resina acrílica SR Triplex Hot

Resina termopolimerizable para prótesis total, prótesis parcial, prótesis combinada, prótesis híbrida y rebases. Responde a la norma EN ISO 20795-1.



Figura 3.10 Resina acrílica SR Triplex Hot. [16]

Ventajas

- Aplicación en la técnica de empaquetado y vertido
- Agradable manipulación
- Similitud de color con ProBase and SR Ivocap
- Exactitud, estabilidad de forma y estabilidad cromática. [16]

3.5.2. Resina acrílica Lucitone 199

Resina termopolimerizable de alto impacto para prótesis completas y parciales. Libre de Cadmio.

Es un material acrílico para base de dentaduras con resistencia al alto impacto que supera la de cualquier otro material. Estudios realizados demuestran que Lucitone 199 tiene mayor resistencia flexural que otros materiales. Estas características son el resultado de la incorporación de moléculas de plástico a la infraestructura acrílica, creando una absorción interna al impacto.

Además de la fuerza, Lucitone 199 proporciona al paciente y al dentista dentaduras confortables logrando translucidez balanceada, color natural, simulación tisular y apariencia muy semejante a los tejidos blandos naturales.[17]



Figura 3.11 Resina acrílica Lucitone 199. [17]

3.6. Tipos de prensas utilizadas

Las prensas más utilizadas en la elaboración de prótesis dentales son las siguientes:

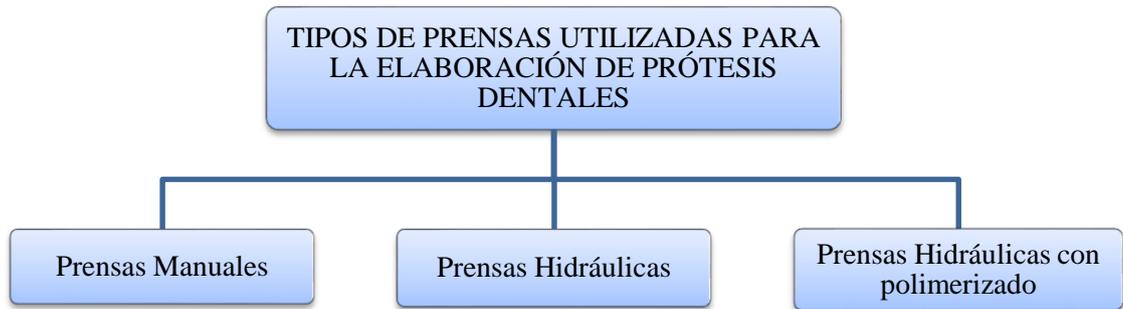


Figura 3.12 Tipos de prensas utilizadas para la elaboración de prótesis.

3.6.1. Prensa dental manual

Prensa netamente manual, en este tipo de prensas no es posible el control de las variables del proceso de prensado de prótesis dentales.



Figura 3.13 Prensa manual. [18]

Descripción

Este equipo está construido en fundición de hierro de alta resistencia y con la parte estructural de acero cromado. Ideal para trabajar entre 1 y 3 muflas. [18]

3.6.2. Prensa Hidráulica



Figura 3.14 Prensa Hidráulica. [19]

Descripción

Prensa hidráulica de mesa de fácil manejo, para prensar hasta 3 muflas al tiempo.

- Presión de trabajo de 100-150 bar (1 a 1,5 Ton)
- Manómetro indicador de presión hasta 600 bares
- Equipo construido en acero inoxidable, incluye prensa para muflas sin tornillos
- Tamaño: Alto 56 cm – Ancho 40,5 cm – Fondo 25,5 cm
- Peso: 50 libras (25 kilos)
- Prensado de acrílicos perfectos [19]

3.6.3. Prensa hidráulica con polimerizado



Figura 3.15 Prensa hidráulica con polimerizado. [20]

Descripción

Una prensa hidráulica con polimerizado salta los pasos de funcionamiento complicados y hace experiencia profesional mucho más fácil. Con esta máquina, las abrazaderas para la unidad de la polimerización. Esta máquina durable no tendrá problema si está utilizada con cuidado apropiado, por lo tanto el coste de fabricación se baja.[20]

- Consumo de energía: 600W
- Presión clasificada: 2000kg~3500kg
- Dimensiones: los 40cm los x 28cm el x 14cm (H W D)
- Peso: 10kg

CAPÍTULO IV

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

4.1. Consideraciones de diseño

Para el diseño del prototipo se debe tener presente las siguientes consideraciones:

- La prensa debe acoplarse a una mufla de 100*100 mm, estas dimensiones son estándar para diferentes marcas que existen en el mercado.
- La presión de trabajo que actúa sobre la mufla debe estar en un rango de 100 y 120 bar.
- Es necesario controlar los tiempos que el pistón es accionado sobre la mufla de manera automática.
- El material empleado para la construcción de las bases es acero ASTM A-36
- La carrera máxima del pistón debe ser de 200 mm, para poder manipular la mufla y controlar su carrera.
- Se requiere un control automático que realice una secuencia previamente programada teniendo en cuenta las consideraciones anteriormente expuestas, además es necesario un control manual que permita modificar las variables de acuerdo a los requerimientos del usuario.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se plantea el esquema inicial indicando las partes principales y los sistemas necesarios para su funcionamiento. (Figura 4.1)

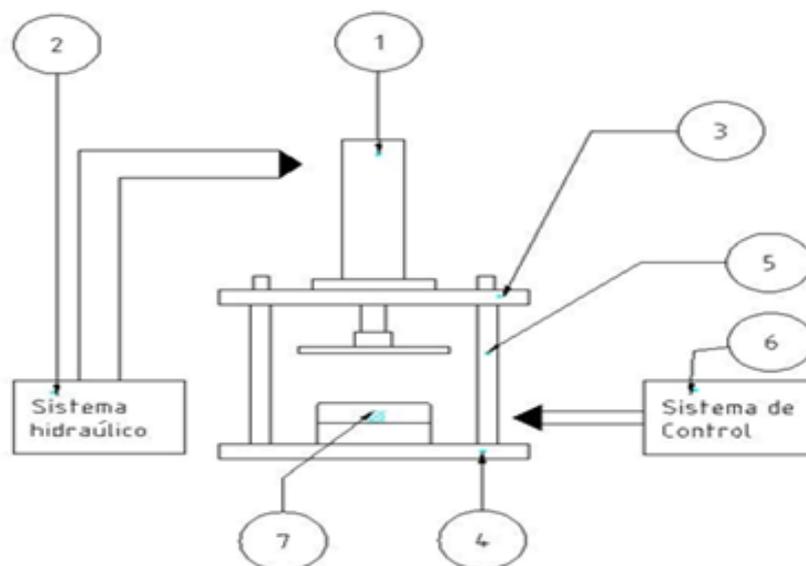


Figura 4.1 Esquema inicial de la prensa

De acuerdo con el esquema planteado, se requiere de los siguientes componentes para el desarrollo del prototipo. (Tabla 4.1)

Tabla 4.1 Elementos de la prensa para prótesis dentales.

#	Componentes
1	Pistón
2	Sistema hidráulico
3	Base superior
4	Base inferior
5	Columnas tipo espárragos
6	Sistema de control
7	Mufla (Elemento a prensar)

4.2. Dimensionamiento y selección de elementos

4.2.1. Diseño del pistón

Para el diseño del pistón se realiza el siguiente procedimiento:

- a) Cálculo de la fuerza aplicada.
- b) Cálculo del diámetro del pistón.
- c) Cálculo del vástago del pistón.

a) Cálculo de la fuerza aplicada

En el proceso artesanal empleado actualmente para realizar el prensado de las muflas, se utiliza una prensa manual de tornillo donde el operador es el encargado de aplicar el torque para obtener la fuerza necesaria.

Para calcular la fuerza aplicada (F) (Fig. 4.2a) es necesario obtener el torque aplicado y las dimensiones de la prensa de tornillo (Fig. 4.2b) utilizada en el proceso actual.

El torque va a ser medido una vez que se haya realizado el prensado final sobre la mufla, para lo cual se utiliza un torquímetro en el momento que se realiza el último ajuste y se mide el torque máximo realizado de forma manual.

Las características y dimensiones del tornillo necesarias para realizar el cálculo son: paso, número de dientes, diámetro exterior, número de entrada. (Tabla 4.2)

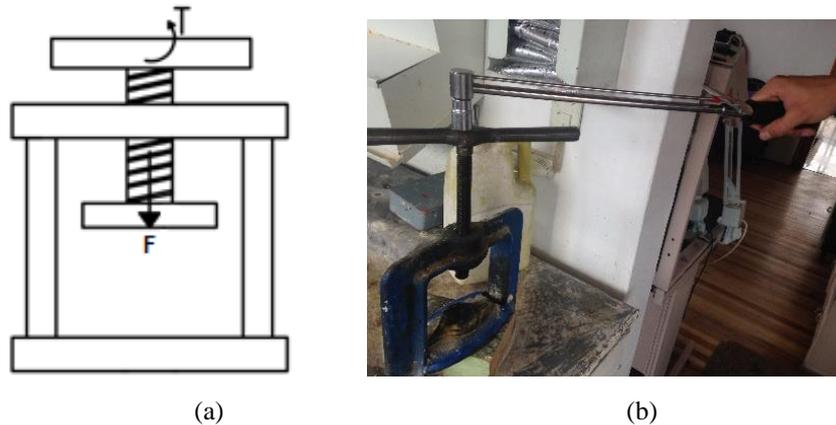


Figura 4.2 (a) Torque aplicado y fuerza actuante en el tornillo. (b) Prensa de tornillo

Tabla 4.2 Datos obtenidos de la prensa de tornillo.

<i>Característica prensa Manual</i>	<i>Formulas</i>	<i>Dato</i>
Torque medido (T)	-----	85 Nm
Paso (p)	-----	2 mm
Número de entradas (Np)	-----	3
Longitud (L)	$L = p * Np$	6 mm
Angulo (B) radianes	Rosca cuadrada	1
Diámetro exterior (de)	-----	18 mm
Diámetro medio (dm)	$dm = de - p$	16 mm
Coefficiente de fricción (f)		0.19

Para calcular la fuerza requerida para el diseño del pistón se utiliza la ecuación del torque Ec. (1), de la cual se despeja la variable F Ec. (2).

$$T = F * \frac{dm}{2} * \frac{(f * \pi * dm) + l}{(\pi * dm) - (f * L)} \quad (1) \quad [21]$$

$$F = \frac{T * 2 * (\pi * dm - f * L)}{dm * (f * \pi * dm + L)} \quad (2)$$

Donde:

F = Fuerza requerida

T = Torque

dm = diámetro medio

f = coeficiente de fricción

El coeficiente de fricción depende de los diferentes materiales que estén en contacto, para este caso acero sobre hierro, este valor se obtiene del anexo 3.

Con los datos de la tabla 3.2 se realiza el cálculo de la fuerza aplicada, reemplazando en la Ec. (2)

$$F = \frac{T * 2 * (\pi * dm - f * L)}{dm * (f * \pi * dm + L)} \quad (2)$$

$$F = \frac{85 * 2 * (\pi * 0.016 - 0.19 * 0.006)}{0.016 * (0.19 * \pi * 0.016 + 0.006)}$$

$$F = 33.56 \text{ kN}$$

Para realizar los cálculos del pistón y elementos de la prensa se decide trabajar con una fuerza de 35 kN garantizando el diseño del prototipo.

b) Cálculo del diámetro del pistón.

Para determinar el diámetro (D) del pistón, se utiliza el principio de Pascal Ec. (3) y el área de una sección circular Ec. (4).

$$P = \frac{F}{A} \quad (3) \quad [22]$$

$$A = \pi * \frac{D^2}{4} \quad (4) \quad \text{Anexo 4}$$

Igualando las ecuaciones (3) y (4), se obtiene una ecuación Ec. (5) para calcular el diámetro D, que está en función de la fuerza aplica (F) y de la de presión (P).

$$D = \sqrt{\frac{4 * F}{0.9 * \pi * P}} \quad (5)$$

Donde:

P= Presión de servicio

F= Fuerza requerida

0.9= Coeficiente de rozamiento entre el émbolo y la camisa

D= Diámetro de la camisa

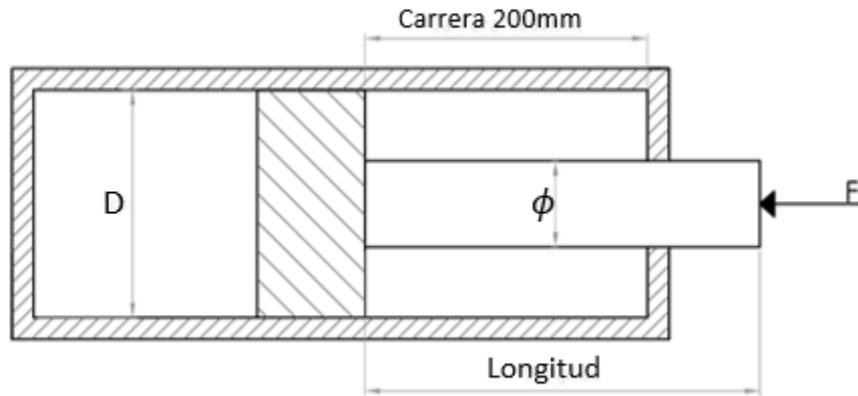


Figura 4.3 Esquema del pistón.

Mediante la Ec. (5), se procede al cálculo del diámetro D.

Datos

P= 2000 psi = 13789.51 kPa

F= 35 kN

$$D = \sqrt{\frac{4 * 35 * 10^6}{0.9 * \pi * 13781.51 * 10^3}}$$

$D = 0.05994m$

$D = 59.94 \text{ mm}$

c) Cálculo del vástago del pistón

El esfuerzo crítico al que está sometido el vástago es de pandeo, por este motivo es necesario aplicar las ecuaciones de Euler para columnas a pandeo, Ec. (6) (7) (8), mediante las cuales se calcula el diámetro (ϕ) del vástago.

