



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

**“DOSIFICADOR AUTOMÁTICO DE MICROPLACAS  
PARA BIOTECNOLOGÍA”:**

**UNA EXPERIENCIA DE INNOVACIÓN Y DISEÑO  
INTERNACIONAL ENTRE LA UNAM (MÉX.) Y LA  
UNIVERSIDAD DE LOUGHBOROUGH (ENG.)**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERA MECÁNICA ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A :**

**ANABEL AVILÉS LEDESMA**

**ASESOR: DR. VÍCTOR JAVIER GONZÁLEZ VILLELA**

**CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉX.**

**2010**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

ATN: L. A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis :

"Dosificador Automático de Microplacas para Biotecnología":

Una experiencia de Innovación y Diseño Internacional entre la UNAM (Méx.)

y la Universidad de Loughborough (Eng.)

que presenta la pasante: Anabel Avilés Ledesma

con número de cuenta: 40506576-3 para obtener el título de :  
Ingeniera Mecánica Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 25 de Enero de 2017.

PRESIDENTE	M.I. José Juan Contreras Espinosa	
VOCAL	Dr. Víctor Javier González Villela	
SECRETARIO	Dr. Víctor Hugo Hernández Gómez	
PRIMER SUPLENTE	Ing. Antonio Serrano Aponte	
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. Ernesto Alfonso Ramírez Orozco	

## DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

*Este trabajo está dedicado especialmente a mis padres, Rafael Avilés y Beatriz Ledesma, quienes supieron guiarme para lograr uno de mis objetivos más grandes y que hoy se ha hecho realidad, esperando que sea este el primero de muchos triunfos más. Por su apoyo, cariño y consejo pero sobre todo porque siempre han creído que “lo puedo lograr” a pesar de cualquier adversidad dándome ánimo y fortaleza. Por el esfuerzo que han hecho para lograr que sea lo que soy. Por forjar en mí la sed de querer siempre alcanzar algo más y por enseñarme a nunca derrotarme. De corazón muchas gracias, los quiero muchísimo.*

*También está dedicado a Joselito y a Bety, mis hermanos, quienes me han brindado su infinito cariño y paciencia y de quienes espero logren cosas más grandes.*

*A mis abuelitos por ser un ejemplo de amor y esfuerzo incansable, porque aunque ya no estén con nosotros, viven en mi corazón.*

*Doy gracias a Dios por todas sus bendiciones e infinito amor.*

*Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la oportunidad de estudiar en sus aulas y formarme no solo como profesionista sino también como persona.*



*Agradezco al Dr. Víctor Javier González Villela no solo por el gran apoyo que me ha brindado sino también por su buena amistad y consejo.*

*A todos mis amigos les doy las gracias por su apoyo incondicional en las buenas y en las malas y por hacer que cada uno de los momentos que vivimos juntos sea inolvidable, pues al encontrar a cada uno de ustedes encontré un gran tesoro. Gracias por enseñarme a ser mejor persona, los quiero mucho.*

# ÍNDICE

<i>RESUMEN</i>	6
<i>INTRODUCCIÓN</i>	7
<i>OBJETIVOS</i>	9
<i>METODOLOGÍA DEL TRABAJO</i>	10

## CAPÍTULO 1

### LA EXPERIENCIA EN UN PROYECTO DE DISEÑO INTERNACIONAL

<b>1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO “08MMC504 INTERNATIONAL ENGINEERING DESIGN”</b>	<b>11</b>
<b>1.2 GESTIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>12</b>
<b>1.2.2 Definir las tareas .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.4 Comunicación .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.5 Seguimiento y reporte de avance del proyecto .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.6 Gestión del cambio .....</b>	<b>15</b>

## CAPÍTULO 2

### IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL CLIENTE

<b>2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>17</b>
<b>2.2 ANTECEDENTES</b>	<b>18</b>
<b>2.3 NECESIDADES DEL CLIENTE</b>	<b>19</b>
<b>2.3.1 Recolección de datos .....</b>	<b>19</b>
<b>ENTREVISTA.....</b>	<b>20</b>



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **CAPÍTULO 3**

### **ESPECIFICACIÓN CONCEPTUAL DEL PRODUCTO**

<b>3.1 ASIGNACIÓN DE MÉTRICAS Y VALORES</b>	<b>22</b>
<b>3.1.2 LISTA DE MÉTRICAS.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 EVALUANDO A LA COMPETENCIA</b>	<b>24</b>
<b>3.3 ESPECIFICACIONES PROPUESTAS</b>	<b>26</b>

## **CAPÍTULO 4**

### **DISEÑO CONCEPTUAL DEL PRODUCTO**

<b>4.1 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA</b>	<b>30</b>
<b>4.1.1 SISTEMA DE DISPENSACIÓN DE LÍQUIDOS.....</b>	<b>31</b>
4.1.1.1 Descripción del Funcionamiento de la válvula solenoide .....	32
<b>4.2 TIPOS DE MICROPLACAS (MICROPLATOS)</b>	<b>34</b>
<b>4.3 DESARROLLO DE CONCEPTOS Y PROTOTIPOS</b>	<b>37</b>
<b>4.4 SELECCIÓN DE CONCEPTOS</b>	<b>40</b>
<b>4.4.1 FILTRADO DE CONCEPTOS .....</b>	<b>40</b>
<b>4.5 CALIFICACIÓN DE CONCEPTOS</b>	<b>42</b>
<b>4.6 SELECCIÓN FINAL</b>	<b>43</b>
<b>4.7 CONCEPTO FINAL. PROTOTIPO DIGITAL</b>	<b>46</b>
<b>4.7.1 Principio final de funcionamiento: .....</b>	<b>46</b>
<b>4.8 ANÁLISIS DE ELEMENTO FINITO</b>	<b>48</b>
<b>4.8.1 Conclusión del estudio del Elemento Finito.....</b>	<b>56</b>



CONCLUSIONES	58
APÉNDICES	60
<b>A</b> .....	<b>60</b>
<i>Tabla de los integrantes del proyecto 08mmc504 international engineeringdesign</i>	
<b>B</b> .....	<b>61</b>
<i>Diagrama de Gantt</i>	
<b>C</b> .....	<b>62</b>
<i>Microplacas</i>	
<b>D</b> .....	<b>65</b>
<i>Diagrama de control</i>	
<b>E</b> .....	<b>66</b>
<i>Prototipo digital: planos</i>	
BIBLIOGRAFÍA	74

### ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla I. Lista de Métricas.....	24
Tabla II. Lista de Métricas.....	26
Tabla III. Matriz Necesidades del Cliente vs. Especificaciones Propuestas.....	27
Tabla IV. Matriz Necesidades del Cliente vs. Especificaciones Propuestas (Continuación).....	28
Tabla V. Filtrado de conceptos.....	42
Tabla VI. Calificación de Conceptos.....	43
Tabla VII. Descripción del estudio.....	49
Tabla VIII. Descripción de la pieza.....	49
Tabla IX. Descripción del material.....	49

Tabla X. Datos del material .....	50
Tabla XI. Descripción de la carga.....	51
Tabla XII. Información de la malla.....	51
Tabla XIII. Fuerzas de reacción .....	52
Tabla XIV. Fuerzas de cuerpo libre .....	52
Tabla XV. Momentos de cuerpo libre.....	52
Tabla XVI. Resumen de Resultados .....	53

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

---

Figura 1. Métodos de Comunicación.....	14
Figura 2. Empresa Alpha Innotech .....	17
Figura 3. Tubos de Ensayo .....	18
Figura 4. Alternativas de Dosificación .....	19
Figura 5. Máquina Dosificadora 1: Evaluando a la Competencia.....	24
Figura 6. Máquina Dosificadora 2: Evaluando a la Competencia.....	25
Figura 7. Máquina Dosificadora 3: Evaluando a la Competencia.....	25
Figura 8. Tecnología de la Burbuja Térmica.....	31
Figura 9. Válvula Solenoide.....	31
Figura 10. Cabezales Piezoeléctricos.....	32
Figura 11. Diagrama de la Válvula Solenoide.....	33
Figura 12. Válvula solenoide de 2 vías.....	34
Figura 13. Medidas de la Válvula solenoide de 2 vías .....	34
Figura 14. Microplacas.....	35
Figura 15. Diagrama de las Microplacas .....	36
Figura 16. Concepto 1.....	37
Figura 17. Concepto 2.....	38

Figura 18. Concepto 3.....	38
Figura 19. Concepto 4.....	39
Figura 20. Concepto 5.....	39
Figura 21. Concepto 6.....	40
Figura 22. Desarrollo del Concepto 6 vista1 .....	44
Figura 23. Desarrollo del Concepto 6 vista2 .....	44
Figura 24. Movimientos del Cabezal Dispensador .....	45
Figura 25. Depósito de microplacas .....	45
Figura 26. Movimiento con tornillos sin fin .....	46
Figura 27. Prototipo Digital.....	47
Figura 28. Tenazas.....	48
Figura 29. Tenaza – Estudio de Tensiones .....	53
Figura 30. Tenaza – Estudio de Tensiones. Las líneas trazadas dentro de la pieza muestran la pieza después de estar sujeta a tensión.....	54
Figura 31. Tenaza - Estudio de Desplazamientos.....	54
Figura 32. Tenaza - Estudio de Deformaciones Unitarias .....	55
Figura 33. Tenaza - Estudio de Factor de Seguridad .....	55
Figura 34. Tenaza – Percepción del Diseño .....	56

## RESUMEN

---

Con la llegada del nuevo milenio, las empresas trasnacionales buscan aprovechar los equipos de diseño tecnológico distribuidos por todo el mundo para el desarrollo de investigación e innovación tecnológica.

Bajo este panorama mundial con el objetivo de preparar a sus alumnos para una vida profesional globalizada, la Universidad Nacional Autónoma de México ha formado vínculos de colaboración con múltiples universidades del extranjero, en particular con la Universidad inglesa de Loughborough involucrando a sus alumnos en experiencias de diseño ingenieril internacional. De esta experiencia de diseño colaborativo surge el diseño conceptual de una Máquina Dosificadora de Microplacas cuyo proceso es presentado a continuación





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# INTRODUCCIÓN

---

Las microplacas son artículos de polipropileno de un solo uso para el análisis, tratamiento, mezcla, centrifugado, transporte y almacenamiento de muestras sólidas y líquidas. Se utilizan en los laboratorios de desarrollo, investigación, rutina y formación de industriales y químicos, así como en la enseñanza y educación. Las aplicaciones están destinadas para el ámbito de la ciencia de la vida, biotecnología, química e investigación clínica, sin embargo no solo se limitan a ello. Es por ello que actualmente se buscan formas de dosificarlas más rápidamente pues generalmente este proceso se lleva a cabo manualmente representando una pérdida de tiempo y consecuentemente productividad.