El primer paso es analizar la longitud libre de pandeo Ec. (6), luego se calcula la fuerza de pandeo Ec. (7), esta va ser la fuerza aplicada considerando un factor de seguridad.

$Lp = K * L$ (6)

$Fp = F * Fs$ (7)

Puesto que la fuerza de pandeo Ec. (8), está en función de la inercia y que dicha inercia depende del diámetro del elemento Ec. (9), se iguala las ecuaciones y se obtiene una ecuación para calcular el diámetro Ec. (10).

$$F_p = \frac{\pi^2 * E * I}{L_p^2} \quad (8) \quad I = \frac{d^4 * \pi}{64} \quad (9) \text{ Anexo 4}$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{64 * F_p * L_p^2}{\pi^3 * E}} \quad (10)$$

Donde:

L_p=Longitud libre de pandeo

K= Coeficiente de pandeo (Anexo 5)

F_s= Factor de seguridad (Anexo 6)

F_p= Fuerza de pandeo

I= Momento de inercia

E= Modulo de Elasticidad

Consideraciones

- El material del vástago es acero ASTM A-36
- El tipo de sujeción es empotrada-libre (Factor K = 2). (Anexo 5)
- Factor de seguridad igual a 4. (Anexo 6)
- La longitud (L) se considera como la carrera máxima del pistón. Dato tomado de las consideraciones de diseño planteadas en el punto 4.1.

Datos

L= 200mm

E= 200 GPa

K= 2

F= 35 kN

F_s= 4

Cálculos

Se halla el valor de la longitud de pandeo Ec. (6).

$$Lp = 2 * 0.20m$$

$$Lp = 0.4m$$

Se calcula el valor de la fuerza de pandeo Ec. (7).

$$Fp = 35kN * 4$$

$$Fp = 140KN$$

Se calcula el diámetro del vástago Ec. (10).

$$d = \sqrt[4]{\frac{64*(140*10^3)*0.4^2}{\pi^3*(200*10^9)}}$$

$$d = 21.927$$

Con los datos de carrera, diámetro de vástago, diámetro pistón y presión (Tabla 4.3) se procede a la selección según catálogos normalizados.

Tabla 4.3 Datos para la selección del pistón.

<i>Característica</i>	<i>Medidas calculadas</i>
Carrera	200 mm
Diámetro vástago	21.927 mm
Diámetro pistón	59.94
Presión	2000 psi = 137.89 bar
Fuerza compresión	35 kN

De acuerdo a la marca ROEMHELD (Anexo 7), el cilindro que más se aproxima a las características antes mencionadas es **1287-0X5**. Las dimensiones y características principales del cilindro seleccionado se muestran en la tabla 4.4

Tabla 4.4 Dimensiones y características del cilindro normalizado

<i>Característica</i>	<i>Medida normalizadas</i>
Carrera	350 mm
Diámetro vástago	40 mm
Diámetro pistón	63 mm
Presión	200 bar
Fuerza compresión	63.3 kN

Considerando que no existe un cilindro normalizado que cumpla con los requerimientos de diseño se opta por construir el elemento, con las siguientes características. (Tabla 4.5)

Tabla 4.5 Dimensiones y características del cilindro a construir

<i>Característica</i>	<i>Medida</i>
Carrera	200 mm
Diámetro vástago	40 mm
Diámetro pistón	63.2 mm
Presión	1602 psi
Fuerza compresión	35 kN

4.2.2. Selección del sistema oleohidráulico

A continuación se detalla los componentes a considerar para seleccionar el equipo hidráulico.

- Acumulador
- Bomba de 2000 psi
- Motor eléctrico
- Distribuidor (válvula de dirección)
- Regulador de presión

Teniendo en cuenta los componentes que deben estar presentes en el equipo, se realiza los siguientes procedimientos:

- a)** Discriminación de equipos a utilizar.
- b)** Selección de mangueras.
- c)** Esquema final del sistema oleohidráulico

a) Discriminación de equipos a utilizar

La discriminación se realiza entre 2 equipos oleohidráulico:

- Mini centralita oleohidráulica OMFb POWER PRO
- Equipo oleohidráulico fabricado.

Es necesario realizar la discriminación considerando los siguientes aspectos:

- Presión de trabajo
- Tiempo de entrega
- Mantenimiento
- Ruido
- Garantía
- Costo

Con una valoración de 1 a 5, siendo 5 el valor más alto, obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 4.6 Discriminación de equipos para prensa hidráulica

Características de selección	Requerido	Mini centralita oleohidráulica OMFB POWER PRO	Valoración	Equipo oleohidráulico Fabricado	Valoración
Presión trabajo	2000psi	2000psi	5	2000psi	5
Tiempo de entrega	Inmediata	Inmediata	5	2 meses	1
Mantenimiento		Especialista	3	Distribuidor	5
Ruido	Bajo	Bajo	5	Alto	2
Garantía	-----	3000 hora/vida	2	1 año	5
Costo	-----	\$ 800	5	\$1500 aprox.	2
	TOTAL		25		20

Se selecciona una bomba hidráulica compacta según la calificación obtenida de la tabla 4.6.

La bomba seleccionada (Figura 4.4) presenta las características detalladas en el Anexo 13.

Las características generales son las siguientes:

- Acumulador/depósito de 5Lts
- Bomba de 2000psi
- Motor 12V, 2000W
- Distribuidor (Válvula de dirección 5/3)
- Regulador de presión
- Seguridad al sistema eléctrico
- Dimensiones 65*25*20 cm



Figura 4.4 Mini centralita oleohidráulica [23]

b) Selección de mangueras

La selección de las mangueras se realiza tomando en cuenta las siguientes características:

- Presión de trabajo 2000 psi
- Seguridad
- Disponibilidad en el medio
- Estética

De acuerdo a las características antes mencionadas se opta por trabajar con mangueras de la marca COVALCA, una de sus principales características es la seguridad que brinda en su funcionamiento.

La manguera seleccionada (Anexo 8) tiene el siguiente código **H0102-12** y presenta las siguientes características.

- **Presión trabajo:** 2355 psi
- **Tubo Interno:** Mezcla de goma sintética, resistente al aceite.
- **Refuerzo:** 2 Mallas de alambre de acero
- **Cubierta:** Mezcla de goma sintética resistente al aceite y a la intemperie.[24]



Figura 4.5 Mangueras hidráulicas. [24]

c) Esquema final del sistema oleohidráulico

El sistema oleohidráulico consta de:

- 1A1 Cilindro doble efecto
- 1V1 Electro válvula direccional 5/3
- 1V2 Válvula reguladora de caudal
- 1Z1 Grupo oleohidráulico. (Figura 4.6)

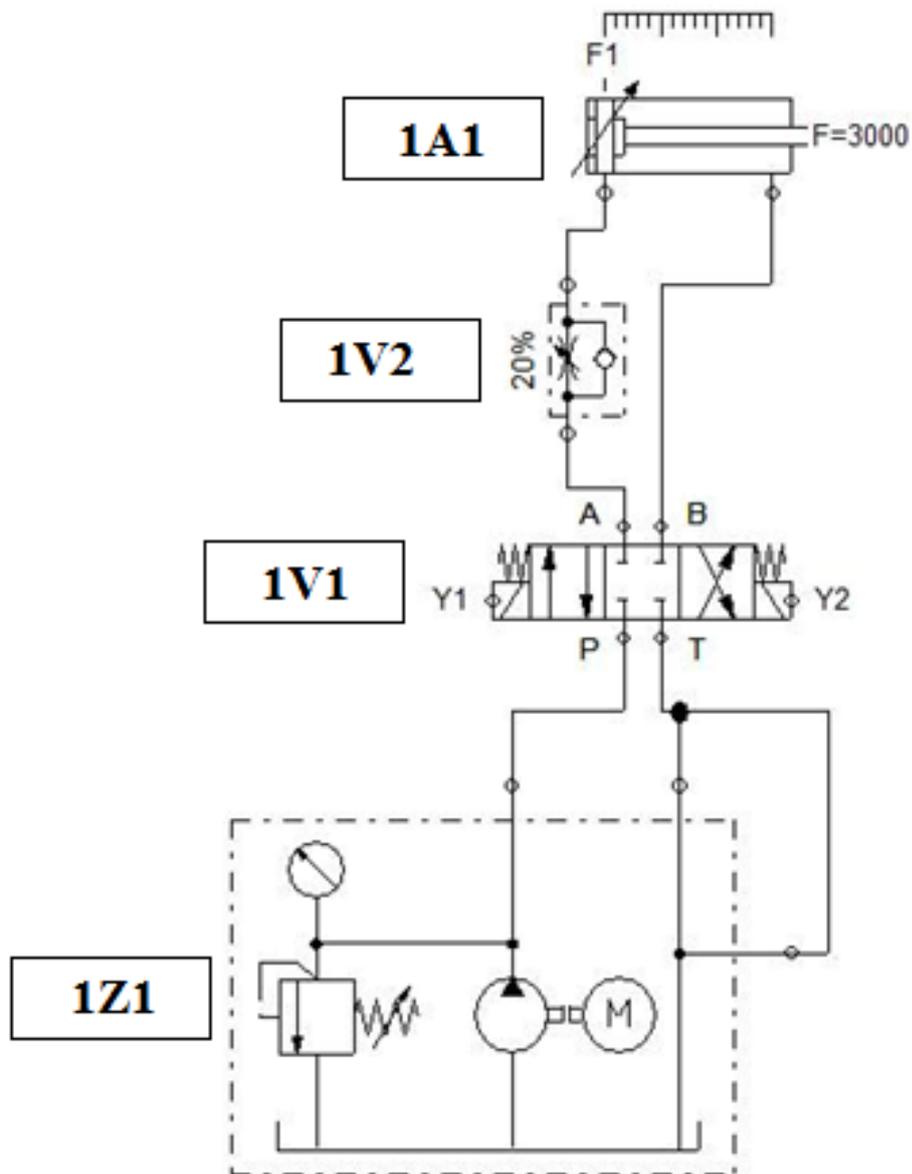


Figura 4.6 Esquema del sistema oleohidráulico

4.2.3. Dimensionamiento de los elementos mecánicos

Para el diseño de los elementos mecánicos se toma en cuenta las siguientes dimensiones y consideraciones. (Figura 4.7)

- Las placas están soportadas por 4 columnas tipo espárrago.
- Placa base superior e inferior con dimensiones (300*120 mm)
- La separación entre placas es de 200 mm

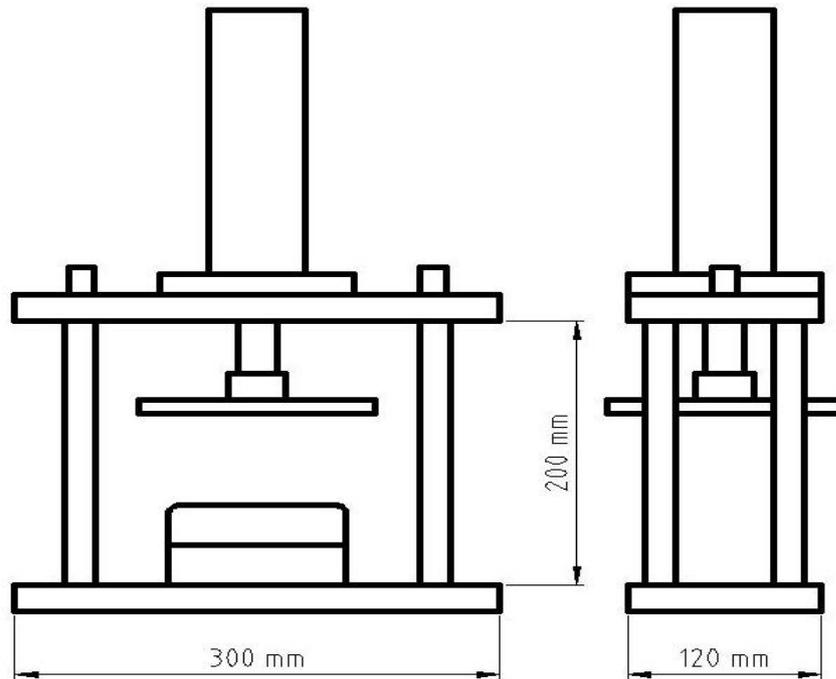


Figura 4.7 Esquema mecánico de la prensa.

La fuerza aplicada de 35 kN va a estar soportada por 4 columnas, separadas entre sí 190 mm, a la cual para el análisis se considerara como un doble empotramiento. (Figura 4.8)

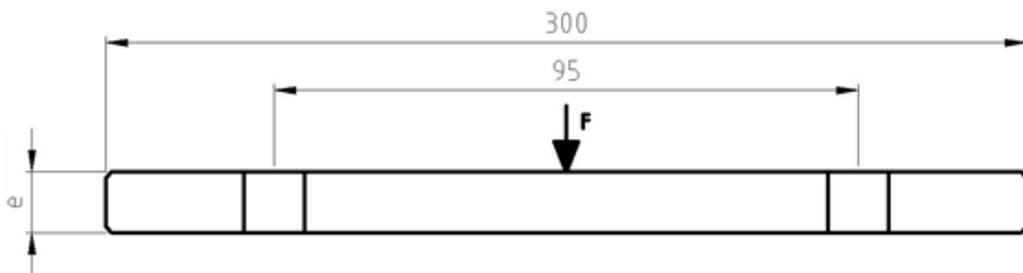


Figura 4.8 Esquema base superior e inferior.

a) Base superior

El análisis para la base superior se realiza por el método de flexión de vigas, se tendrá en cuenta un factor de seguridad igual a 2 (Anexo 6), con respecto al esfuerzo de fluencia del material.