En el presente trabajo se muestra el procedimiento para llegar al diseño conceptual de una Máquina Dosificadora de Microplacas que facilitará la dosificación a una mayor velocidad y con alta flexibilidad en el manejo de las microplacas.

La necesidad de crear esta máquina parte de un problema identificado en la alimentación con precisión de líquidos en los pozos de las microplacas por la empresa Alpha Innotech, ubicada en el Silicon Valley en California, EUA. Para solucionar este problema, dicha empresa buscó a un equipo de diseño tecnológico para el desarrollo de sus actividades de investigación y desarrollo. Esquemas como este ofrecen diferentes perspectivas para abordar la solución de un problema.

Los equipos de diseño que ofrecen mejores resultados son los que están conformados por integrantes de diferentes países y culturas pues ofrecen ideas de amplios enfoques. Esta es una nueva forma de trabajo que están adoptando las empresas transnacionales. Anteriormente una sola empresa se encargaba completamente del diseño y la producción de los productos aumentando los tiempos y por ende los costos, incluso duplicándolos en algunas ocasiones. Bajo este esquema el desarrollo tecnológico se veía limitado por los altos costos. Se optó entonces por la sub-contratación del proceso de diseño de las partes alrededor del mundo, logrando de forma indirecta una red global de diseño colaborativo que no solo cumplió con los requerimientos buscados sino que impulso la innovación de



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

las técnicas de diseño, gracias a la diversidad de ideas marcada por la diferencia de culturas, lengua y creencias. Así importantes compañías están implementando el diseño colaborativo, trabajando sobre el mismo modelo en diferentes partes del mundo durante las 24 horas del día, permitiendo que mientras unos duermen otros trabajen. Estas compañías han descubierto lo importante que es romper los viejos paradigmas y atreverse a innovar, aprendiendo mucho de las herramientas colaborativas que tienen un alto impacto en la reducción de los costos y los tiempos de producción.

Uno de los propósitos de la UNAM es preparar a sus alumnos para que se puedan adaptar a nuevas dinámicas laborales. Esto lo logra imitando el ambiente corporativo con un enfoque académico dentro de proyectos que lleva a cabo conjuntamente con universidades de varias partes del mundo, en este caso con la Universidad de Loughborough, (Inglaterra), implicando la conformación de equipos multiculturales y multidisciplinarios cuyos objetivos primordiales son el diseño de productos y la innovación.

Esta tesis inicia describiendo en qué consiste el proyecto “08MMC504 International EngineeringDesign”, la forma en que se organizó y como se le dio seguimiento.

En el capítulo 2 se expone detalladamente la definición del problema, desde su planteamiento hasta la traducción de las declaraciones de los clientes en lo que fue llamado “Necesidades del Cliente”.

Las especificaciones conceptuales son tratadas en el capítulo 3, donde las necesidades del cliente son traducidas en términos técnicos..

En el capítulo 4 se filtran los conceptos obtenidos en la lluvia de ideas, se elige el mejor Diseño conceptual y se elabora el prototipo digital de la Máquina Dosificadora de Microplacas.



# OBJETIVOS

---

- Lograr el diseño conceptual de una máquina que dosifique líquidos de acuerdo a las especificaciones obtenidas de los clientes potenciales dentro de las microplacas usadas en laboratorios de biotecnología.
- Documentar la experiencia en ingeniería de diseño colaborativo entre estudiantes de ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad de Loughborough, Reino Unido, en un ambiente multicultural.
- Identificar las limitaciones organizacionales, de comunicación y factores ambientales y socio-económicos, que conlleva un diseño multicultural.

## *METODOLOGÍA DE TRABAJO*

Se llevó a cabo un proceso de selección donde 11 estudiantes mexicanos y 19 estudiantes ingleses fueron elegidos. Se formaron 5 equipos compuestos por 4 integrantes ingleses y 2 mexicanos, uno de los equipos contó con 3 mexicanos además de los ingleses.

El mismo problema fue asignado a todos y de acuerdo al estudio de mercado cada grupo definió su segmento de mercado a atacar y por lo mismo su producto a diseñar.

Este método de trabajo consistió en realizar los siguientes pasos:

- I. Conocer el problema.
- II. Reunir los datos primarios de los clientes para conocer sus necesidades a través de cuestionarios y entrevistas.
- III. Llevar a cabo investigación del mercado actual del producto y establecer un sector del mercado como objetivo.
- IV. Establecer las especificaciones del producto con base en las necesidades del cliente.
- V. Generación y selección de conceptos.
- VI. Elaboración de un prototipo digital de la máquina dosificadora de microplacas.
- VII. Análisis del elemento finito de las tenazas que moverán las microplacas.

El trabajo que se presenta a continuación corresponde a las aportaciones con las que se contribuyó al trabajo en equipo.

# CAPÍTULO 1

## La experiencia en un proyecto de Diseño Internacional

---

### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO “08MMC504 INTERNATIONAL ENGINEERING DESIGN”**

El 08MMC504 es un curso con duración de 4 meses impartido en el último semestre de ingeniería mecánica de “The Wolfson School of Mechanical and Manufacturing Engineering”, perteneciente a la Universidad de Loughborough en Inglaterra.

En este curso son conformados equipos multidisciplinarios de las áreas de mecánica, Mecatrónica, eléctrica y electrónica con miembros de universidades invitadas de diferentes partes del mundo, lo que también lo hace multicultural, que desarrollan proyectos para dar solución a problemas tecnológicos de diversa índole presentados por empresas de diferentes partes del mundo. Estos proyectos emulan el ambiente corporativo dándole un enfoque académico para que los alumnos participantes adquieran experiencia en las nuevas dinámicas laborales y conozcan las ventajas que les brindan el uso de herramientas colaborativas.

El enfoque de los proyectos se puede dar de dos formas, una es cuando a cada equipo se le asigna una sola pieza de todo el diseño, así el enfoque de innovación se hace particular. Al final se conjuntan todas las piezas para formar el diseño completo. Otro de los enfoques es que a cada equipo se le expone el mismo problema, de esta forma cada equipo lo solucionará de diferentes formas ofreciendo múltiples soluciones al problema que son entregadas para ser evaluadas por usuarios potenciales.

La diversidad de los integrantes de los equipos permiten el surgimiento de ideas muy creativas con alto grado de innovación, pues se ven influenciadas por las tradiciones, la ubicación geográfica de su país, factores económicos, de mercado, de viabilidad económica y funcional de lo que se está diseñando.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

En esta ocasión la UNAM a través de la Facultad de Ingeniería, fue invitada para colaborar en este proyecto, que estuvo a cargo de los profesores:

1. Dr. Víctor Javier González Villela (Facultad de Ingeniería, UNAM)
2. Dr. Marcelo López Parra (Facultad de Ingeniería, UNAM)
3. Dr Chris Tuck (University of Loughborough, UK)

El proceso de selección para participar en este proyecto fue intenso, se tomaron en cuenta trayectoria académica, promedio, liderazgo y por su puesto un buen dominio del inglés. Once alumnos mexicanos fuimos seleccionados, dentro de los cuales se encontraban compañeros mecatrónicos tanto nivel licenciatura como maestría, y mecánicos de la Facultad de Ingeniería, y yo de la ingeniería mecánica electricista de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Por parte de la Universidad de Loughborough, participaron 19 estudiantes. (Ver Apéndice A),

## **1.2 GESTIÓN DEL PROYECTO**

Aspectos determinantes en el desarrollo de productos en forma colaborativa son la confianza, la comunicación y los medios de transmisión de ideas para la adecuada cohesión del grupo. Los puntos principales que constituyeron la gestión del proyectos fueron:

### **1.2.1 Definir el alcance y los objetivos del proyecto**

Primero se nos explicaron los objetivos del proyecto. Después se decidieron cuáles eran los objetivos reales que nos ayudarían a planificar el proyecto. El alcance o área de competencia define los límites del proyecto. Decidir qué es lo que estaba dentro o fuera de los límites del proyecto determinó la cantidad de trabajo a realizarse. Se evaluó al tipo de clientes, ¿qué necesidades tenían? y ¿qué producto esperaban que se les entregará?

### **1.2.2 Definir las tareas**

Se deben definir que tareas se esperan del proyecto. Por ello se definió qué cosas tangibles debían ser generadas y documentadas con suficiente detalle para que cualquiera de los involucrados pudiera llevarlas a cabo correcta y eficientemente sin tener que depender de alguien en particular. El grupo de profesores revisaron la definición de las tareas y acordaron que las mismas reflejaban adecuadamente lo que se esperaba.

### **1.2.3 Planificar el proyecto**

Después de haberse formado los equipos con integrantes tanto mexicanos como ingleses, nos fueron entregadas microplacas y se nos asignaron computadoras para poder trabajar.

Definimos qué actividades se requerían para realizar las tareas, dentro las cuales se decidió la descomposición del proyecto en partes manejables. Se estimaron los tiempos y los esfuerzos requeridos para cada actividad, las dependencias entre actividades y luego se decidió un programa realista para completarlas. Se involucró a todos los miembros del equipo en la estimación de la duración de las actividades.

Fueron establecidos hitos que indicaron fechas críticas durante el desarrollo del proyecto. Para este propósito se elaboró un Diagrama de Gantt (Ver Apéndice B) que fue revisado y aprobado por el grupo de profesores.

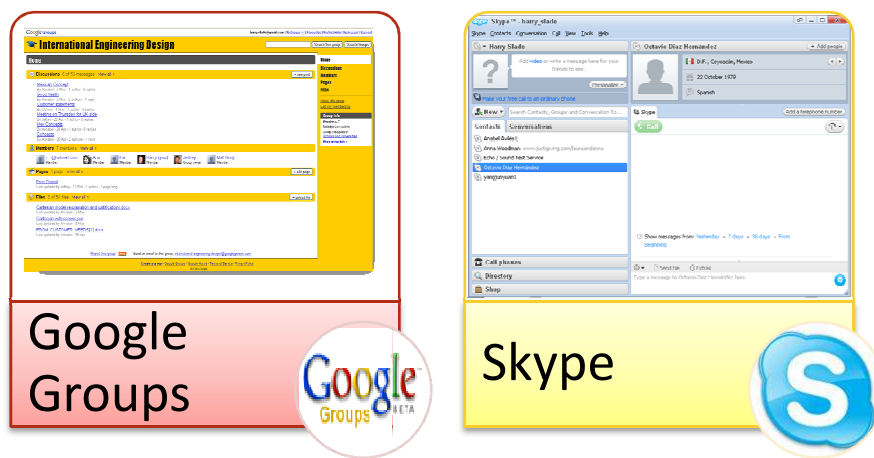
### **1.2.4 Comunicación**

La planificación del proyecto resulta inútil si no es comunicada efectivamente al equipo de proyecto. Cada miembro del equipo necesita conocer sus responsabilidades. Es muy importante cuando se trabaja con un equipo mantener un buen contacto y actualizaciones regulares de trabajo, así como retroalimentaciones; de otra forma podría parecer que el trabajo está recayendo solo en una parte del equipo o en ocasiones en un solo individuo.