En el momento que el actuador realiza el trabajo se presenta una reacción en la placa superior, por esta razón los análisis se realizan con la fuerza de flexión dirigida hacia arriba como se muestra en la Fig. 4.9.

Datos:

Dimensiones de la placa

- **Ancho** = 120 mm
- **Longitud entre empotramientos (b)** = 190 mm

Especificaciones y cargas

- **F** = 35 kN
- **Factor de seguridad** = 2

Material Acero ASTM A-36

- σ_u = 400 MPa
- σ_y = 250 MPa [25]
- **E** = 200 GPa

Esquema

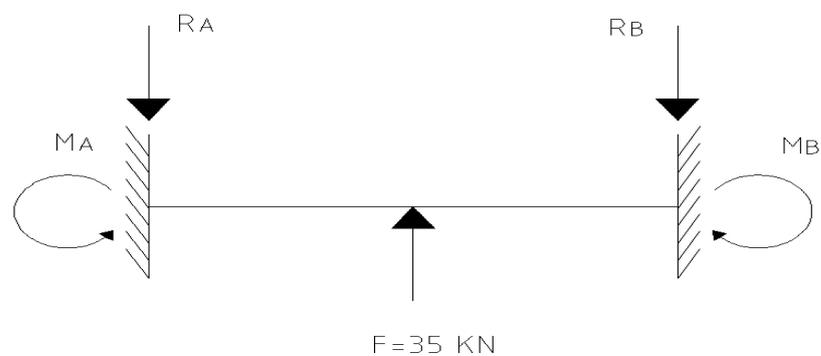


Figura 4.9 Cargas que actúan sobre las placas.

Cálculos

Se calcula el momento máximo que está actuando en la palca Ec. (11). Dicho cálculo se comprueba con el software XvIGAS.

$$M_{max} = \frac{L * F}{8} \text{ (11)}$$

$$M_{max} = \frac{0.19 * 35000}{8}$$

$$M_{max} = 831.25 \text{ Nm}$$

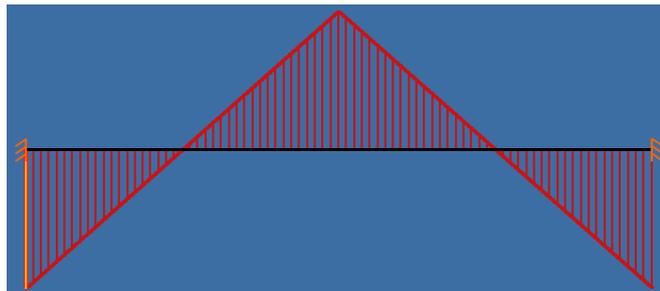


Figura 4.10 Diagrama del momento flector.

Determinamos el esfuerzo admisible $[\sigma]$ Ec. (12).

$$[\sigma] = \frac{\sigma_y}{FS} \text{ (12)}$$

$$[\sigma] = \frac{250 \text{ MPa}}{2}$$

$$[\sigma] = 125 \text{ MPa}$$

Para determinar el espesor (e) de las placas, se utiliza la fórmula del esfuerzo $[\sigma]$ Ec. (13), y la del módulo de sección $S(x)$ Ec. (14).

$$[\sigma] = \frac{M_{max}}{S(x)} \text{ (ec 13)}$$

$$S(x) = \frac{b * e^2}{6} \text{ (ec 14) Anexo 4}$$

Igualando las ecuaciones (13) y (14), se obtiene una ecuación Ec. (15) para calcular el espesor (e), que está en función del esfuerzo $[\sigma]$ y del momento máximo (M_{max}).

$$e = \sqrt{\frac{M_{max} * 6}{[\sigma] * b}} \quad (ec\ 15)$$

$$e = \sqrt{\frac{831.25\ Nm * 6}{125 \times 10^6\ Pa * 0.19\ m}}$$

$$e = 14.49\ mm$$

Por motivos comerciales y estéticos se opta por construir una placa con un espesor de 20 mm de 300*120 mm.

b) Base inferior

Para el diseño de la placa base inferior se toma como referencia los datos de la placa base superior.

Las características para llegar a utilizar los mismos cálculos son:

- La fuerza y ubicación de las columnas son las mismas.
- Por sujeción de las columnas en la base.
- Por estética de la máquina.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente para la construcción, la placa base tiene un espesor de 20 mm y 300 x 120 mm.

c) Columnas tipo espárrago

El análisis de las columnas tipo espárrago se realiza con cargas a tracción.[23] La fuerza aplicada de 35 kN está distribuida en las 4 columnas de sección circular de manera que la fuerza de tracción para cada columna es 8.75 kN.

Luego de efectuar el análisis a tracción de las columnas, se realiza un análisis de diámetro de la rosca así como la longitud de roscado.

➤ Análisis a tracción de las columnas

Cargas

- **F** = 8.75 kN
- **FS** = 2.5 (Con respecto a la fluencia)

Propiedades mecánicas

- $\sigma_y = 225 \text{ MPa}$
- $E = 200 \text{ GPa}$

Esquema

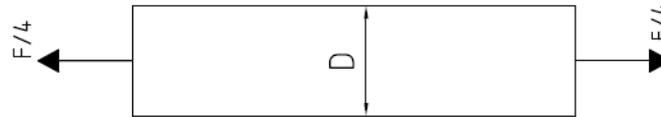


Figura 4.11 Eje sometido a tracción.

Cálculos

Es necesario calcular el esfuerzo admisible $[\sigma]$. Ec. (15)

$$[\sigma] = \frac{\sigma_y}{2.5} \quad (15)$$

$$[\sigma] = \frac{225 \times 10^6 \text{ Pa}}{2.5}$$

$$[\sigma] = \mathbf{90 \text{ MPa}}$$

De las ecuaciones (16) y (17) se despeja el diámetro (D)

$$A = \pi * \frac{D^2}{4} \quad (\text{ec } 16) \text{ Anexo 4}$$

$$[\sigma] = \frac{F}{At} \quad (17)$$

Se obtiene una ecuación para calcular el diámetro Ec. (18) que está en función de la fuerza aplicada y del esfuerzo.

$$D = \sqrt{\frac{4 * F}{\pi * [\sigma]}} \quad (\text{ec } 18)$$

$$D = \sqrt{\frac{35000 \text{ N}}{\pi * 90 \times 10^6 \text{ Pa}}}$$

$$\mathbf{D = 11.13 \text{ mm}}$$

➤ **Diámetro de la rosca**

Para la selección del diámetro de la rosca adecuado, se analiza la rotura del filete adyacente al roscado, o debajo de la cabeza del tornillo, dichos esfuerzos obedecen a la Ec. (19).

$$\sigma_y = \frac{F_t}{A_t} \quad (19)$$

Además se toma en cuenta que la columna y la tuerca son del mismo material planteándose las siguientes ecuaciones.

$$FS = \frac{\sigma_{pr}}{\sigma_y} \quad (20)$$

$$\sigma_{pr} = 0.86 \sigma_y \quad (21)$$

Donde

A_t = Área de la fuerza de trabajo

F_t = Fuerza axial de tracción

σ_x = Esfuerzo normal a tracción admisible

FS =Factor de seguridad

σ_{pr} = Esfuerzo de prueba

σ_y = Esfuerzo admisible

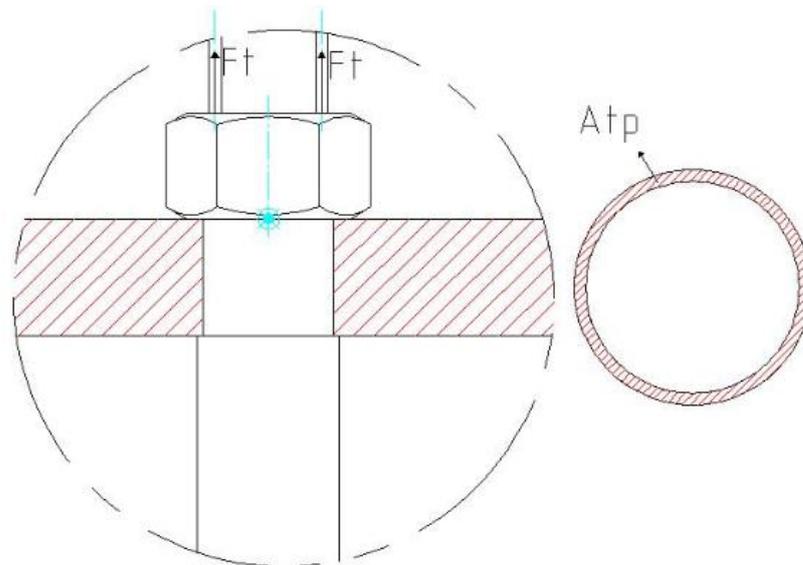


Figura 4.12 Cargas que actúan en la rosca.

El procedimiento para la selección de tipo de elemento roscado es el siguiente:

- Determinar el área de esfuerzo de tracción preliminar A_{tp} . Ec. (22)
- Asumir un grado o calidad para el tronillo y la tuerca.
- Asumir el tipo de serie de la rosca, métrica o unificada, paso fino o basto.
- Se estudia solo la columna ya que es el elemento más crítico del conjunto. Para este caso se puede determinar un área de esfuerzo a la tracción preliminar (A_{tp}).[27]

$$A_{tp} = \frac{FS * Ft}{\sigma_{pr}} \quad (22)$$

$$AT > A_{tp} \quad (23)$$

Donde

A_{tp} = Área de esfuerzo de tracción preliminar

A_t = Área de esfuerzo de trabajo tabla catálogos

Datos

$$FS = 2$$

$$\sigma_y = 225 \text{ MPa}$$

$$FT = 35/4 \text{ kN} = 8.75 \text{ kN}$$

Cálculos

Se determina el esfuerzo de prueba (σ_{pr}) Ec. (21), para luego calcular el área de esfuerzo de tracción preliminar (A_{tp}).

$$\sigma_{pr} = 0.86 * 225$$

$$\sigma_{pr} = 193.5 \text{ MPa}$$

Una vez calculado el esfuerzo admisible de prueba se necesita el área de esfuerzo de tracción preliminar Ec. (22), para comparar con las tablas normalizadas.

$$A_{tp} = \frac{2 * 8.75 \times 10^3}{193.5 \times 10^6}$$

$$A_{tp} = 9.0439 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$A_{tp} = 90.43 \text{ mm}^2 = 0.14 \text{ in}^2$$

Del anexo 9 y con la Ec. (23) seleccionamos la rosca unificada para la columna.

$$AT > Atp \text{ (23)}$$

$$AT > 0.14016$$

La columna para sujeción con tuercas debe tener un diámetro mínimo de 14mm.

Por consideraciones de diseño, por estética y por disponibilidad en el medio se va a trabajar con las siguientes medidas.

Tabla 4.7 Medidas calculadas y de construcción de las columnas

Característica	Medida calculada	Medidas construcción
Diámetro columna (D)	11.13 mm	22.22 mm
Diámetro rosca (ϕ)	14 mm	19.05 mm

➤ Longitud de roscado de enganche

Esta longitud está relacionada al número de filetes necesarios para soportar la fuerza aplicada, para esto se utiliza las medidas reales utilizadas en el diseño ya que esta longitud de roscado de enganche está relacionada con el diámetro de roscado de la columna tipo esparrago.

Mientras mayor diámetro mayor debe ser la longitud de roscado.

La ecuación de área cortada Ec. (24) calcula el área cortada de la tuerca que en este caso es el roscado de la placa base inferior puesto que es el elemento crítico, esta área cortada de la tuerca ($Ac1$) está en relación con el paso que tiene el tornillo así como el diámetro mínimo y el diámetro medio de la rosca según la norma DIN 13. Esta servirá como dato para calcular la longitud de roscado de enganche.

$$Ac1 = \pi * dme * \frac{1}{P} * \left[\frac{P}{2} + (dme - dmi) * \tan 30 \right] \text{ (24)}$$

Mientras que la longitud de roscado de enganche está dado por la Ec. (25).

$$L = 2 * \frac{At}{Ac1} * \frac{\sigma y_{tornillo}}{\sigma y_{tuerca}} \text{ (25)}$$

Donde:

Ac1 = Área cortada de la tuerca

dme = Diámetro medio del tornillo

dmi = Diámetro mínimo de la tuerca

L = Longitud de roscado de enganche

P = Paso

Datos

Lo datos de las dimensiones se obtuvieron de catálogos según la norma DIN 13 antes mencionada.

Columna tipo espárrago (Tornillo)

- $\sigma_y = 260 \text{ MPa}$
- Paso = 2.5
- $d_{me} = 16.38 \text{ mm}$
- $A_t = 192.47 \text{ mm}^2$
- M18

Roscado de la placa base (Tuerca)

- $\sigma_y = 250 \text{ MPa}$
- Paso = 2.5
- $d_{mi} = 15.29 \text{ mm}$
- M18

Cálculos

Calculamos el área cortada de la rosca Ec. (24).

$$Ac1 = \pi * 16.38 * \frac{1}{2.5} * \left[\frac{2.5}{2} + (16.38 - 15.29) * \tan 30 \right]$$

$$Ac1 = 38.68 \text{ mm}^2$$

Con el área cortada de la rosca y las resistencias de los materiales se calcula la longitud de roscado de enganche Ec. (25).

$$L = 2 * \frac{192.47}{38.67} * \frac{260}{250}$$

$$L = 10.32 \text{ mm}$$

Se verifica esta longitud con las características normalizadas de las roscas hexagonales (Anexo 10), según el cual la altura (m) para un diámetro de rosca M18 es de 9 mm.

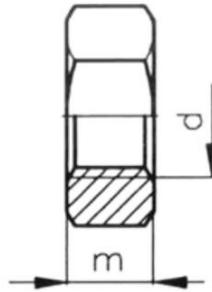


Figura 4.13 Dimensiones de las roscas hexagonales. [25]

Con este dato se verifica que el espesor de 20 mm de la placa base inferior, es el necesario para soportar las cargas a tracción que actúan sobre esta.