Para evitar barreras en la comunicación y/o malentendidos fueron definidas las siguientes especificaciones:

- Se estableció desde un principio el tipo de software que se iba a usar y la versión correspondiente para evitar incompatibilidades en el futuro.
- Toda la comunicación tenía que ser en inglés pues era el idioma en común dentro del equipo.

Con el fin de mantener el contacto necesario, se utilizaron dos diferentes métodos de comunicación (Ver figura 1):



**Figura 1. Métodos de Comunicación**

#### *Grupo de Google*

A fin de mantener un alto nivel de comunicación con los estudiantes internacionales de Inglaterra, se decidió que era importante establecer algún tipo de foro en el que se mantuviera un estrecho contacto. El grupo optó por utilizar una aplicación de Google conocida como “Google Groups”. Esto fue decidido, ya que esta opción es capaz de ofrecer no sólo un medio de comunicación constante a través de la utilización de un tablón de mensajes, sino que también permite el uso compartido de archivos siendo una forma más manejable para distribuir archivos entre los miembros del equipo permitiendo modificaciones y actualizaciones más frecuentes debido a la disposición del documento por ambas partes.

### *Skype*

En conjunto con el Google Group también se usó el sistema “Skype”. Este es un sistema que permite realizar video-llamadas, esto es poder hablar a través de un micrófono y enviar nuestra imagen en tiempo real, con una alta calidad, lo que nos permitía a todos los miembros discutir las ideas y tomar decisiones más rápidas sobre los pasos futuros a seguir. A través de estas reuniones se progresaba más debido a que todos los miembros participábamos activamente.

### **1.2.5 Seguimiento y reporte de avance del proyecto**

Continuamente se comparaba el progreso actual con el proyectado. Se elaboraron reportes de avance del proyecto entre todos los miembros del equipo. Se registraron las variaciones entre lo real y lo proyectado, tanto en lo referente al cronograma como al alcance. Se reportaron las variaciones al grupo de profesores y se tomaron acciones correctivas antes de que se convirtieran en problemas mayores. Se ajustó el plan para volver a poner la planificación en el camino trazado.

### **1.2.6 Gestión del cambio**

En este caso en la última etapa del proyecto surgió una situación inesperada y fuera del alcance de cualquiera. Hacia la última parte del proyecto, todo el equipo mexicano viajaría hacia Inglaterra, este viaje estaba programado desde el comienzo del proyecto con el fin de tener contacto personal con los miembros del equipo inglés para realizar un diseño de detalle del producto y presentar un viva-voce frente a gerentes de diversas compañías, directivos y académicos de la Universidad de Loughborough. El fin de la exposición de los resultados obtenidos sería buscar que las empresas asignaran nuevos proyectos a los equipos de diseño de colaboración UNAM-Loughborough. Esto abriría el paso para que más estudiantes tuvieran la oportunidad de tener una experiencia de diseño colaborativo internacional apegada al ambiente corporativo. Los recursos económicos ya habían sido distribuidos en los diferentes gastos que genera un viaje de este tipo. Todo esto se vió frustrado cuando es anunciada la aparición del virus de la influenza AH1N1 y fue cerrada la Universidad. Las restricciones de contacto y concentración abarcarían las fechas en las que estaba planeado nuestro viaje y con el rumor de que en el Distrito



Federal habían existido contagios, se decidió que el viaje debía ser cancelado para evitar la propagación del virus hacia Inglaterra que hasta ese momento no había presentado casos.

El impacto que generó esta situación fue el retraso en entregas de tareas y la limitación del proyecto al Diseño Conceptual y a un prototipo digital pues el tiempo de la duración del curso estaba por terminar. Administrando los cambios, se ajustaron los calendarios de entrega y se dejaron sentadas las bases para que siguiente equipo de diseño continúe el desarrollo del proyecto.

# CAPÍTULO 2

## Identificación de las necesidades del cliente

---

### 2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El fundamento que desata cualquier proceso ingenieril de diseño es la existencia de un problema. La identificación de los factores distintivos de la problemática es crucial para determinar si los beneficios al resolver la problemática son significativos, en tal caso el esfuerzo para generar la solución será justificable. De este modo, todo buen proceso de diseño e innovación comienza con una precisa definición del problema.

En este caso, la empresa Alpha Innotech (Ver figura 2), ubicada en el Sylicon Valley en California, EE.UU. identificó un problema en la alimentación con precisión de líquidos en los pequeños pozos de las microplacas utilizadas para varios procesos de la biotecnología, pues es necesario que las gotas de líquido ( ) sean dosificadas con un tiempo de ciclo mínimo deseado.

Para resolver este problema, debe llevarse a cabo investigación en los actuales tipos y tamaños de microplacas y los dispositivos o máquinas actualmente existentes para dispensar los líquidos en ellas.



**Figura 2. Empresa Alpha Innotech**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

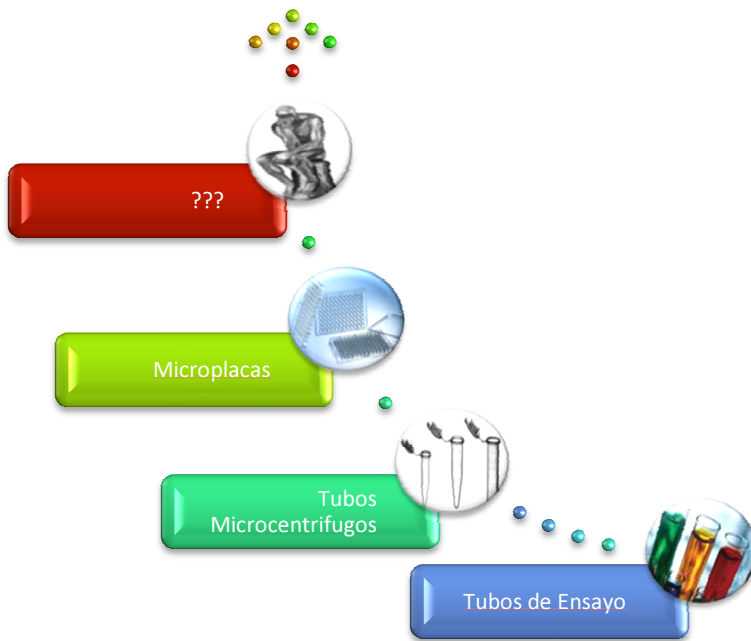
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## 2.2 ANTECEDENTES

En el pasado, los investigadores llevaban a cabo la observación y las reacciones entre los líquidos utilizando tubos de ensayo y jeringas para llenarlos. Se necesitaba de una mayor precisión que la que ofrecían las jeringas así que fueron desarrollados y utilizadas pipetas tanto sencillas como múltiples para dosificar. El número de experimentos llevados a cabo aumentó de manera tal que para reducir el espacio ocupado por todas estas muestras fue necesario la creación de tubos más pequeños conocidos como tubos micro-centrífugos (Microfugetubes) o “ependorfs” que son pequeños tubos de ensayo utilizados en centrifugadoras (Figura 3).

Después de un tiempo el número de eppendorfs usados al mismo tiempo aumentó a un nivel lo suficientemente alto que fue necesario la aparición de arreglos preformados de eppendorfs, a lo que se le llamaron microplacas o microplatos.



Actualmente las pipetas sencillas y pipetas multicanal se siguen utilizando para la dosificación, pero debido al crecimiento exponencial de las muestras, mayor rapidez se hace necesaria exigiendo la creación de nuevas alternativas que aumenten significativamente la velocidad de llenado (Figura 4).

Figura 3. Tubos de Ensayo

## 2.3 NECESIDADES DEL CLIENTE

Los productos cumplen su misión cuando satisfacen las necesidades del cliente. Es por ello que los equipos de diseño deben asegurar que el producto se enfoque en las necesidades del cliente, ya sean latentes, escondidas o explícitas. De esta manera es como se justificarán las especificaciones del producto.

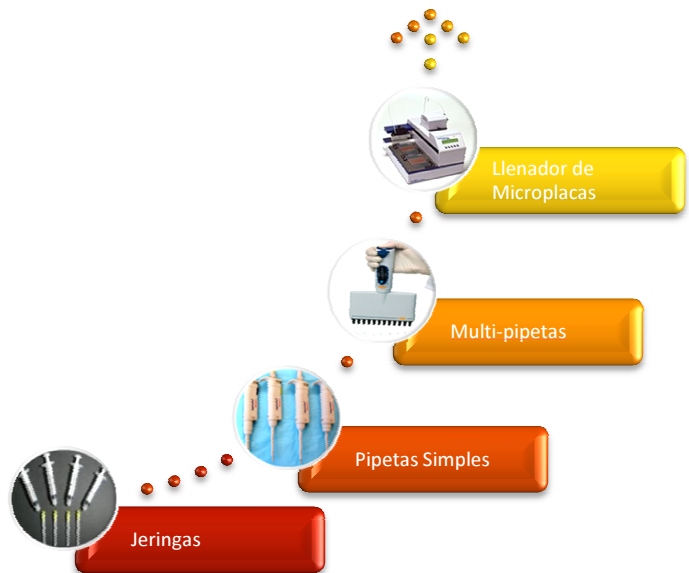


Figura 4. Alternativas de Dosificación

### 2.3.1 Recolección de datos

Cuando se diseña un producto, es vital recolectar información de los clientes (usuarios) porque son ellos los que determinan los requisitos que el producto tiene que cumplir.

Uno de los métodos utilizados para recolectar datos fue mediante entrevistas. En este caso las entrevistas fueron realizadas a personal de la Facultad de Ciencias Biomédicas, de la Facultad de Medicina de la UNAM, de la Facultad de la Salud de la Universidad de Loughborough, UK y de algunos laboratorios médicos. La información más representativa se muestra en la siguiente entrevista. La información debe mostrarse tal cual fue dicha, pues al cambiarle la forma de redacción puede dar lugar a malas interpretaciones al momento de procesarla, produciendo errores al momento de generar las especificaciones de producto.