En tabla 3.8 se muestra las dimensiones calculadas a tener en cuenta para la construcción de la columna tipo espárrago. (Figura 4.14)

Tabla 4.8 Medidas calculadas y de construcción de las columnas y roscas

Característica	Medida calculada	Medidas construcción
Diámetro columna (D)	11.13 mm	22.22 mm
Diámetro rosca (ϕ)	14 mm	19.05 mm
Longitud de rosca (Lt)	10.32 mm	15 mm

Para la construcción de las columnas tipo espárrago se elige un acero inoxidable AISI 302 de 22.22 mm de diámetro y una longitud total de 264 mm.

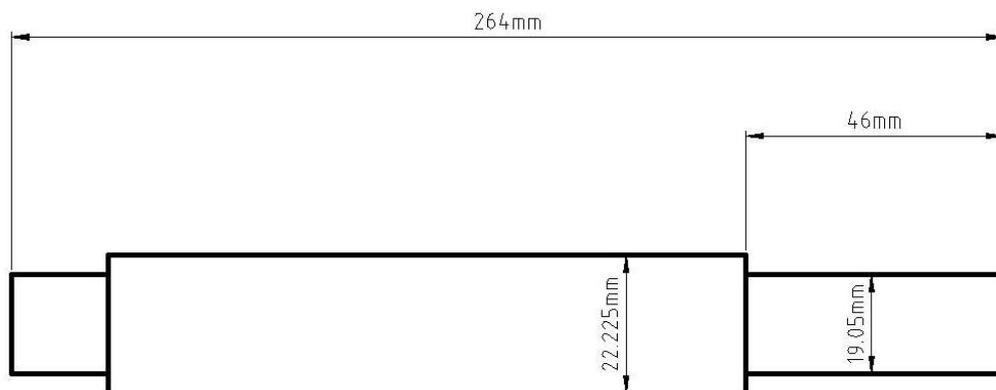


Figura 4.14 Esquema de las columnas tipo espárrago.

4.2.4. Sistema de control y alimentación del sistema hidráulico

Para el sistema de control se analiza las características eléctricas de la mini centralita oleohidráulica, así como de la plataforma de programación que se va a encargar de controlar las variables planteadas: Presión, carrera y tiempos de aplicación.

Por motivos de movilidad del equipo y de costo del transformador de voltaje, se opta por utilizar un acumulador como fuente de alimentación del sistema.

Características para seleccionar y diseñar el sistema son:

- a) Selección de la batería
- b) Selección de la plataforma de programación y diseño del circuito
- c) Esquema de conexión de alimentación y control
- d) Programación de la secuencia

a) Selección de la batería

Para la selección de la batería se parte de los datos de amperaje y voltaje que requiere la mini centralita, una vez verificados estos datos se realiza una lectura del tiempo que toma realizar el proceso de prensado de manera manual, únicamente mientras se realiza los diferentes ajustes de presión.

Las características del motor de la bomba seleccionada son:

- Voltaje **12 V**
- Potencia: **2000 W**
- Amperajes picos: **250 A**

De la encuesta realizada en el capítulo 1 sabemos que se elaboran un promedio de 7 prótesis por semana, puesto que los cálculos de amperaje se realizan para el consumo semanal se procede a tomar datos de tiempo de prensado, sin considerar tiempos muertos.

Tabla 4.9 Tiempos de prensado, sin considerar tiempos muertos

Prótesis	Tiempo (min)
Día 1	
1	3
2	2
3	2
4	2
Día 2	
5	2
6	3
7	2
TOTAL	16 min
MEDIA	2.286 min

De los datos conseguidos obtenemos una media de 2.286 min, de acuerdo a este dato se realiza un análisis de los amperios hora que consume el equipo.

Datos

$$A = 160 \text{ A}$$

$$t_{\text{total}} = 16 \text{ min}$$

$$\text{Numero de prótesis} = 7$$

Cálculos

$$A_{\text{hora}} = t_{\text{total}} * A \quad (26)$$

$$A_{\text{hora}} = 0.267 \text{ h} * 160 \text{ A}$$

$$A_{\text{hora}} = 42.667 \text{ Ah x semana}$$

Teniendo en cuenta estos resultados se procede a seleccionar del catálogo (Anexo 11) la batería adecuada.

Debido al alto amperaje que necesita el motor de la mini centralita se decide trabajar con una batería de 12 V para vehículos. (Figura 4.15).



Figura 4.15 Batería de vehículo acido-plomo. [28]

Las características que presenta la batería se exponen en la tabla 4.10.

Tabla 4.10 Características de la batería seleccionada. [29]

MARCA	Baterías Ecuador
27HP	270ZL
Ah	85 Ah
Tipo	E3
A máximo	905 A

Para solucionar los problemas de carga de la batería se decide acoplar un cargador de batería automático mostrado en la figura 4.16.



Figura 4.16 Cargador automático de baterías. [30]

Este cargador tiene diferentes opciones de carga que son carga rápida a 10 Ah y carga lenta 2 Ah. También tiene la ventaja de pasar a modo de reposo una vez que la batería haya alcanzado su carga máxima, sin perjudicar al motor de la centralita.

b) Selección de la plataforma de programación y diseño del circuito

Para la selección de la plataforma de programación se realiza un análisis del tipo de secuencia que van a realizar el pistón y los elementos a comandar como electroválvulas y arranque de motor de la mini centralita.

A continuación se detalla la secuencia que debe realizar el pistón. (Figura 4.17)

- Desciende hasta 6 cm con una presión de 10 bares.
- Se mantiene por un tiempo de 10 segundos, aumentando la presión a 1000psi.
- Desciende hasta 5 mm con una presión variable hasta llegar a 1600psi.
- Se mantiene por un tiempo de 10 segundos con una presión de 1600psi.
- Desciende hasta 2 mm en 2 segundos con una presión variable hasta 2000psi.
- Se mantiene un tiempo de 10 segundos con una presión de 2000psi.
- El pistón retrocede hasta su posición inicial.

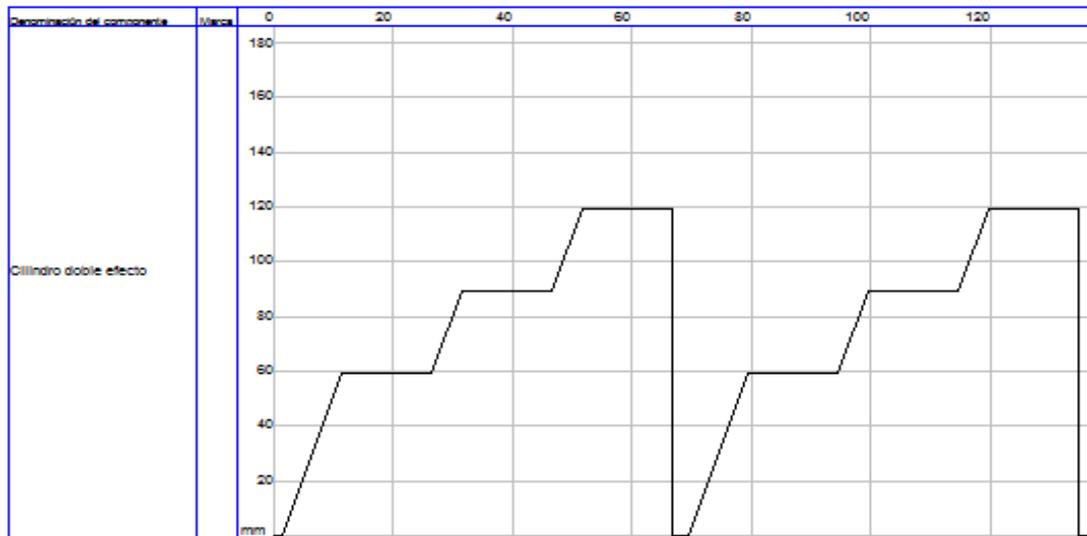


Figura 4.17 Diagrama camino-paso {Tiempo (x)-presión (y)}.

La plataforma seleccionada para realizar el control electrónico es ARDUINO (Figura 4.18), puesto que presenta las siguientes características.

- Software de programación libre
- Diseñada para facilitar el uso de la electrónica
- Fácil programación



Figura 4.18 Arduino uno. [31]

Mediante la simulación del circuito en un programa de software libre se comprueba que *Arduino uno* es compatible con los diferentes elementos electrónicos utilizados. (Figura 4.19)

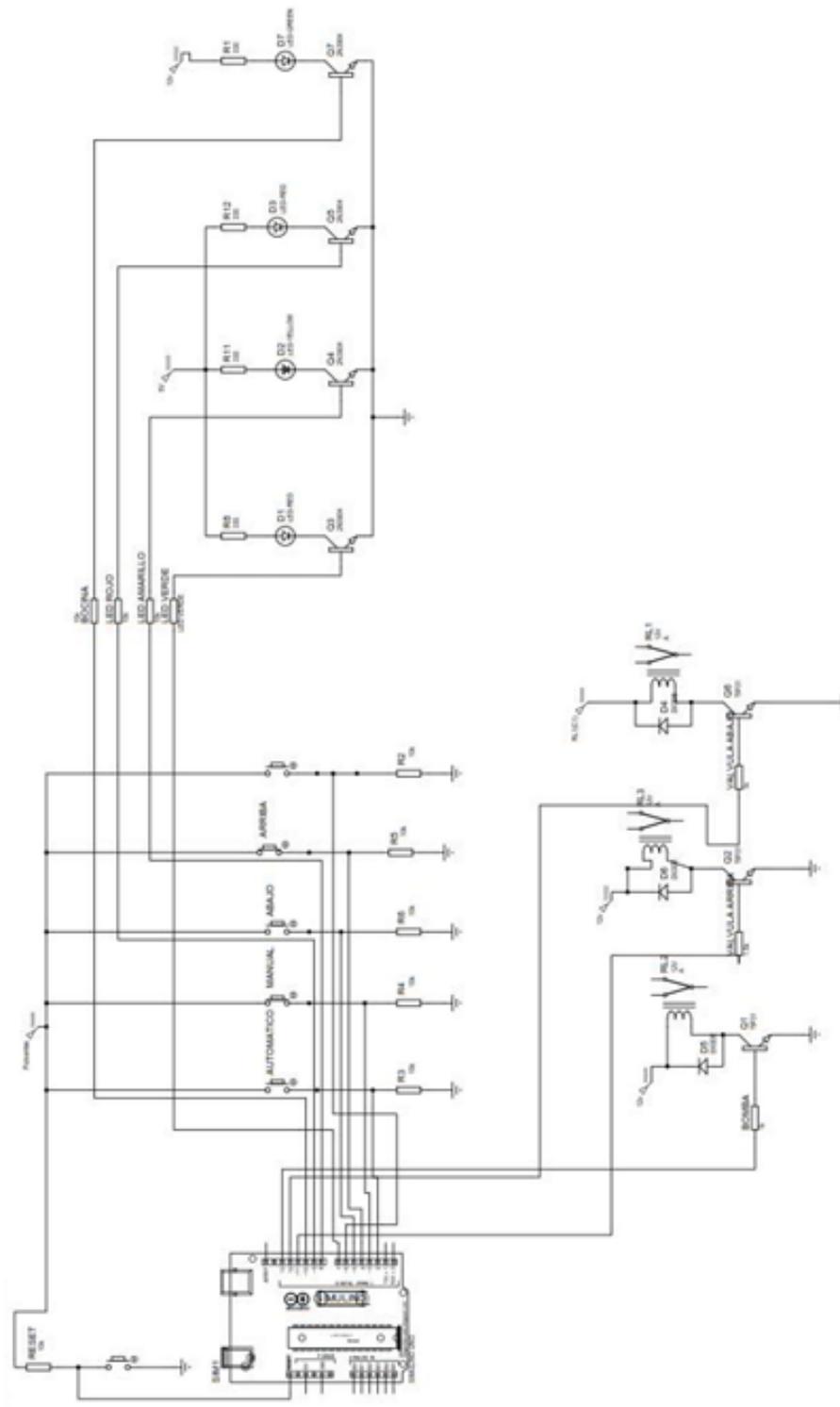


Figura 4.19 Esquema electrónico del sistema de control de la prensa.

En la figura 4.20 se observa el diseño final de la placa electrónica en una visualización 3D con sus respectivos elementos. En esta placa se conectan las entradas y salidas con Arduino.

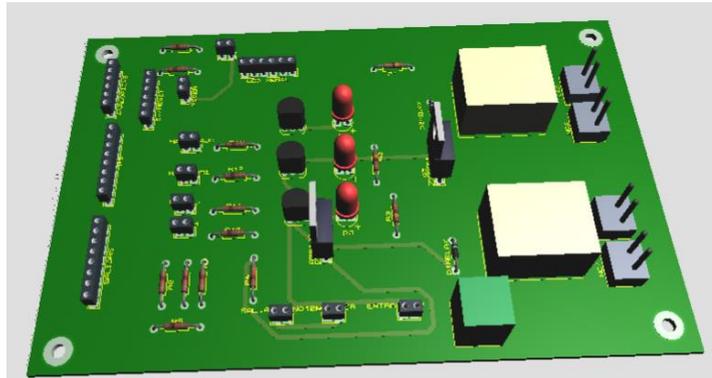


Figura 4.20 Placa electrónica en 3D.

En la figura 4.21 se puede apreciar el sistema de control con sus respectivos mandos de activación para el control automático y manual.



Figura 4.21 Sistema de control de la prensa.

c) Esquema de conexión de alimentación y control

En el presente esquema se observa las conexiones de los diferentes dispositivos para el funcionamiento de la prensa. (Figura 4.22)

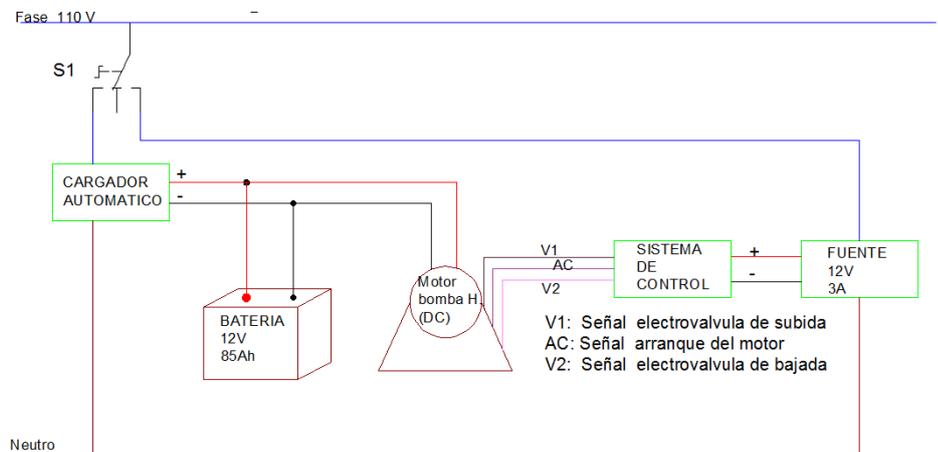


Figura 4.22 Esquema de conexión de alimentación y control de la prensa.

d) Programación de la secuencia

Para programar la secuencia se utiliza el diagrama camino-paso (Figura 4.17), en la cual nos indica los tiempos y los periodos de activación del émbolo.

Mediante el siguiente código de programación controlamos las señales de salida para la electroválvula y arranque del motor de la mini centralita.

```
//UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
//INGENIERIA MECANICA
//TRABAJO FIN DE CARRERA
//DISEÑO DE UNA PRENSA PARA PROTESIS DENTALES

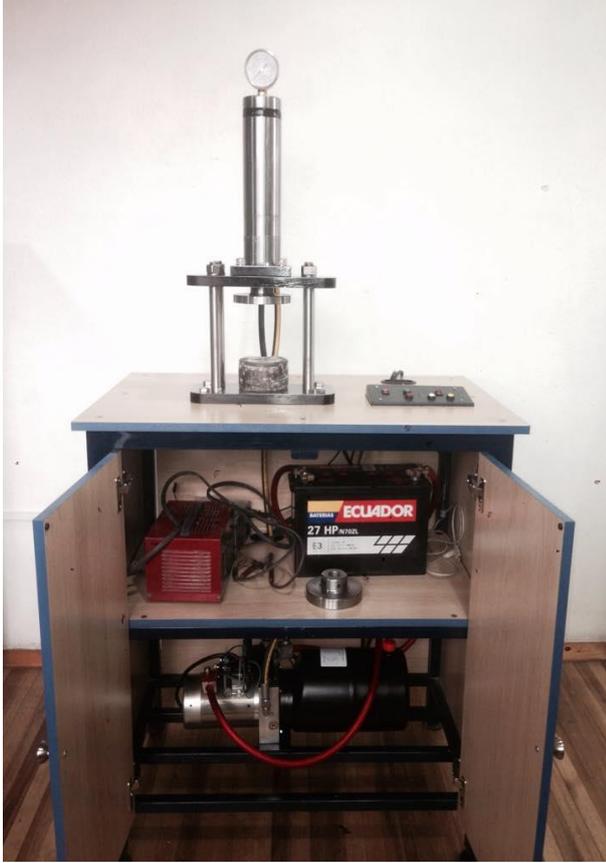
// DECLARAMOS VARIABLES
int Encendido=0;
int botonAuto=0;
int botonManu=0;
int botonArriba=0;
int botonAbajo=0;
int estado=0;

//iNICIALIZAMOS LOS PINES DE ENTRADA Y SALIDA
pinMode(13, OUTPUT); //SALIDA Electro valvula baja
pinMode(12, OUTPUT); //SALIDA Electrovalvula sube
pinMode(8, OUTPUT); //SALIDA ENCENDIDO bocina aviso acaba ciclo
pinMode(9, OUTPUT);
pinMode(10, OUTPUT);
pinMode(11, OUTPUT);
pinMode(7, INPUT); //BOTON PARA ENCENDIDO GRUPO HIDRAULICO
pinMode(3, INPUT); //BOTON PARA CONTROLAR MANUALMENTE
pinMode(4, INPUT); //BOTON PARA QUE EL PISTON SUBA
pinMode(5, INPUT); //BOTON PARA QUE EL PISTON BAJE

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {Encendido=digitalRead(7); if(Encendido==HIGH)
  botonAuto=digitalRead(2);
  botonManu=digitalRead(3);
  botonArriba=digitalRead(4);
  botonAbajo=digitalRead(5);

if(estado==1 && botonAuto==HIGH && botonManu==LOW)
  digitalWrite(13, HIGH);
  delay(5000); //TIEMPO DE ACIVACION PRIMERA BAJADA
  digitalWrite(9, HIGH);
  digitalWrite(13, LOW);
  delay(3000); //TIEMPO DE ESPERA
  digitalWrite(13, HIGH);
  delay(2000); //TIEMPO DE ACIVACION SEGUNDA BAJADA
  digitalWrite(10, HIGH);
  digitalWrite(13, LOW);
  delay(3000); //TIEMPO DE ESPERA
  digitalWrite(9, LOW); //APAGO LED
  digitalWrite(10, LOW); //APAGO LED
  digitalWrite(11, LOW); //APAGO LED
  digitalWrite(12, HIGH);
  delay(18000); //TIEMPO DE ACIVACION SUBIDA PISTON
  digitalWrite(12, LOW);
  digitalWrite(8, HIGH);
  delay(2000);
  digitalWrite(8, LOW);
if(estado2==1 && botonArriba==HIGH && botonAbajo==LOW) {
  digitalWrite(13, HIGH); }
  else { digitalWrite(13, LOW); }
if(estado2==1 && botonAbajo==HIGH && botonArriba==LOW) {
  digitalWrite(12, HIGH); }
  else { digitalWrite(12, LOW); }
end If
end
```

4.3. Ficha técnica

	<i>PRESA HIDRÁULICA AUTOMÁTICA PARA PRÓTESIS DENTALES</i>		TRABAJO FIN DE CARRERA
			INGENIERÍA MECÁNICA
Realizado: Jiménez Alfonso Fernando Serrano	Revisado: Ing. John Calle, MSc.	Fecha: 19 de Abril de 2016	Prototipo Final
Especificaciones Técnicas		Equipo	
<ul style="list-style-type: none"> - Equipo hidráulico Tipo: Bomba hidráulica compacta Alimentación: 12V 2000W Presión trabajo: 2000 psi - Base superior Material: Plancha Negra Medidas: 300mm*150mm*20mm - Base inferior Material: Plancha Negra Medidas: 300mm*150mm*20mm - Columnas Material: Acero inoxidable Medidas: 07/8" (in) x 270mm - Control electrónico Alimentación: 12V 3 A Hardware: Arduino Uno Placa electrónica: 143mm*93mm - Alimentación y carga del Equipo Hidráulico Batería: ECUADOR 85Ah tipo E3 Cargador: Schumacher-SE-5212A 			
Instrucciones de uso		Instrucciones de carga de la batería	
<ul style="list-style-type: none"> - Verificar que los cables que conectan la centralita hidráulica con la batería estén correctamente instalados. - Mover la perilla S1 hacia la izquierda para encender el equipo. - Encender el sistema de control. 		<ul style="list-style-type: none"> - Verificar que la batería se encuentre con el límite establecido de nivel de electrolitos. - Verificar que el sistema electrónico este apagado. - Comprobar que los terminales del cargador estén correctamente conectados y en buen estado. - Girar la perilla S1 hacia la derecha para comenzar la carga. 	
Funcionamiento			
<p>La prensa consta de un control manual y automático para el prensado de muflas. El control automático está programado para realizar el proceso en tres etapas, y el control manual se cambia la variables de predeterminadas de acuerdo al usuario.</p>			

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para verificar el diseño del prototipo es necesario realizar la validación de las características finales de las prótesis dentales, para lo cual se analiza las dimensiones y propiedades de los componentes luego de efectuar el último proceso de prensado, dicho análisis se realiza de forma experimental mediante la obtención de probetas, de esta manera se comprueba que las variables de entrada, presión tiempo y volumen son las indicadas.

5.1. Recolección de datos

Los datos de diámetro y espesor se evalúan luego de desarrollar el último proceso de prensado (2000 psi), se obtiene la masa de las probetas con el fin de encontrar la densidad del material.



Figura 5.1 Medición de probetas.

Los datos obtenidos en las diferentes probetas se muestran en la Tabla 5.1

Tabla 5.1 Datos obtenidos de las probetas.

Probeta	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Volumen (mm ³)	Masa (gr)	Densidad (gr/mm ³)	Densidad (kg/m ³)
1	9.8	0.662	49.93442	0.0415	0.00083109	831.09006
2	9.81	0.562	42.47801	0.0334	0.00078629	786.28919
3	9.55	0.537	38.46546	0.0301	0.00078252	782.52021
4	9.56	0.575	41.27371	0.0308	0.00074624	746.23774
5	9.79	0.556	41.85333	0.0312	0.00074546	745.4604
6	9.74	0.643	47.90918	0.0404	0.00084326	843.26219
7	9.77	0.461	42.05735	0.0313	0.00074422	744.22188
8	9.67	0.686	50.38102	0.0443	0.00087930	879.29939
9	9.57	0.643	46.25138	0.0341	0.00073728	737.2753
10	9.94	0.516	40.04169	0.0303	0.00075671	756.71132
MEDIA		0.5941	MEDIA		0.00078524	785.23677

De los diferentes datos se obtienen los siguientes resultados

- Diámetro medio = 0.5941 mm
- Densidad media = 785.24 kg/m³

Estos datos serán comparados con los resultados de la simulación del proceso de prensado.

5.2. Características y especificaciones para la simulación

Para obtener resultados lo más cercanos a la realidad, es necesario introducir en el programa ciertas características del material y especificaciones del proceso.

Dichas características son las siguientes:

- a) Material utilizado
- b) Condiciones de presiones y tiempos

a) Material utilizado

Los datos necesarios para realizar la simulación son proporcionados por el fabricante del polímero (Lucitone L199). (Figura 5.2)

Property/Measure	Units	L199	E-10	E-20
Flexural strength	MPa	69.4 ^A (4.9)	65.8 ^B (2.8)	61.9 ^C (3.0)
Flexural modulus	MPa	2420 ^A (89)	2128 ^B (77)	1949 ^C (83)
Water sorption	μg/mm ³	20.3 ^A (1.9)	27.5 ^B (2.4)	32.8 ^C (3.7)
Water solubility	μg/mm ³	3.02 ^A (0.81)	3.55 ^A (1.00)	3.91 ^A (0.60)
Diffusion coefficient	cm ² /s	1.64 × 10 ^{-8A} (2.3 × 10 ⁻⁹)	1.33 × 10 ^{-8B} (1.7 × 10 ⁻⁹)	1.12 × 10 ^{-8C} (3.3 × 10 ⁻⁹)

Figura 5.2 Características del polímero Lucitone L199. [31]

b) Condiciones de presiones y tiempos

Las variables de presión y tiempo presentes en el proceso de prensado de prótesis constan de 3 etapas diferentes como se muestra en la Tabla 5.2

Tabla 5.2 Valores de presión y tiempo en el proceso de prensado.

Etapas	Presión (psi)	Tiempo (ms)
1	1000	15000
2	1600	15000
3	2000	15000

Puesto que las probetas se obtienen luego de efectuar el último proceso de prensado las condiciones necesarias para la simulación serán las siguientes:

Presión = 2000 psi

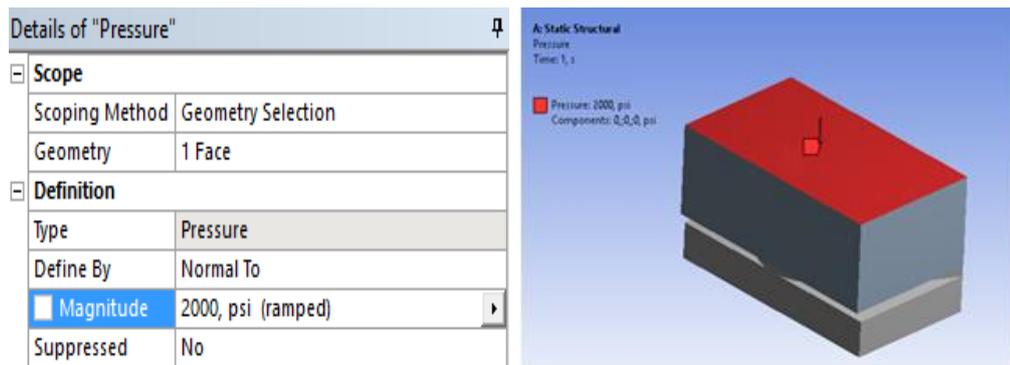
Tiempo = 15000 ms

5.3.Simulación

Con el fin de realizar la validación del prototipo y del proceso de prensado es necesario realizar una simulación con los datos del polímero y de las condiciones del proceso, la simulación se realiza en el software ANSYS puesto que dicho programa tiene una carpeta específica para este tipo de procesos.

5.3.1. Ingreso de datos

Para realizar la simulación es necesario ingresar los datos del polímero y las condiciones del proceso. En la figura 5.3 se observa el interface de ingreso de datos.