## ENTREVISTA

- ¿Cuándo y porqué ustedes usan este tipo de productos? Dosificamos las microplacas para analizar el ADN de las muestras biológicas aprox. cada 24 hrs. según el tipo de muestra analizada.
- ¿Nos podría narrar como es una sesión común en donde se use el producto? Primero las muestras deben de ser preparadas, una vez que las muestras están listas se les agrega formamida, un reactivo especial que sirve para rehidratar las muestras. Después los microplatos son insertados dentro del secuenciador para ser analizados.
- ¿Qué es lo que te gusta de las máquinas existentes? Que dosifican las microplacas más rápido que manualmente.
- ¿Qué es lo que te desagrada de estas máquinas? Que son muy caras.
- ¿Qué puntos considera a la hora de comprar el producto? La emisión de sonidos, que soporte la variación del voltaje, el tamaño, el peso, el precio
- ¿Qué mejoras le haría usted al producto? El precio
- ¿Usa toda la microplaca durante los experimentos? No, en ocasiones solo son utilizadas las columnas o a veces solo las filas

¿Llenan cada pozo con el mismo volumen siempre?	Sí, siempre
¿Qué tan preciso debe ser?	Solo tenemos que estar seguros de que el líquido caiga dentro del pozo y no se derrame
¿Necesitan que la máquina sea rápida?	No mucho, pero debe ser más rápida que cuando se dosifica manualmente o con multipipeta
¿Qué tan rápida?	Menos de un minuto para llenar toda la microplaca
¿Necesitan que la máquina sea limpia?	Si debe haber mucha limpieza para que las muestras no se contaminen
¿De qué tamaño le gustaría que fuera la máquina?	Pequeña, como de 20x20x30 cm aproximadamente

# CAPÍTULO 3

## Especificación conceptual del producto

---

Las especificaciones proporcionan una descripción precisa y medible de lo que un producto tiene que hacer. Son la traducción de las necesidades del cliente en términos técnicos. Los objetivos para las especificaciones se establecen en una fase temprana del proceso y representan los resultados esperados por el equipo de desarrollo.

Para definir las especificaciones, cada requerimiento debe ser estudiado y traducido en una o más propiedades, características u otros aspectos técnicos.

### 3.1 ASIGNACIÓN DE MÉTRICAS Y VALORES

Cada especificación debe ser medible en una escala cuantitativa o cualitativa. Ejemplos de escalas cuantitativas son unidades de longitud, masa, fuerza volumen, velocidad, potencia, etc. Dependiendo de la relevancia de la especificación, el equipo de trabajo puede definir una escala cuantitativa basada en relaciones matemáticas o en un conjunto de propiedades, por ejemplo: potencia/peso, capacidad/precio. Unidades cualitativas son empleadas cuando las escalas cuantitativas no pueden ser aplicadas y en muchas ocasiones son definidas por el equipo de trabajo.

Luego de lo anterior, es importante definir valores objetivos para cada requerimiento y su rango aceptable de variación. Es recomendable fijar estos valores considerando datos del mercado.

Al hacer la lista de las especificaciones es importante revisar que se haya formulado cuando menos una especificación para cada requerimiento. Además, las especificaciones deben incluir el factor de importancia del requerimiento al que corresponden y ser ordenadas de acuerdo a ellos. La lista de especificaciones es un documento que se debe





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

revisar constantemente y suele modificarse conforme se avanza en el proceso de innovación del producto.

### 3.1.2 LISTA DE MÉTRICAS

En la Tabla 1 se muestran las métricas utilizadas para definir las especificaciones del producto que se mostrarán más adelante, así mismo se indica su nivel de importancia considerado a partir de lo que llamamos “Necesidades del Cliente”, donde 5 es la importancia más alta y 1 lo menos importante, además se indican las unidades que definen cada métrica.

Los parámetros más útiles son aquellos que reflejan el grado en que el producto cumple las necesidades de los clientes.

Métrica No.	Métrica	Importancia	Unidades
1	Mismo volumen cada vez (precisión)	5	μl
2	Volumen dosificado	5	μl
3	Desperdicio general	3	μl
4	Tiempo de Vida	3	ciclos
5	Velocidad de llenado	5	μl/s
6	Tiempo de Configuración	2	s
7	Tamaño de las microplacas	3	# de pozos
8	Voltaje de entrada	2	V
9	Tamaño de la unidad	3	cm <sup>3</sup>
10	Costo	4	\$
11	Bajo consumo de potencia	2	W
12	Niveles de ruido	4	dB
13	Vibraciones	4	dB
14	Peso Total	2	Kg
15	Dimensiones de los tubos dispensadores	2	mm
16	Número de agujas dispensadoras	2	Número
17	Distancia entre las agujas dispensadoras	2	mm
18	Dimensiones de la base de la máquina	3	mm
19	Ajuste del nivel de la base	4	mm
20	Velocidad total de llenado	4	pozos por minuto
21	Tolerancia de error en el volumen	5	%
22	Dimensiones del dosificador	2	mm

23	Distancia entre el dosificador y el microplato	2	mm
24	Sensor del microplato y de la posición del dispensador	5	-
25	Protocolos programados	5	-
26	Interfaz hombre-máquina	5	-
27	Material	4	-
28	Electrónica	4	-

**Tabla I. Lista de Métricas**

### 3.2 EVALUANDO A LA COMPETENCIA

La comprensión de la evaluación comparativa de productos de la competencia es fundamental para el éxito de la colocación de un nuevo producto y puede proporcionar una rica fuente de ideas para el producto y el proceso de producción de diseño. Evaluaciones comparativas de la competencia se realizan en apoyo de muchas de las actividades de principio a fin del diseño.

Aquí se encuentran tres máquinas actuales (Figuras 5,6 y7) ubicadas en la parte del mercado que se decidió atacar que es el extremo inferior de la gama media, las cuales se considera serán las principales competidoras de nuestro producto a desarrollar:



**Millenium 500**

**Dimensiones externas**

- 320mm x 520mm x 280 mm

**Voltaje de operación**

- 100-240v/50-60hz

**Max. Potencia requerida VA**

- 52

**Depósito de líquidos:**

- Especificado por el usuario

**Precisión:**

- CV≤3% @ 300µl por pozo

**Volumen dispensado:**

- 5-400µl en incrementos de 2µl

**Velocidad, seg.**

- 18 seg. para llenar un microplato de 96 pozos utilizando un dispensador de 8 canales, 300µl por pozo

**Peso Neto:**

- 6kg

**Precio**

- \$150,000-\$200,000

**Figura 5. Máquina Dosificadora 1: Evaluando a la Competencia**



**Ultraspense 2000**

**Dimensiones Externas**

440mm x 550mm x 220 mm

**Número de microplatos**

1 o 2

**Precisión de dispensación**

+/- 1.5% (volumen/columna)

**Precisión:**

+/- 0.5%

**Velocidad, seg.:**

14 seg., 100 µl/microplato con 96 pozos

16 seg., 20 µl/ microplato con 384 pozos

**Peso Neto:**

11kg

**Precio**

\$150,000

**Figura 6. Máquina Dosificadora 2: Evaluando a la Competencia**



**Multidrop DW**

**Dimensiones Externas**

310mm x 320mm x 180mm

**Precisión de dispensación**

CV < 1.5% en 20 µl

CV < 0.5% en 900 µl

**Precisión:**

± 2% en 20 µl (típicamente)

± 1% en 900 µl (típicamente)

**Volumen dispensado:**

20-995 µl en incrementos de 5 µl

**Velocidad, seg.:**

5 s/20 µl en 96 pozos

74 s/900 µl en microplatos con pozos hondos

**Peso Neto:**

6.2kg

**Precio**

\$130,000-\$150,000

**Figura 7. Máquina Dosificadora 3: Evaluando a la Competencia**

### 3.3 ESPECIFICACIONES PROPUESTAS

En la Tabla II se muestran las especificaciones propuestas para satisfacer las necesidades de los clientes y se les ha dado un valor marginal intentando aproximarlos a los valores ofrecidos por nuestros competidores para evitar tener desventajas frente a estos.

Métrica No.	Métrica	Unidades	Value
1	Mismo volumen cada vez (precisión)	μl	1
2	Volumen dosificado	μl	10-200
3	Desperdicio general	μl	0.1
4	Tiempo de Vida	ciclos	100000000
5	Velocidad de llenado	μl/s	20
6	Tiempo de Configuración	s	120
7	Tamaño de los microplatos	pozos	96-384- 1526
8	Voltaje de entrada	V	120-220
9	Tamaño de la unidad	cm <sup>3</sup>	1200
10	Costo	\$	1000
11	Bajo consumo de potencia	W	15
12	Niveles de ruido	dB	20
13	Vibraciones	dB	30
14	Peso Total	Kg	4
15	Dimensiones de los tubos dispensadores	mm	5
16	Número de agujas dispensadoras	Número	8
17	Distancia entre las agujas dispensadoras	mm	9
18	Dimensiones de la base de la máquina	mm	200x300
19	Ajuste del nivel de la base	mm	1
20	Velocidad total de llenado	pozos por minuto	5-10
21	Tolerancia de error en el volumen	%	0.5
22	Dimensiones del dosificador	mm	120
23	Distancia entre el dosificador y el microplato	mm	25
24	Sensor para detectar el microplato y la posición del dispensador	-	Infrared
25	Protocolos programados	-	20
26	Interfaz hombre-máquina	-	LCD
27	Material	-	-
28	Electrónica	-	-

**Tabla II. Especificaciones Propuestas**

Como resultado de las “Necesidades del Cliente” y de las especificaciones propuestas se ha elaborado una matriz (Ver Tablas III y IV) que relacionan ambas partes y demuestra que cada una de las necesidades del cliente será satisfecha pues está determinada por una especificación a cumplir.