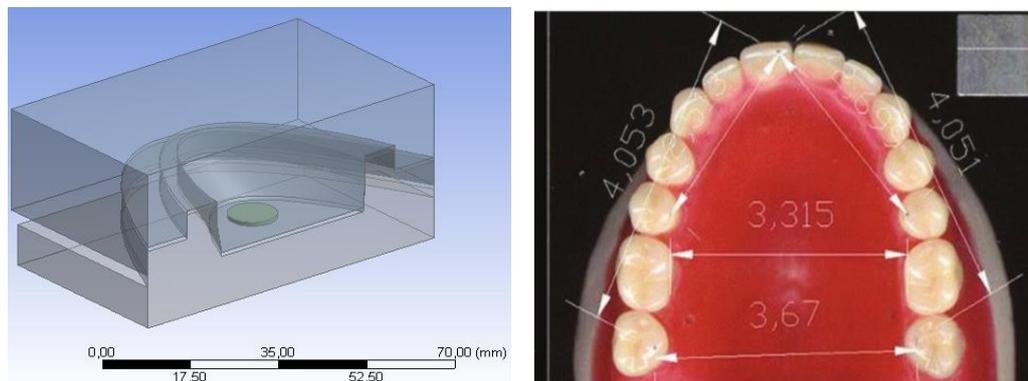


(a)

(b)

Figura 5.3 a) Ingreso de datos en el software b) Fuerza aplicada.

Se utiliza una mufla para prótesis completa, con el fin de obtener resultados lo más reales posibles, las dimensiones se presentan en la figura 5.4.



(a)

(b)

Figura 5.4 (a) Forma de la prótesis en 3D (b) Medidas de la prótesis. [32]

5.3.2. Resultados obtenidos en el software

Los resultados obtenidos en la simulación se pueden observar en la figura 5.5.

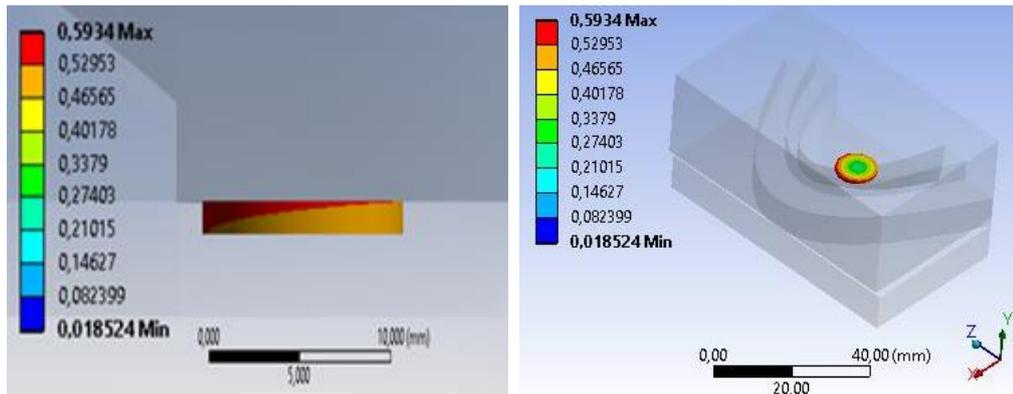


Figura 5.5 Espesor del polímero obtenido en la simulación.

Podemos observar que los resultados obtenidos en la simulación concuerdan con los datos tomados experimentalmente en las probetas.

5.4. Análisis de datos

Luego de realizar la simulación con todos los datos y parámetros del ciclo de prensado obtenemos los siguientes resultados tabla 5.3.

Tabla 5.3 Comparación de resultados obtenidos en el proceso de prensado.

	<i>Espesor (mm)</i>
Experimental	0.594
Computacional	0.613
Error	0.019

Mediante estos resultados es posible validar el prototipo y el proceso de prensado que se realiza, puesto que las dimensiones obtenidas están dentro del rango admisible de error.

Una vez validado el prototipo y la simulación del proceso, es posible variar los parámetros de entrada (presión, tiempo, volumen) para obtener diferentes resultados de espesor del polímero dependiendo de los requerimientos del usuario.

Este proceso evita la pérdida de tiempo y materia prima, ya que las variaciones se realizan únicamente en el software y una vez que se obtienen los resultados requeridos se realiza el proceso con esos parámetros.

5.4.1. Simulación y utilización de los datos obtenidos en el programa

La relación entre la variación de los parámetros de entrada y el espesor obtenido al final de proceso de prensado se muestra en la tabla 5.4.

Estos datos serán manejados por el usuario según sus necesidades, con el fin de evitar la pérdida de tiempo y de materiales.

Tabla 5.4 Resultados obtenidos en la simulación del proceso de prensado.

	<i>Parámetros de entrada</i>		<i>Resultado obtenido</i>
	Presión (psi)	Tiempo (ms)	Espesor (mm)
1	1400	15000	0.757
2	1600	15000	0.704
3	1800	15000	0.655
4	2000	15000	0.613
5	2200	15000	0.562
6	2400	15000	0.516
7	2600	15000	0.458
8	2800	15000	0.417

Para visualizar de una mejor manera la variación del espesor se presenta a continuación una gráfica Presión vs espesor.

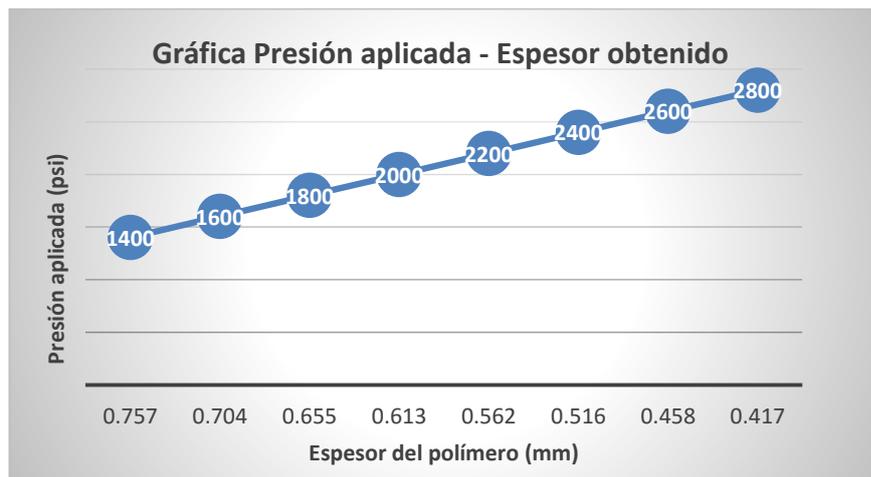


Figura 5.6 Resultados obtenidos con la simulación a diferentes presiones.

CONCLUSIONES

- De acuerdo a la entrevista realizada se determinó, que el proceso de prensado en el cantón Cuenca se realiza de forma manual mediante el cual no se puede garantizar uniformidad en la prótesis dental ya que estas solo dependen del operador o peor aún que la prótesis salga defectuosa debido a la mucha presión o por falta de la misma.
- Las variables de entrada que actúan sobre la prótesis (fuerza y tiempo) tomadas de manera experimental al momento del prensado, son las correctas ya que el equipo se diseñó respecto a sus variables y los resultados obtenidos son los correctos.
- El diseño construido se ajusta correctamente para el trabajo, verificando que todos los cálculos realizados en sus elementos son óptimos para el prensado de muflas.
- Los elementos del sistemas hidráulico seleccionados funcionan de acuerdo con las características planteadas, el dimensionamiento es el adecuado para las consideraciones y requerimientos establecidos.
- Las cargas establecidas gracias al programa realizado garantizan que la prótesis obtenga las dimensiones correctas al final de sus procesos.
- La prensa cumple con el propósito para la cual fue diseñada, es decir las variables de entrada (presión y tiempo) son las que realmente se necesitan para este ciclo, además se puede asegurar que las variables de salida (espesor y densidad) serán las técnicamente establecidas y se obtendrán de manera repetitiva sin tener en cuenta la experiencia del operador.

TRABAJOS FUTUROS

- Implementar un sensor de presión, para así independizar el tiempo de activación del pistón y la presión que ejerce en ese instante sobre la mufla.
- Desarrollar un método de carga automática, para evitar que la batería se encuentre sin carga.
- Elaborar un sistema de control que permita ingresar y guardar diferentes ciclos con valores de presión y tiempo diferentes para cada tipo de resina que se utilice.

RECOMENDACIONES

- Verificar que la batería este completamente cargada y que cumpla con los requerimientos de voltaje y amperaje antes de iniciar el ciclo de prensado.
- Realizar una inspección semanal del sistema hidráulico, para garantizar que no haya fugas de aceite hidráulico.
- Verificar que el sistema de control tenga la alimentación de corriente adecuada (110V C/A) y que esté conectado antes de iniciar el ciclo.
- Cumplir con las indicaciones de carga de la batería luego de realizar el proceso de prensado. (Anexo 12)

REFERENCIAS

- [1] “Doctores en el Área Azuay de Ecuador.” [Online]. Available: <http://www.ecuadordental.com.ec/busqueda/areas/6/Azuay/>. [Accessed: 03-Feb-2016].
- [2] I. N. de E. y Censos, “Directorio de Empresas,” *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. .
- [3] “Clínicas dentales en Cuenca Página 4 | PÁGINAS AMARILLAS.” [Online]. Available: <http://www.paginasamarillas.es/clinicas-dentales/all-ma/cuenca/all-is/all-ci/all-ba/all-pu/all-nc/4>. [Accessed: 03-Feb-2016].
- [4] “MANUAL PARA LA ENCUESTA DE INDICADORES MÚLTIPLES POR CONGLOMERADOS,” *MICS.UNICEF.ORG*. [Online]. Available: <http://mics.unicef.org/files?job=W1siZiIsIjIwMTUvMDQvMDIvMDgvMjYvMzUvMTc3L01JQ1MzX0NhcnG10dWxvNF9EaXNlbnFyX3lfc2VsZW9uYXJfbGFFbXVlc3RyYV9qdW4wNi5wZGYiXV0&sha=2fa5bfd8994aa39d>. [Accessed: 03-Feb-2016].
- [5] R. Jade, “PROTESIS TOTAL IMPLANTOMUCOSOPORTADA,” UNIVERSIDAD VERACRUZANA, Veracruz, 2012.
- [6] VITA MAM, “GUIA PARA PROTESIS DENTALES,” *PROTESIS DENTAL SEVILLA*. [Online]. Available: <http://www.protesisdentalsevilla.com/pdf/guiaprotesiscompletavita.pdf>. [Accessed: 03-Feb-2016].
- [7] “PROTESIS DENTAL.” [Online]. Available: http://www.mecd.gob.es/educa/incual/pdf/BDC/SAN628_3.pdf. [Accessed: 03-Feb-2016].
- [8] E. F. B. (Jr.), *Prótesis fija e implantes: práctica clínica*. Santos, 1996.
- [9] *Acta académica*. Universidad Autónoma de Centro América, 1998.
- [10] R. Manuel, “PLAN DE TRATAMIENTO.” .
- [11] O. L. Giraldo, “Cómo evitar fracasos en prótesis dental parcial removable,” *Rev. Fac. Odontol. Univ. Antioquia*, vol. 19, no. 2, pp. 80–88, Jun. 2008.
- [12] “ELABORACIÓN DE PROTESIS PARCIAL REMOVIBLE,” *UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA*. [Online]. Available: http://www.odontologia.unal.edu.co/docs/habilitacion/prot_protosis_parcial_removible.pdf. [Accessed: 03-Feb-2016].
- [13] “RESINAS ACRILICAS (TEORIA),” *Scribd*. [Online]. Available: <https://www.scribd.com/doc/105887618/RESINAS-ACRILICAS-TEORIA#scribd>. [Accessed: 03-Feb-2016].
- [14] Alisson, “Estomatología Especializada: RESINAS ACRÍLICAS,” *Estomatología Especializada*, 13-May-2013. .
- [15] “RESINAS ACRÍLICAS AUTOPOLIMERIZABLES OCRYL ® FTRA32 - 004.” [Online]. Available: <http://www.imfohsa.com/sitio/images/pdf/Nsocryl.pdf>. [Accessed: 03-Feb-2016].
- [16] “SR TRIPLEX HOT STANDARD KIT PINK | Proclinic.” [Online]. Available: <https://www.proclinic.es/sr-triplex-hot-standard-kit-pink-v.html>. [Accessed: 03-Feb-2016].
- [17] Dentsply, “Lucitone 199. Resina para bases de dentaduras.” [Online]. Available: https://www.dentsply.com/content/dam/dentsply/web/en_US/USA-Prosthetics/Removable%20Denture%20Base/DFU/588001-rev-i-lr-kko7t1a-en-1501.pdf. [Accessed: 03-Feb-2016].

- [18] “Prensa dental manual - Tecnodent S.A.” [Online]. Available: <http://www.medicalexpo.es/prod/tecnodent-sa/product-74268-645946.html>. [Accessed: 03-Feb-2016].
- [19] “Prensa para laboratorios dentales hidráulica - R-030350 - MESTRA Talleres Mestraitua, S.L.” [Online]. Available: <http://www.medicalexpo.es/prod/mestra-talleres-mestraitua-sl/product-73248-487010.html>. [Accessed: 03-Feb-2016].
- [20] “Prensa para laboratorios dentales con polimerizador / hidráulica - AX-PT1 - Aixin Medical Equipment Co.,Ltd.” [Online]. Available: <http://www.medicalexpo.es/prod/aixin-medical-equipment-co-ltd/product-71264-582445.html>. [Accessed: 03-Feb-2016].
- [21] R. Budynas and K. Nisbett, *Shigley’s Mechanical Engineering Design*. McGraw-Hill Education, 2014.
- [22] “Pascal’s Principle and Hydraulics,” *NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION*. [Online]. Available: https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/WindTunnel/Activities/Pascals_principle.html. [Accessed: 22-Jan-2016].
- [23] “DC/AC POWER UNITS SERIE PARA VOLQUETES OMFB - Hydraulic Components.” [Online]. Available: http://www.omfb.it/web_spa/catalogo/scheda_prod_leg.asp?id=14794705206&f=267&l=416&r=26&lingua=SPA. [Accessed: 27-Jan-2016].
- [24] “Covalca Group,” *COLVALCA FLUID CONNECTORS*. [Online]. Available: [http://www.covalcagroup.com/es/categoria.php?seccion=4&nombre=Mangueras %20Hidr%C3%A1ulicas&marca=3&codigo=5&vista=](http://www.covalcagroup.com/es/categoria.php?seccion=4&nombre=Mangueras%20Hidr%C3%A1ulicas&marca=3&codigo=5&vista=). [Accessed: 22-Jan-2016].
- [25] Beer and J. & Dewolf, *Mechanics Of Materials (In Si Units)*. Tata McGraw-Hill Education, 2004.
- [26] Beer and J. & Dewolf, *Mechanics Of Materials (In Si Units)*. Tata McGraw-Hill Education, 2004.
- [27] “ELEMENTOS DE UNION ROSCADA.” [Online]. Available: <http://www2.ula.ve/dsiportal/dmdocuments/elementos/TORNILLOS.pdf>. [Accessed: 28-Jan-2016].
- [28] “Baterías Ecuador.” [Online]. Available: <http://www.bateriasecuador.com/>. [Accessed: 26-Jan-2016].
- [29] “Battery Chargers Automotive SE-5212A,” *Schumacher Electric*. [Online]. Available: <http://www.batterychargers.com/se-5212a/>. [Accessed: 22-Jan-2016].
- [30] “Arduino - ArduinoBoardUno,” *ARDUINO*. [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>. [Accessed: 22-Jan-2016].
- [31] “Physical Properties of Denture Base Resins Potentially Resistant to Candida Adhesion.” [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2267395/>. [Accessed: 11-Apr-2016].
- [32] H. Gennari Filho, M. Coelho Goiato, L. Mara Negrão Alves, C. Ramos Silva, and R. Mary Falcón Antenucci, “Evaluación del efecto de prensado en prótesis totales maxilares sobre la movilidad de los dientes artificiales, en función del tipo de inclusión,” *Av. En Odontoestomatol.*, vol. 24, no. 5, pp. 323–332, Oct. 2008.

Anexo 1

Formato de entrevista

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA “SALESIANA”

INGENIERÍA MECÁNICA

Reciba un cordial saludo de los estudiantes de la carrera de “Ingeniería Mecánica de la UPS”, la siguiente es una investigación de campo referente a las técnicas y maquinas utilizadas para la elaboración de prótesis dentales, le pedimos de la manera más cordial nos ayude con unas preguntas referentes a este tema:

1. ¿Cuál es el procedimiento con el cual realiza el prensado de prótesis dentales?

2. ¿Cuáles son las variables principales que intervienen en este proceso?

3. ¿Cuáles son los valores teóricos y cuáles son los valores de dichas variables que usted aplica?

4. ¿De qué manera controla estas variables cuando realiza el prensado?

5. ¿En las propiedades finales del producto, de qué manera puede afectar la variación de los valores de las variables principales?

6. ¿Cuáles son los tipos de resina que se aplican para la elaboración de prótesis, y cuál es la más utilizada por los Técnicos en nuestro medio?

Anexo 2

Formato de encuesta

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA

“SALESIANA”

INGENIERÍA MECÁNICA

Reciba un cordial saludo de los estudiantes de la carrera de “Ingeniería Mecánica de la UPS”, la siguiente es una investigación de campo referente a las técnicas y maquinas utilizadas para la elaboración de prótesis dentales, le pedimos de la manera más cordial nos ayude con unas preguntas referentes a este tema:

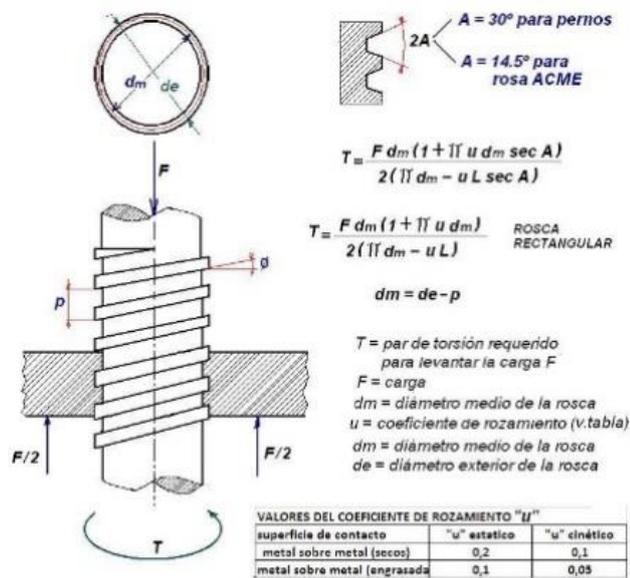
1. ¿Qué tipo de proceso realiza para el prensado de las prótesis dentales?
 Manual (Artesanal) Automático
2. ¿Qué tipo de prensa utiliza?
 Manual Hidráulica
3. ¿Cuenta con algún control de presiones y tiempos de aplicación?
 Sí No
4. ¿Obtiene resultados repetitivos y de acuerdo con especificaciones establecidas?
 Sí No
5. ¿Este proceso lo puede realizar cualquier persona o empleado?
 Sí No
6. ¿Conoce alguna máquina que ayude en este proceso?
 Sí No
7. ¿Consideraría usted necesaria la implementación de un sistema automatizado para realizar este proceso, mediante una prensa hidráulica con sistema de control?
 Sí No

Anexo 3

Coefficiente de fricción de diferentes materiales

Superficies en contacto	μ_k
Acero sobre acero	0.18
Acero sobre hielo (patines)	0.02-0.03
Acero sobre hierro	0.19
Hielo sobre hielo	0.028
Patines de madera sobre hielo y nieve	0.035
Goma (neumático) sobre terreno firme	0.4-0.6
Correa de cuero (seca) sobre metal	0.56
Bronce sobre bronce	0.2
Bronce sobre acero	0.18
Roble sobre roble en la dirección de la fibra	0.48

N. I. Koshkin and M. G. Shirkevich, *Handbook of Elementary Physics*. Mir Publishers, 1977.



TORNILLO DE POTENCIA EMPLEADO PARA ELEVAR UN PESO

Anexo 4

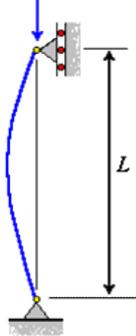
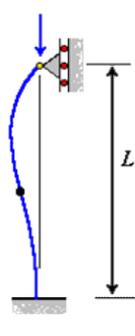
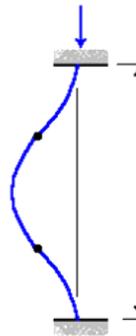
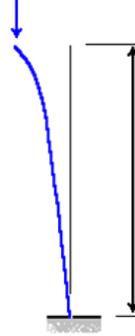
Propiedades geométricas de áreas planas

FIGURA	AREA	CENTROIDE 	MINERCI I	MODULO SECCÓN $S = \frac{I}{c}$
	$A = \frac{bh}{2}$	$Y = \frac{h}{3}$	$I_c = \frac{bh^3}{36}$	$S = \frac{I}{y}$
	$A = a^2$	$Y = \frac{a}{2}$	$I_c = \frac{a^4}{12}$	$S = \frac{a^3}{6}$
	$A = bh$	$G = \frac{h}{2}$	$I_c = \frac{bh^3}{12}$	$S = \frac{bh^2}{6}$
	$A = \pi r^2$	$Y = r$	$I_c = \pi \frac{D^4}{64}$	

<http://es.slideshare.net/AORTIZH0100/manualbasicosepsa2009-r1>

Anexo 5

Coefficiente de K según el tipo de sujeción

Columna articulada-articulada	Columna empotrada-articulada	Columna empotrada-empotrada	Columna empotrada-libre
			
$L_e = L$	$L_e = 0.699L$	$L_e = 0.5L$	$L_e = 2L$
$K = 1$	$K = 0.699$	$K = 0.5$	$K = 2$

Anexo 6

Factores de seguridad para diferentes estructuras y materiales

TIPO O CLASE DE CARGA	ACERO, METALES DÚCTILES		HIERRO FUNDIDO, METALES FRÁGILES	MADERA DE CONSTRUCCIÓN
	Basado en la resistencia máxima*	Basado en la resistencia de fluencia**	Basado en la resistencia máxima*	
Carga muerta o Carga variable bajo análisis por fatiga	3 – 4	1.5 - 2	5 – 6	7

Las siguientes recomendaciones **NO** se deben adoptar si se hace análisis por fatiga

Repetida en una dirección, gradual (choque suave)	6	3	7 – 8	10
Repetida invertida, gradual (choque medio)	8	4	10 – 12	15
Choque fuerte	10 – 15	5 – 7	15 – 20	20

* Resistencia máxima se refiere a S_u , S_{yc} o S_{yt} (dependiendo de si el esfuerzo es de tracción, de compresión o cortante)

** Resistencia de fluencia se refiere a S_y , S_{yc} o S_{yt} (dependiendo de si el esfuerzo es de tracción, de compresión o cortante)

V. M. Faires and R. M. Wingren, *Problemas de diseño de elementos de máquinas*. Montaner y Simón, 1971.

Anexo 7

Propiedades de los pistones disponibles

Ø pistón D	[mm]	25	32	40	50	63	80
Ø vástago d	[mm]	16	20	25	32	40	50
Fuerza nominal a 200 bar	Compresión [kN] Tracción [kN]	9,8 5,7	16 9,8	25 15,3	39,2 23,1	62,3 37,2	100,5 61,2
Superficie pistón	[cm ²]	4,9	8,04	12,56	19,63	31,17	50,26
Superficie anular	[cm ²]	2,89	4,9	7,65	11,59	18,6	30,6
L = Carrera +	[mm]	88	100	119	130	150	180
Ø a f7	[mm]	32	40	50	60	70	85
Ø b	[mm]	48	55	65	80	95	115
Ø c	[mm]	35	42	50	60	75	95
e		G 1/4	G 1/4	G 1/4	G 1/2	G 1/2	G 1/2
f	[mm]	20	22	30	34	40	43
g	[mm]	M 12 x 1,25	M 14 x 1,5	M 16 x 1,5	M 20 x 1,5	M 27 x 2	M 33 x 2
h	[mm]	16	18	22	28	36	45
i	[mm]	15	20	20	24	29	37
k	[mm]	28	32	32	38	45	54
m	[mm]	48	55	65	80	95	115
Ø n	[mm]	45	58	68	82	95	115
Ø o	[mm]	61	73	86	104	119	144
p x profundidad rosca	[mm]	M 6 x 12	M 8 x 15	M 8 x 15	M 10 x 20	M 12 x 20	M 16 x 28
Ø r	[mm]	90	110	125	150	170	200
s	[mm]	12	16	16	20	25	32
Ø u	[mm]	75	92	106	126	145	165
Ø v	[mm]	7	9	9	11	14	18
w máx.	[mm]	9	11	15	18	21	24
Ø x mín.	[mm]	62	74	87	105	120	145
y	[mm]	55	61	75	81	93	103
z	[mm]	39	44	46	49	54	60
SW	[mm]	13	17	22	27	36	46
Referencia, cilindro		1283-0X5	1284-0X5	1285-0X5	1286-0X5	1287-0X5	1288-0X5

B1.2811 Cilindros hidráulicos sin amortiguación final ejecución corta presión máx. de servicio 200 bar - Selección de productos - ROEMHELD Catálogo online.” [Online]. Available: <http://www.roemheld.de/ES/roemheld.aspx?cmd=IMAGES&csid=23&sm=Kolbendurchm=63;MinHub=200>. [Accessed: 27-Jan-2016].

Anexo 8

Propiedades de las mangueras

Modelos													
Código	Diámetro Interno			Diámetro Externo		Presión Máx. Trab.		Presión Min. Ruptura		Peso		Rollo	
	size	in	dn	mm	in	bar	psi	bar	psi	Kg/m	lb/ft	mts	fts
H0102-04	04	1/4	6	14.9	0.587	394	5710	1576	22840	0.36	0.24	100	328.08
H0102-06	06	3/8	10	19.0	0.748	325	4710	1300	18840	0.54	0.36	100	328.08
H0102-08	08	1/2	12	22.2	0.874	271	3930	1084	15720	0.68	0.46	100	328.08
H0102-10	10	5/8	16	25.4	0.999	246	3570	984	14280	0.80	0.54	50	164.04
H0102-12	12	3/4	19	29.3	1.154	212	3070	848	12280	0.94	0.63	50	164.04
H0102-16	16	1	25	38.0	1.497	162	2355	648	9420	1.35	0.91	50	164.04
H0102-20	20	1-1/4	31	47.8	1.881	123	1785	492	7140	2.15	1.44	40	131.23
H0102-24	24	1-1/2	38	54.3	2.138	88	1285	352	5140	2.65	1.79	40	131.23
H0102-32	32	2	51	67.3	2.650	78	1140	312	4560	3.42	2.30	40	131.23

Anexo 9

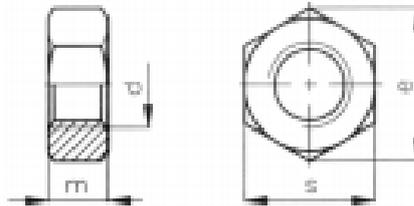
Diámetro y áreas de roscas unificada MC y MF