NEEDS	Metric	Same volume each time (Precision)	General waste	Working Life	Filling speed	Setup time	Microplate size	Input Voltage	Unit Size	Target Cost	Low power usage	Operational Noise Levels	Vibrations during operation	Total Mass	Dispensing Tubes dimensions	Number of Dispensing Tubes	Distance between the Dispensing Tubes	Machine base dimensions	Base Level Adjustment	Total filling speed	Tolerance of the volume error	Doser dimensions	Distance between the doser and the micro-plate
The MFM applies fluid to microplates		*																					
***The MFM fill wells in microplates with liquid		*																		*	*		
The MFM works with high precision		*																		*	*		
* The MFM device delivers the drop at the center of each well																							
*** The MFM dispenses the same volume each event		*								*										*	*		
The MFM is efficient		*			*															*	*		
* The MFM filling device does not splash		*			*															*	*		
** The MFM filling device does not spill		*			*															*	*		
** The MFM avoids leaking		*			*															*	*		
The MFM does not contaminate samples		*			*															*	*		
*** The MFM filling device avoid contact with other samples												*										*	
The MFM provides high filling speed		*			*									*						*	*		
** The MFM fill the wells of the microplates faster than by single pipette		*			*									*						*	*		
*** The MFM fill the wells of the microplates faster than by multichannel pipette		*			*									*						*	*		
** The MFM speed does not shake the samples												*							*				
The MFM is reliable		*			*							*								*	*		
* The MFM will work every time the user needs to		*			*							*								*	*		
The MFM is easy to operate																							
* The MFM interface is comprehensive for every user																							
* The MFM has options for user programming																							
* The MFM has several preprogrammed sequences																							
The MFM is flexible																							
* The MFM handle different types of fluid						*																	*

Tabla III. Matriz Necesidades del Cliente vs. Especificaciones Propuestas

NEEDS	Metric	Same volume each time (Precision)	Volume Dispensed	General Waste	Working Life	Filling speed	Setup time	Micronplate size	Input Voltage	Unit Size	Target Cost	Low power usage	Operational Noise Levels	Vibrations during operation	Total Mass	Dispensing Tubes dimensions	Number of Dispensing Tubes	Distance between the Dispensing Tubes	Machine base dimensions	Base Level Adjustment	Total filling speed	Tolerance of the volume error	Doser dimensions	Distance between the doser and the micro sensor of microneplate/dispenser position	Programming Protocols	Human Machine Interface	Materials	Electronics
* The MFM fill different types of plates (at least two)			*												*	*	*	*	*			*	*	*	*			
The MFM has long durability				*																						*		
** The MFM has quality components				*																					*	*		
** The MFM has replaceable modules for easy maintenance				*																					*	*		
*** The MFM is easy to clean									*																			
* The MFM is not affected by variations in voltage				*				*			*																	
The MFM is safe				*																						*	*	
* The MFM has its dangerous parts hidden or isolated																										*	*	
* The MFM does not produce toxic waste				*																								
* The MFM electric devices are protected from short circuits									*																*	*		
The MFM looks professional																									*	*		
* The MFM has compact design									*																*	*		
* The MFM end materials are adequate to reside in laboratories																									*	*		
The MFM is inexpensive										*																		
*** The MFM consumes low power									*	*																		*
*** The MFM has low cost to customers									*	*																		
The MFM is quiet in operation												*	*															
** The MFM makes low sounds												*	*															
** The MFM produces low vibrations												*	*															
The MFM is easy to storage and to move									*					*				*								*	*	
The MFM has low weight									*					*				*								*	*	
** The MFM dimensions fits in standard spaces									*	*				*			*		*							*	*	

Tabla IV. Matriz Necesidades del Cliente vs. Especificaciones Propuestas

(Continuación)

# CAPÍTULO 4

## Diseño conceptual del producto

---

Es conveniente dividir los problemas en partes para hacerlos menos complejos lo que permite organizar mejor el trabajo asignando diferentes tareas a distintos miembros del equipo. También facilita la planeación y control del trabajo.

Las formas recomendadas para dividir el problema son:

- a) Descomponer el producto de acuerdo a las funciones o aspectos que se desea desempeñe. Por ejemplo, una máquina envasadora puede dividirse en las funciones de alimentar, dosificar, posicionar, llenar, empacar, entregar y controlar.
- b) Descomponer el problema de acuerdo a las acciones que el usuario hace al emplear u operar el producto. Un problema puede considerar las acciones de instalar, ajustar, arrancar, operar, mantener.
- c) Descomponer el problema de acuerdo a requerimientos importantes. Así, el problema de una innovación de un fármaco por ejemplo, se puede dividir en incrementar algún efecto deseado en el paciente, reducir el costo de producción, mejorar la apariencia del empaque.

En la etapa de diseño conceptual es muy útil la búsqueda de información, ya que de esa forma se encuentran soluciones existentes al problema o a alguna de sus partes. El emplear soluciones existentes permite que el equipo de trabajo se concentre en problemas sin solución previa o bien, el que realice una innovación basándose en lo existente.

Para poder hacer mejoras en el funcionamiento de las máquinas dosificadoras es necesario conocer su proceso actual, así como las opciones existentes tanto en el sistema de dispensación de líquidos como los tipos de microplacas.





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## 4.1 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

El principio de funcionamiento típico de una máquina dosificadora de microplacas es la combinación de cada sub-sistema, que incluyen el sistema de dispensación de líquidos, el sistema de control, bomba, actuadores y la banda transportadora en la mayoría de ellas. Una vez que tanto el tamaño como el tipo de las microplacas han sido definidas, el sistema de control supervisa las propiedades de dispensación, tales como la velocidad de dispensación, el volumen máximo y mínimo, también la orientación de la cabeza de dispensación si es que esta función está habilitada en el diseño.

En la mayoría de las máquinas de este tipo el sistema de dispensación de líquidos, actuadores y bombas trabajan conjuntamente para aspirar el líquido del contenedor y, a continuación, distribuirlo uniformemente en forma de gotas en cada pozo de la microplaca con un volumen definido y a alta velocidad, esto afecta directamente las cualidades del producto ya que define los niveles de exactitud y precisión. Para algunas de las máquinas la tolerancia de llenado puede ser muy exacta con una precisión de 1% para 100µl. El sistema de dispensación se ve afectado por los tipos de microplaca y el número de pozos que contiene cada una, así como la capacidad de microplacas que tendrá el producto.

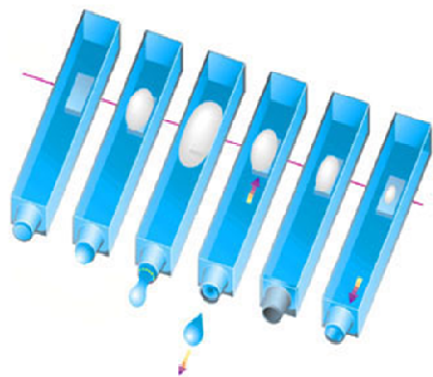
La banda transportadora es un sub-sistema opcional en el diseño, que permite la semi-automatización del producto. Mueve la microplaca desde una posición de descanso hasta otra posición en la que coincida con la cabeza dispensadora y luego una vez más mueve la microplaca fuera de la región de dispensación para que pueda ser fácilmente recogida.

Alternativamente, un robot cartesiano puede ser usado, así que en vez de mover la microplaca, el robot permite trasladar la cabeza de dispensación en la parte superior de cada microplaca.

Siguiendo este estudio, cada subsistema proporciona un mejor entendimiento de los principios de trabajo de una máquina dosificadora de microplacas y también contribuye a la generación de conceptos.

### 4.1.1 SISTEMA DE DISPENSACIÓN DE LÍQUIDOS

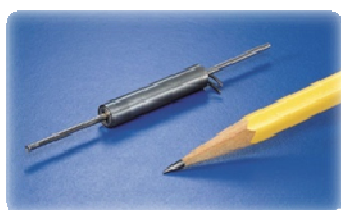
Las válvulas deben asegurar la transmisión de muestras sin introducir contaminación de las muestras previas. Es por ello varias opciones fueron analizadas. Las opciones más relevantes son las mostradas a continuación en las Figuras 8,9 y 10.



#### **Tecnología de la burbuja térmica**

Esta tecnología hace uso de pequeñas resistencias para crear calor, que a su vez vaporizan el líquido para crear una burbuja. Mientras la burbuja se expande, parte del líquido es expulsado de una boquilla en la microplaca. Cuando la burbuja "estalla", se crea un vacío, tirando más líquido en el inyector de impresión desde el contenedor. Una cabeza de impresión de chorro de burbuja tiene 300 o 600 minúsculos inyectores y todos ellos pueden disparar una gotita simultáneamente.

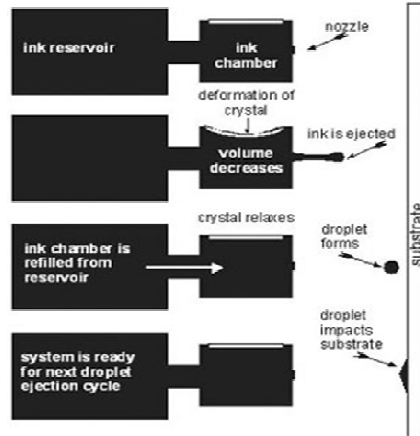
**Figura 8. Tecnología de la Burbuja Térmica**



#### **Válvula Solenoide**

Una válvula solenoide es un dispositivo electromecánico utilizado para el control del flujo de gas o líquido. La válvula solenoide es controlada por corriente eléctrica, que se ejecuta a través de una bobina. Cuando la bobina está energizada, un campo magnético se crea, causando que un émbolo dentro de la bobina se mueva. Dependiendo del diseño de la válvula, el émbolo puede abrir o bien cerrar la válvula. Cuando la corriente eléctrica se retira de la bobina, la válvula regresa a su estado no energizado.

**Figura 9. Válvula Solenoide**



### **Cabezales Piezoeléctricos**

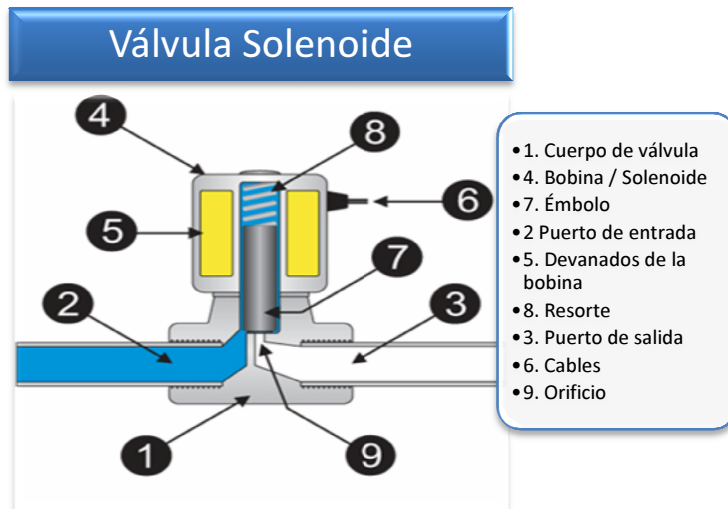
Un cristal se encuentra en la parte posterior de la reserva de cada boquilla, y gotas de líquido son mecánicamente expulsadas de una boquilla en el recipiente cuando un impulso de corriente activa el cristal (cristal piezoeléctrico: un componente de cerámica que se conoce en los encendedores de cigarrillos. Este cristal tiene la propiedad especial de cambiar su forma cuando un voltaje se aplica). El cristal puede ser cargado con una pequeña corriente eléctrica que hace que ésta vibre. A continuación, el cristal vibra hacia el interior, obligando a una pequeña cantidad de líquido a salir de la boquilla y cuando vibra hacia el exterior, se extrae más líquido del depósito para reemplazar el líquido de rociado. Dado que el proceso es mecánico, pueden ser controlados con mucha precisión.

**Figura 10. Cabezales Piezoeléctricos**

Una vez analizadas las opciones se decidió que la mejor opción es utilizar válvulas solenoides debido a que sus dimensiones cumplen perfectamente el requisito de "pequeñas dimensiones" solicitado por los clientes, esto nos ayudaría a reducir el tamaño en los componentes de dispensación y aumentar las dimensiones en algún otro componente en el que pueda ser necesario. Las válvulas solenoides hacen la automatización de fluidos y de control de gas posible, además de ofrecer un funcionamiento rápido, alta fiabilidad y larga vida útil.

#### **4.1.1.1 Descripción del Funcionamiento de la válvula solenoide**

En la figura 11 se muestra un diagrama de las partes de la válvula solenoide



**Figura 11. Diagrama de la Válvula Solenoide**

Los medios controlados por la válvula de solenoide entran a la válvula a través del puerto de entrada (2). Los medios deben fluir a través del orificio (9) antes de continuar en el puerto de salida (3). El orificio es cerrado y abierto por el émbolo (7). La válvula de la figura de arriba es una válvula solenoide normalmente cerrada. Las válvulas normalmente cerradas utilizan un muelle (8), que presiona la punta del émbolo en contra de la apertura del orificio. El material de sellado en la punta del émbolo evita la entrada de los medios al orificio, hasta que el émbolo es levantado por un campo electromagnético creado por la bobina.

**a) Válvula solenoide de 2 vías:**

En el presente diseño, la válvula solenoide de 2 vías (Ver figura 12) es utilizada.

Esta válvula solenoide está diseñada para cumplir con parámetros críticos como lo son:

- Poco peso – El peso de las válvulas es menor a 6 gramos
- Tamaño compacto - 1.3" largo x 0.25" de diámetro (Ver figura 13)
- Bajo consumo de energía - 0.75 W aproximadamente

Humedad de los materiales, flujo de presión y rangos de temperatura pueden ser ingenierilmente personalizados, proporcionando una mayor flexibilidad de diseño

Estas válvulas están diseñadas para ser accionadas a su tensión nominal y permanecen abiertas a un menor voltaje, ahorrando energía y reduciendo el calentamiento.

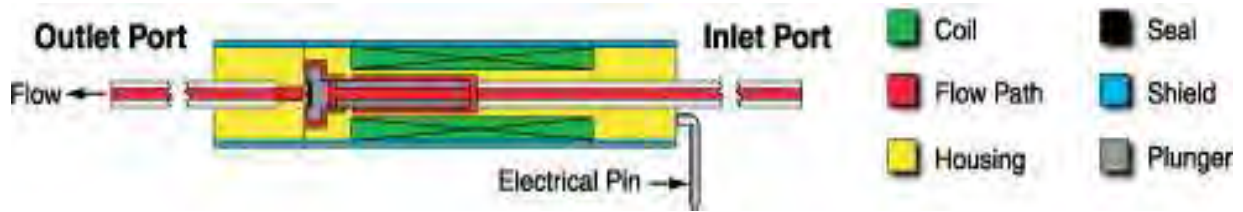


Figura 12. Válvula solenoide de 2 vías

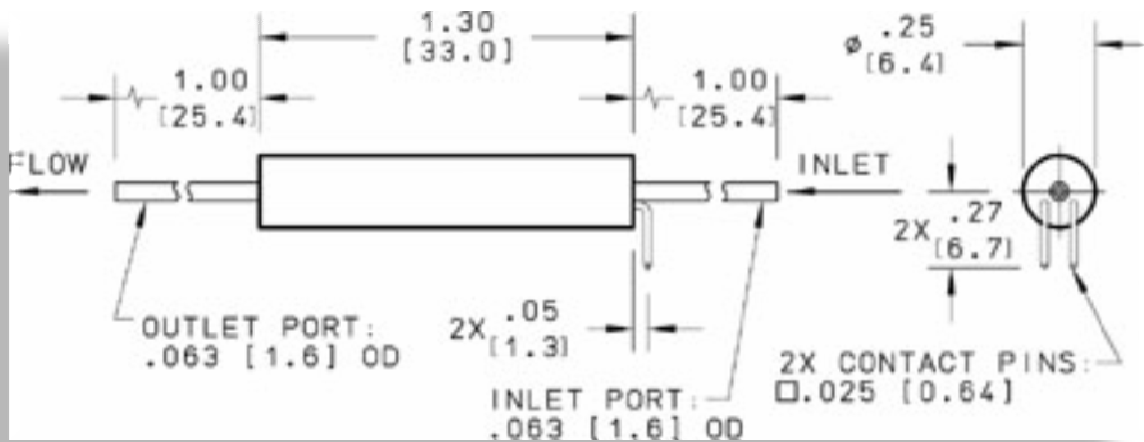


Figura 13. Medidas de la Válvula solenoide de 2 vías

#### 4.2 TIPOS DE MICROPLACAS (MICROPLATOS)

Como parte de investigación adicional se hizo necesario examinar los diferentes tipos de microplacas disponibles (Ver figura 14). De esta manera fue posible seleccionar si era o no necesario diseñar un producto que incorporara más de un tamaño o diseño de microplaca.

Se pueden encontrar microplacas en diferentes formatos, como por ejemplo, de 96 pozos, de 384 pozos y 1536 sin modificar las dimensiones exteriores (Ver APÉNDICE C). Como cada microplaca tiene las mismas dimensiones exteriores, con el fin de tener un variado número de pozos en el mismo espacio, se necesita que los pozos tengan un tamaño variable. Esto significa que no sólo la distancia de la cabeza dispensadora

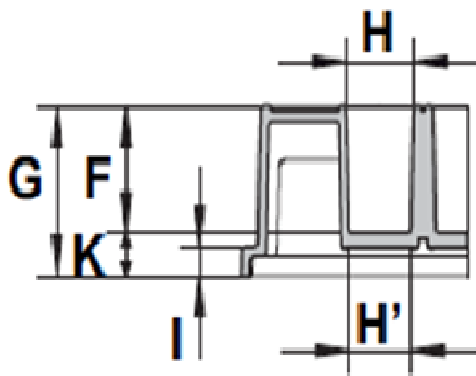
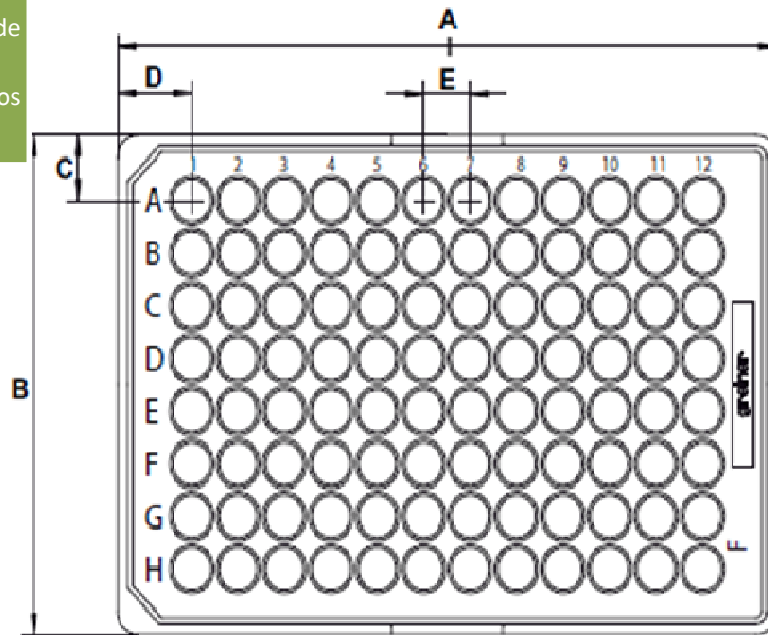
necesita adaptarse al cambio entre placa y placa, sino que también la máquina tendría reconocer o le tendría que ser indicado que el volumen de fluido dispensado necesita ser aumentado o disminuido según corresponda al número de pozos en la microplaca.

Las microplacas más comunes tienden a tener ya sea 96 o 384 pozos. Las microplacas de 96 pozos tienen 8x12 filas, las microplacas de 384 tienen cuatro veces el número de pozos y están dispuestos en 16x24 filas. Esto sugiere que al momento de diseñar sea posible para llenar las dos modalidades de microplaca simplemente cambiar la posición de la cabeza dispensadora para evitar demasiada ingeniería y también la necesidad de muchas partes adicionales. Con el fin de llegar a conceptos precisos fue necesario medir la distancia entre cada uno de los pozos en estos platos. Un ejemplo del tipo de diagrama utilizado para esto se muestra en la figura 15.