DIAMETRO NOMINAL d (mm)	SERIE DE PASO BASTO (MC)			SERIE DE PASO FINO (MF)			ALTURA DE LA TUERCA H (mm)
	PASO P (mm)	AREA DE ESFUERZO DE TRACCION A_T (mm ²)	AREA DE RAIZ A_T (mm ²)	PASO P (mm)	AREA DE ESFUERZO DE TRACCION A_T (mm ²)	AREA DE RAIZ A_T (mm ²)	
4	0.70	8.78	7.75				3.0
5	0.80	14.2	12.7				4.0
6	1.00	20.1	17.9				5.0
8	1.25	36.6	32.8	1.00	39.2	36.0	6.5
10	1.50	58.8	52.3	1.25	61.2	56.3	8.0
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0	10.0
14	2.00	115.0	104.0	1.50	125.0	116.0	11.0
16	2.00	157.0	144.0	1.50	167.0	157.0	13.0
20	2.50	245.0	225.0	1.50	272.0	259.0	16.0
24	3.00	353.0	324.0	2.00	384.0	365.0	19.0

Anexo 10

Propiedades de las tuercas hexagonales bajas según norma DIN 13

TUERCA HEXAGONAL BAJA



M	s	e	m
M-1,6	3,2	3,48	1
M-2	4	4,32	1,2
M-2,5	5	5,45	1,6
M-3	5,5	6,01	1,8
M-4	7	7,66	2,2
M-5	8	8,79	2,7
M-6	10	11,05	3,2
M-8	13	14,38	4
M-10	17	18,9	5
M-12	19	21,1	6
M-14	22	24,49	7
M-16	24	26,75	8
M-18	27	29,56	9
M-20	30	32,95	10
M-22	32	35,03	11
M-24	36	39,55	12
M-27	41	45,2	13,5
M-30	48	50,85	15
M-33	50	55,37	16,5
M-36	55	60,79	18
M-39	60	66,44	19,5
M-42	65	71,3	21
M-45	70	76,95	22,5
M-48	75	82,6	24

Anexo 11

Catálogo de baterías tipo E3 para vehículos livianos

E3: Mayor Durabilidad al Mejor Precio														
Caja	Modelo	Código	Capacidad	Equivalencia en Placas	Pol	Precios Lista (USD)		Potencia de Arranque			Capacidad de reserva (min)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
						Sin IVA	Total	27°C	0°C	-18°C				
NS 40	Standar	NS40ZL NS40Z	40	9	D/F I/F	70,54	79,00	460	390	330	60	193	124	224
	Full Equipo	NS40ZL NS40ZZ	42	10	D/F I/F	78,57	88,00	520	440	370	71			
	High Power	NS40 HP NS40 HPI	47	11	D/F I/F	86,61	97,00	570	480	400	77			
N40	Full Equipo	NS60L NS60 NS60BF	43	11	D I I/F	88,39	99,00	520	440	370	80	238	135	223
	High Power	N40 HP N40 HPI	57	13	D I	97,32	109,00	620	520	440	100			
	Standar	54533 54533R	40	10	D I	79,46	89,00	500	420	350	72			
42	Full Equipo	55530 55530R	45	11	D I	88,39	99,00	520	440	370	80	233	174	172
	High Power	55560 55560R	55	13	D I	97,32	109,00	660	550	460	100			
	Mega Power	42 MP 42 MPI	62	14	D I	103,57	116,00	800	670	560	111			
55	Full Equipo	55 FE 55 FEI	58	13	D I	95,54	107,00	760	640	540	100	240	175	188
	High Power	55 HP 55 HPI	63	14	D I	101,79	114,00	790	660	550	111			
65	High Power	N65L N65	62	12	D I	114,29	128,00	810	680	570	125	230	175	215
	Full Equipo	56618 56618R	60	15	D I	107,14	120,00	930	780	650	121			
66	High Power	66 HP	70	17	D	121,43	136,00	940	790	660	133	278	175	175
	Standar	NS0L NS0	52	9	D I	88,39	99,00	540	450	380	98			
24	Full Equipo	NS0ZL NS0Z	54	11	D I	103,57	116,00	620	520	440	117	255	170	224
	High Power	NS70L NS70	64	13	D I	117,86	132,00	790	660	550	127			
	Mega Power	NS78L NS78	83	15	D I	136,61	153,00	930	780	650	161			
	Full Equipo	NS70BL NS70B	61	13	D I	111,61	125,00	750	630	530	122			
34	High Power	NS78BL NS78B	70	15	D I	123,21	138,00	810	680	570	144	255	170	200
	Mega Power	34 MP 34 MPI	78	17	D I	135,71	152,00	1040	870	730	155			
27	Full Equipo	N70L N70	74	13	D I	128,57	144,00	860	720	600	166	300	168	224
	High Power	N70ZL N70Z	88	15	D I	144,64	162,00	930	780	650	172			
30H	Full Equipo	30H90L 30H90	82	15	D I	141,96	159,00	900	750	630	182	338	162	214
	Heavy Duty	30H102L 30H102	98	17	D I	157,14	176,00	1030	860	720	183			
	Super Heavy Duty	30H SHD 30H SHDI	112	19	D I	177,68	199,00	1080	900	750	213			

I= Tipo Americano F= Borne Fino P= Borne Perno B= Caja Baja

ANEXO 12

Instrucciones de carga de la batería

La carga de la batería debe ser diaria para así mantener un óptimo funcionamiento de la batería, las cuales se van a seguir la siguientes instrucciones.

- Verificar que los bornes del cargador de batería estén bien conectados y libres de cualquier contacto con otros equipos.
- Verificar que el cargador de batería se encuentre seleccionado en 2Ah.
- Mover el switch a la parte derecha para poner en carga a la batería.

# MUFLAS	AMPERIOS CONSUMIDOS	TIEMPO DE CARGA RECOMENDADO A 2Ah
2	13.33Ah	5 horas
3	20Ah	8 horas
4	24Ah	10 horas
6	32Ah	14 horas

Estos son los tiempos estimados de carga que se debe realizar dependiendo del número de muflas a pensar. Con esto se garantiza que el equipo siempre va a estar funcionando de la mejor manera.

Instrucciones nivel liquido batería

1. Se debe verificar el nivel del líquido de batería cada dos meses para así evitar danos permanentes en la batería.
2. Para evitar corto circuitos se debe desconectar el equipo del tomacorriente.
3. Verificar que ninguna luz de cargador este encendido.
4. Quitar los bornes de cargador y la bomba hidráulica.
5. Llevar la batería a un lugar limpio y limpiar del polvo su parte superior.
6. Destapar los ingresos de líquido de batería.
7. Verificar que nivel de líquido tiene cada una de sus orificios.
8. Llenar hasta donde indica el nivel del líquido, nunca llenar hasta su tope.
9. Tapar, secar en caso derramamiento del líquido.
10. Volver a instalar la batería, primero conectar bornes de la bomba y luego colocar los bornes del cargador siempre verificar que su polaridad. (CABLE NEGRO NEUTRO, CABLE ROJO FASE)

Precauciones

- Nunca por ningún motivo dejar cargando la batería en las noches, siempre se debe hacer en horarios de trabajo.
- En casos de descarga total de la batería dejar cargar por un jornada completa de trabajo 8horas.
- Por ningún motivo tocar los bornes la batería cuando se está en uso o cargando.

Anexo 13

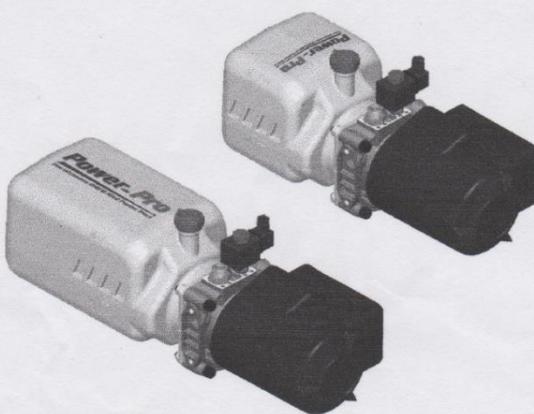
Ficha técnica mini centralita OMFB Power Pro

MINICENTRALINA RE
MINI POWER PACK RE

CODICE **147-816**
CODE **147-821**

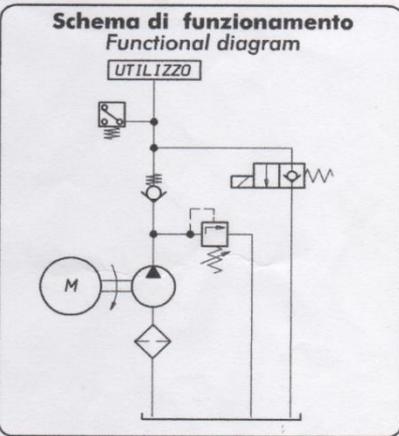


Centralina oleoidraulica per azionamento di cassoni ribaltabili. Serbatoio in plastica con tappo sfiato. Flangiabile direttamente con 2 viti M10 sul supporto centrale di alluminio o mediante piastra OPTIONAL 149-173-00150.
Oleo-hydraulic power pack to operate tip trucks. Plastic tank with breather cap. Flange can be directly fixed on the central aluminium support either with 2 screws M10 or by using the OPTIONAL plate 149-173-00150.



Schema di funzionamento
Functional diagram

UTILIZZO



CODICE CODE	SERBATOIO TANK	CILINDRATA DISPLACEMENT	MOTORE MOTOR
	lt	cm ³ /rev.	
147-816-05106	5	1	12 V 2000 W
147-816-05204		2	
147-816-05311		3,1	
147-816-05473		4,7	
147-816-09102	9	1	
147-816-09200		2	
147-816-09317		3,1	
147-816-09479		4,7	
147-821-05109	5	1	24 V 3000 W
147-821-05207		2	
147-821-05314		3,1	
147-821-05476		4,7	
147-821-09105	9	1	
147-821-09203		2	
147-821-09310		3,1	
147-821-09472		4,7	



pag.1

O.M.F.B. S.p.A. Hydraulic Components
We reserve the right to make any changes without notice.
Edition 2008.06 No reproduction, however partial, is permitted.
Via Cave, 719 25050 Pirovaglia d'Isèo (Brescia) Italy Tel.: +39.030.9630611
Fax: +39.030.9639207 Internet:www.omfb.it e-mail:info@omfb.it

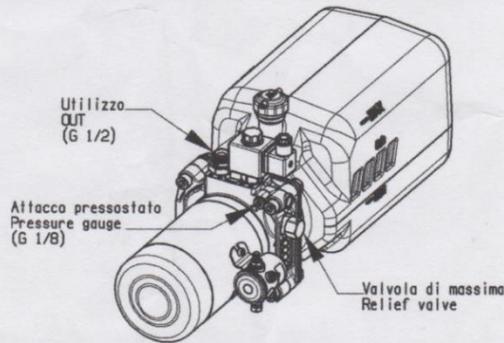
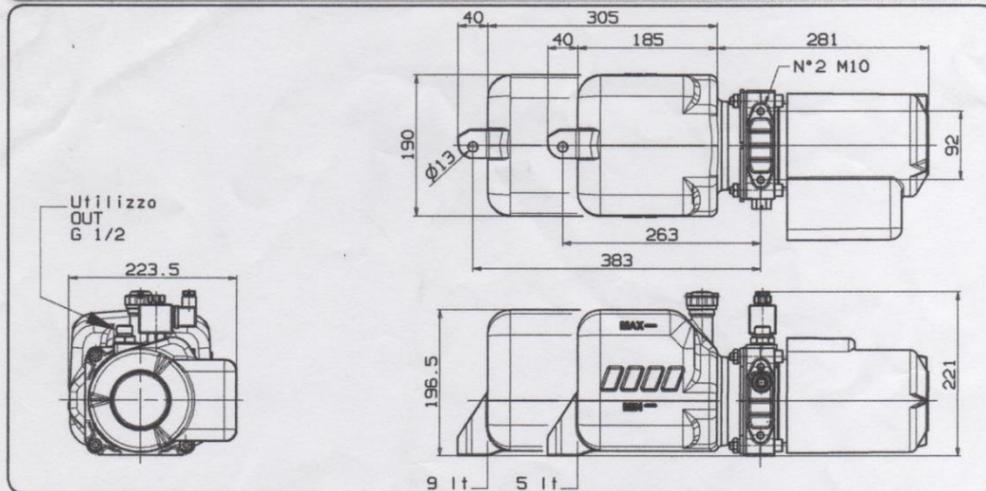
**COMPANY WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
=ISO 9001/2000=**

Codice foglio: 997-147-81610 Rev://

Rev://

Codice fascicolo:

Data: Giovedì 12 giugno 2008



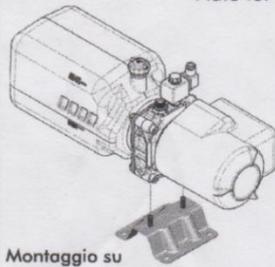
Codice foglio: 997-147-81610 Rev: //

Rev: //

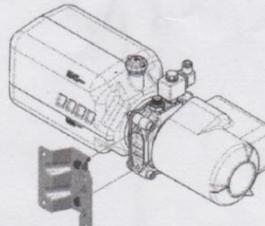
Codice fascicolo:

OPTIONAL

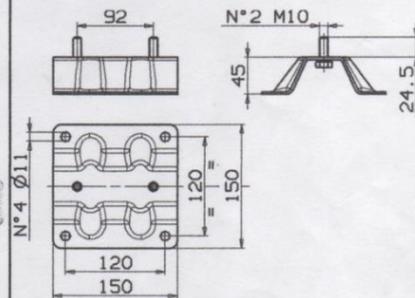
149-173-00150: Piastra per il fissaggio esterno.
Plate for outside fixing



Montaggio su piano orizzontale
Mounting on horizontal plate



Montaggio su piano verticale
Mounting on vertical plate



Data: Giovedì 12 giugno 2008

COMPANY
WITH QUALITY SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
=ISO 9001/2000=

pag.2

O.M.F.B. S.p.A. Hydraulic Components
We reserve the right to make any changes without notice.
Edition 2008.06 No reproduction, however partial, is permitted.
Via Cave, 7/9 25050 Provaglio d'Iseo (Brescia) Italy Tel.: +39.030.9830611
Fax: +39.030.9839207-208 Internet:www.omfb.it e-mail:info@omfb.it