**Figura 14. Microplacas**

- A. Longitud de la microplaca
- B. Ancho de la microplaca
- C. Compensación de fila A1
- D. Compensación de columna A1
- E. Espaciamento de pozos (centro a centro)



- F. Profundidad del pozo
- G. Altura del pozo
- H. Diámetro superior del pozo
- H'. Diámetro inferior del pozo
- I. Borde en la altura de la camisa
- K. Elevación inferior del pozo

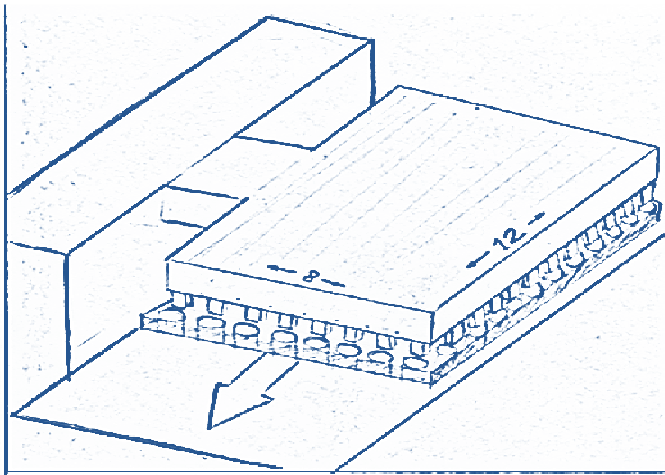
Figura 15. Diagrama de las Microplacas



### 4.3 DESARROLLO DE CONCEPTOS Y PROTOTIPOS

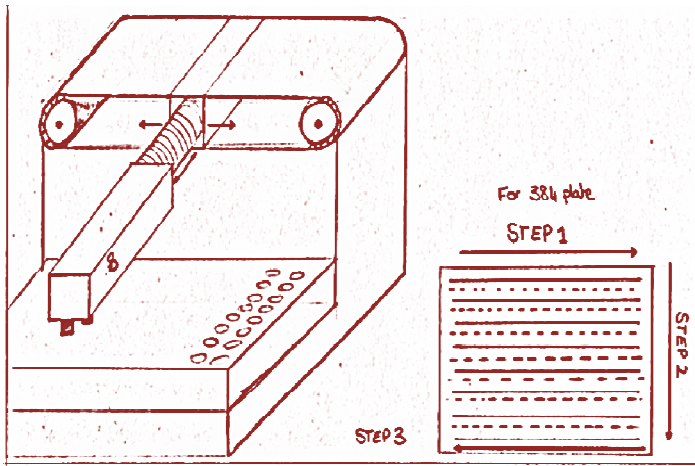
Los conceptos iniciales que se muestran a continuación fueron realizados a manera de bosquejo pues solo son ideas preliminares y se generaron utilizando un enfoque sistemático hacia el método de dispensación de líquidos. En cada caso, la capacidad para llenar las microplacas se suponía posible y el método de llenado es lo que fue analizado. Esto se consideró como un método adecuado. Pues realizando investigación adicional en los principios de funcionamiento de la máquina se concluyó que el factor que más afecta los costos y la velocidad es el método de llenado.

Como producto de una lluvia de ideas se llegó a una variada selección de conceptos, de estos, los siguientes seis conceptos mejores son mostrados para posteriormente llevarlos hacia un proceso de selección.



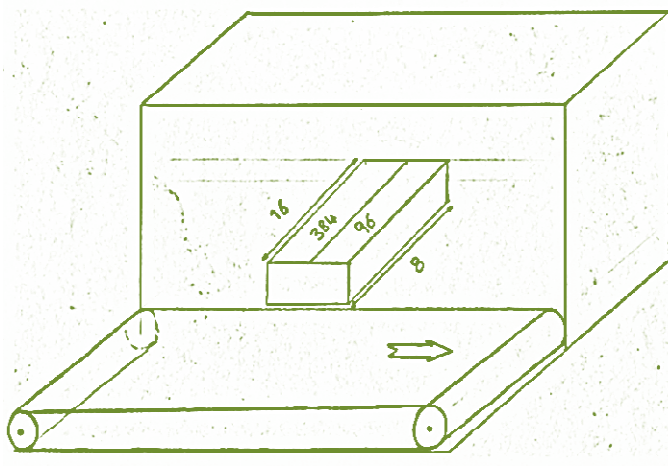
Esta simple idea permite llenar microplacas de 96 y 384 pozos de una sola vez mediante el reemplazo de la cabeza dispensadora de 96 agujas por un cabezal con 384 agujas respectivamente; las microplacas son desplazadas por una banda transportadora.

**Figura 16. Concepto 1**



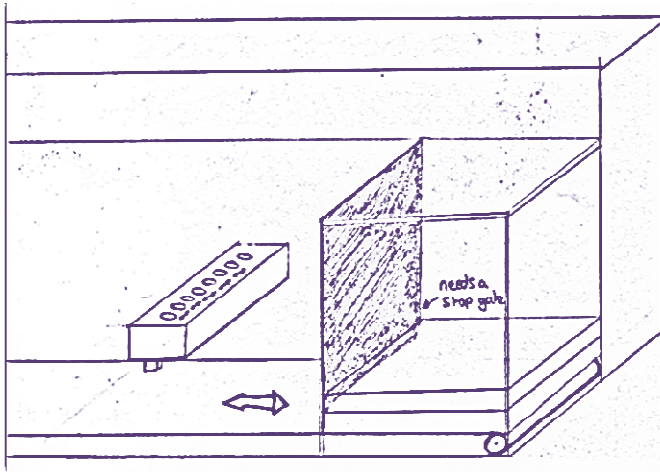
En este caso la cabeza dispensadora posee solamente 8 agujas y se mueve en los ejes x y y por encima de la microplaca. Como se puede observar en el diagrama de la parte inferior derecha, es posible llenar ambos tipos de microplacas, pues de acuerdo al número de pozos en la microplaca, el cabezal se desplazara sobre el eje x siguiendo trayectorias similares a las mostradas.

Figura 17. Concepto 2



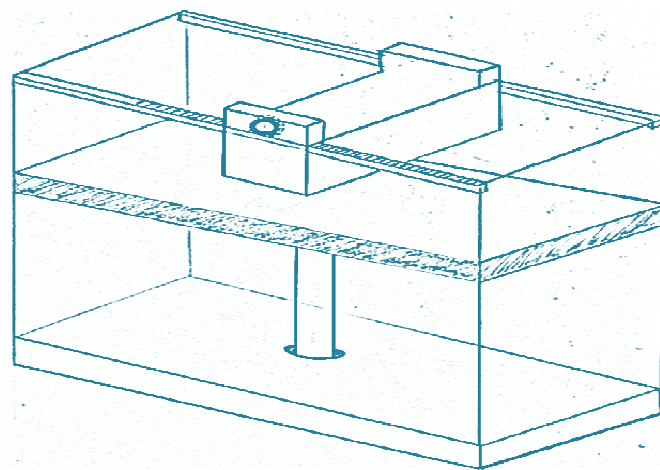
En este caso hay 2 cabezales fijos, uno de 384 pozos con 16 agujas y otro de 96 pozos con 8 agujas, lo que nos permitiría dosificar estos 2 tipos de microplacas únicamente ; las microplacas son movidos a través de una banda transportadora; los cabezales son activados vía un sistema de control.

Figura 18. Concepto 3



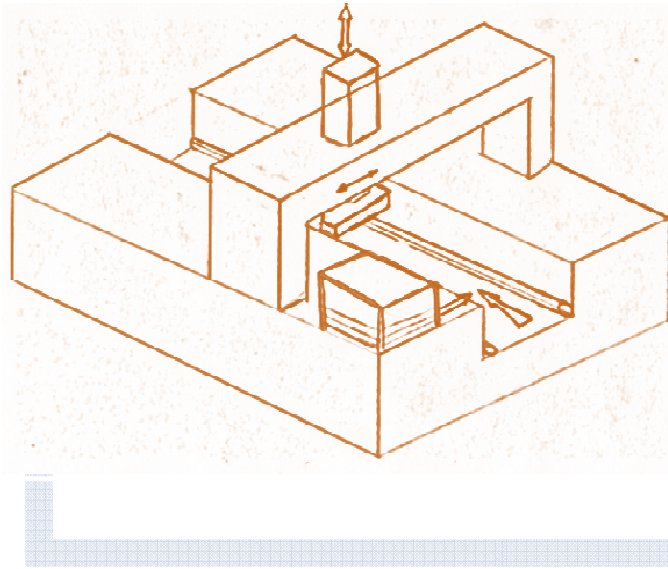
Este concepto es muy similar al anterior, pues tiene el cabezal dispensador fijo pero desmontable, esto permite el cambio del cabezal de a cuerdo al tamaño de la microplaca. También se mueven las microplacas mediante una banda transportadora; adicionalmente cuenta con una sección para almacenar las microplacas, cuyo paso es controlado por una puerta.

**Figura 19. Concepto 4**



Este modelo combina el levantamiento de la bandeja de las microplacas con un cabezal dispensador que se mueve sobre una cremallera.

**Figura 20. Concepto 5**



En este dibujo son usados tornillos sin fin para mover las microplacas de manera horizontal debajo del cabezal dispensador. En la esquina frontal izquierda cuenta con una sección para almacenar las microplacas cuyo paso es regulado con una puerta y una pequeña cabeza que empuja la microplaca hacia la zona del dispensador. El dispensador puede moverse de manera transversal y hacia arriba y hacia abajo, lo que permitirá adaptar el cabezal a microplacas con diferentes alturas.

**Figura 21. Concepto 6**

## **4.4 SELECCIÓN DE CONCEPTOS**

Las opciones de solución generadas se deben evaluar considerando las especificaciones del producto y criterios de selección. La selección de opciones puede ser un proceso iterativo en el que paulatinamente se descarten alternativas.

En este caso empleamos matrices de decisión.

### **4.4.1 FILTRADO DE CONCEPTOS<sup>1</sup>**

Con el fin de tener una forma de filtrar el número de conceptos, es importante tener un proceso definido que nos indique los pros y los contras de cada uno de los elementos de

---

<sup>1</sup> El Filtrado de Conceptos está basado en un método desarrollado por Stuart Pugh en los 1980's. Su propósito es reducir el número de conceptos rápidamente y mejorar los conceptos.

las ideas. Esencialmente, se compara cada concepto en los aspectos clave y se asignan puntuaciones positivas o negativas. Los conceptos que obtienen la mejor puntuación, continúan hacia una fase de desarrollo.

Se valoraron los conceptos utilizando un simple código:

<b>+</b> Mejor que
<b>0</b> Igual que
<b>-</b> Peor que

Los conceptos fueron enumerados en el orden que fueron presentados en la sección anterior del 1 al 6. Cada concepto fue evaluado por usuarios potenciales en base a “Criterios de Selección mostrados en la Tabla V, donde a cada concepto le asignaron un +, 0 ó – dependiendo de sus atributos. Al final se realiza una suma de los +’s, los 0’s y los -’s de cada concepto, se saca un resultado neto que sirve como base para jerarquizar la selección, es decir, que concepto quedo en primer lugar, segundo lugar, etc. Para determinar si el concepto debe seguir a la fase siguiente de desarrollo. La idea del filtrado de conceptos, se analiza en la Tabla V:

Criterios de Selección	Conceptos					
	1	2	3	4	5	6
Facilidad de uso	+	+	+	+	+	+
Facilidad de Fabricación	0	0	0	0	-	0
Costo	-	0	0	0	-	-
Velocidad	+	-	0	+	-	0
Seguridad	-	0	-	0	-	+
Dimensiones	+	+	0	-	-	-
Precisión	+	0	0	0	0	0
Facilidad de cambio de tamaño de microplacas	-	0	+	0	+	+
Tiempo de instalación	+	0	0	+	+	+

Derrames	0	+	-	-	0	0
Suma de +'s	5	3	2	3	3	4
Suma de 0's	2	6	6	5	5	4
Suma de -'s	3	1	2	2	2	2
Resultado Neto	2	2	0	1	1	2
Jerarquización de selección	1	1	3	2	2	1
Continua	sí	sí	no	no	no	sí

**Tabla V. Filtrado de conceptos**

## 4.5 CALIFICACIÓN DE CONCEPTOS

En la Calificación de Conceptos, las tres ideas con mayor puntuación que fueron la 1, 2 y 6 de acuerdo a la tabla V, se analizan más a fondo.

En esta etapa a cada uno de los criterios de selección se les da una ponderación en este caso van del 5% al 25% en función de su importancia en las especificaciones de diseño del producto. Después los usuarios asignan una calificación que puede ir desde 1 hasta 5, donde 5 es la calificación mayor. Una vez asignada la calificación, se multiplica por la ponderación asignada para cada uno de los casos. Finalmente se saca un total que indica cual es el concepto que responde mejor a la mayoría de los criterios de selección. La Tabla VI nos muestra que concepto es más adecuado para continuarlo en un mayor desarrollo.

Estos procesos de selección y puntuación significan que la selección de un concepto se realiza mediante una técnica adecuada y no sólo de sentimiento.

Conceptos							
Criterios de Selección	Ponderación	1		2		6	
		Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada
Facilidad de uso	10%	4	0.40	3	0.30	4.5	0.35
Facilidad de Fabricación	5%	1	0.05	2	0.10	1	0.05
Costo	20%	2	0.40	3	0.60	2	0.40
Velocidad	25%	4	0.75	2	0.50	3.5	0.875
Seguridad	5%	2	0.10	3	0.15	4	0.20
Dimensiones	5%	2	0.10	3	0.15	2	0.10
Precisión	5%	3	0.15	3	0.15	3	0.15
Facilidad de cambio de tamaño de microplacas	10%	1	0.10	4	0.40	3	0.30
Tiempo de instalación	5%	2	0.10	2	0.10	2	0.10
Derrames	10%	1	0.10	2	0.20	3	0.30
<b>Total</b>		<b>2.65</b>		<b>2.65</b>		<b>2.825</b>	

**Tabla VI. Calificación de Conceptos**

## 4.6 SELECCIÓN FINAL

En el método de “Calificación de Conceptos” se filtraron los conceptos restantes y se eligió el concepto que debe avanzar a la siguiente fase y utilizarse como base del diseño final. Originalmente a partir de la idea del concepto 6, se elaboró un mayor desarrollo. Como se puede observar en las figuras 22 y 23 siguiente el diseño ha sido desarrollado a fin de incluir elementos de todos los conceptos anteriores.

En esta máquina el cabezal dispensador puede deslizarse de forma transversal, pero su estructura es fija (Ver Figura 24), es decir, no se puede mover a lo largo de toda la máquina, aun así esta característica permite que se puedan dosificar microplacas con

diferente número de pozos ya que recordemos que son simétricos entre sí. Esto significa que es fácil cambiar de llenado entre microplacas de 96, 384 y 1536 pozos.

Utiliza un sencillo mecanismo de cremallera y piñón para mover el cabezal dispensador hacia arriba y hacia abajo, permitiendo el fácil acceso de microplacas con diferentes alturas, evitando derrames. El diseño permite insertar una pila de microplacas (Ver figura 25) en la máquina que permite el llenado rápido sin necesidad de perder tiempo deteniendo e iniciando. Se prevé la reducción del costo debido a la inclusión de los tornillos sin fin usados para transportar los microplacas (Ver figura 26), puesto que se determinó que la banda transportadora es más costosa.

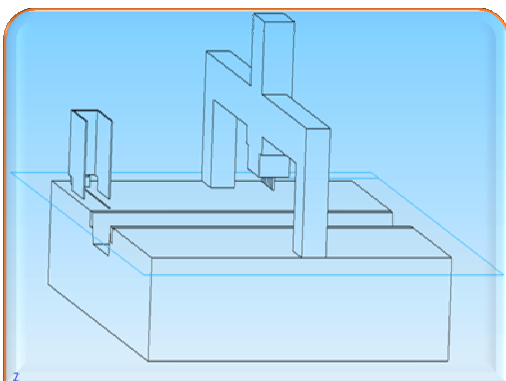


Figura 22. Desarrollo del Concepto 6 vista 1

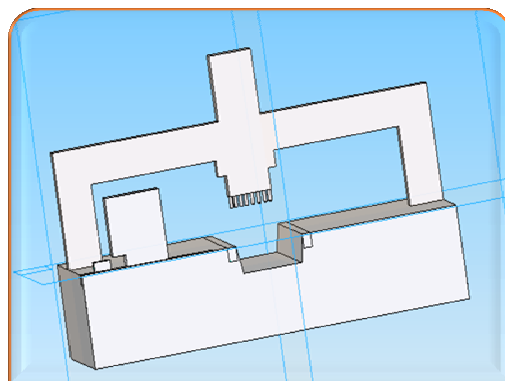
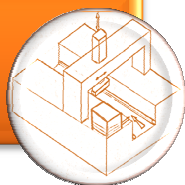
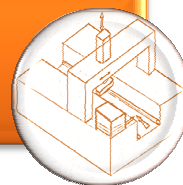


Figura 23. Desarrollo del Concepto 6 vista 2





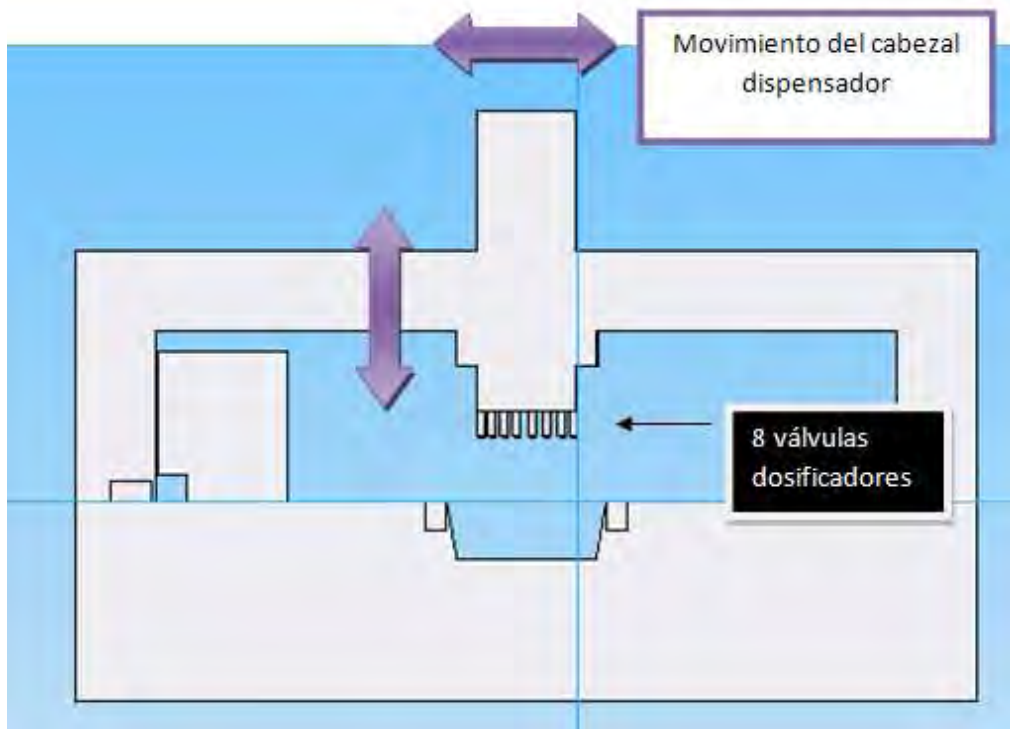


Figura 24. Movimientos del Cabezal Dispensador

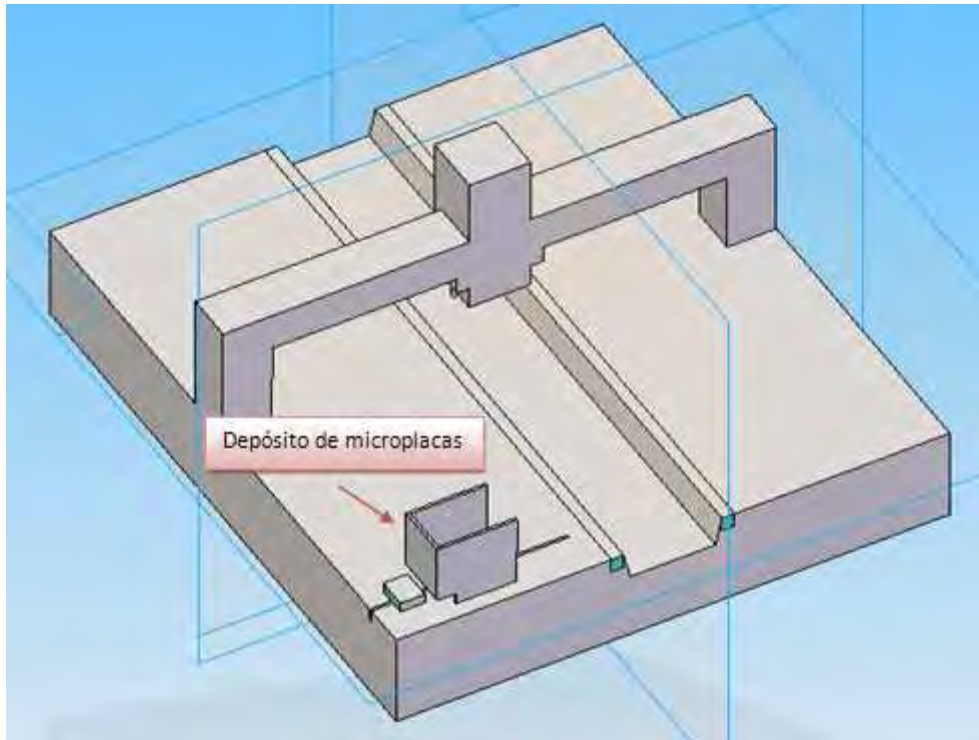


Figura 25. Depósito de microplacas

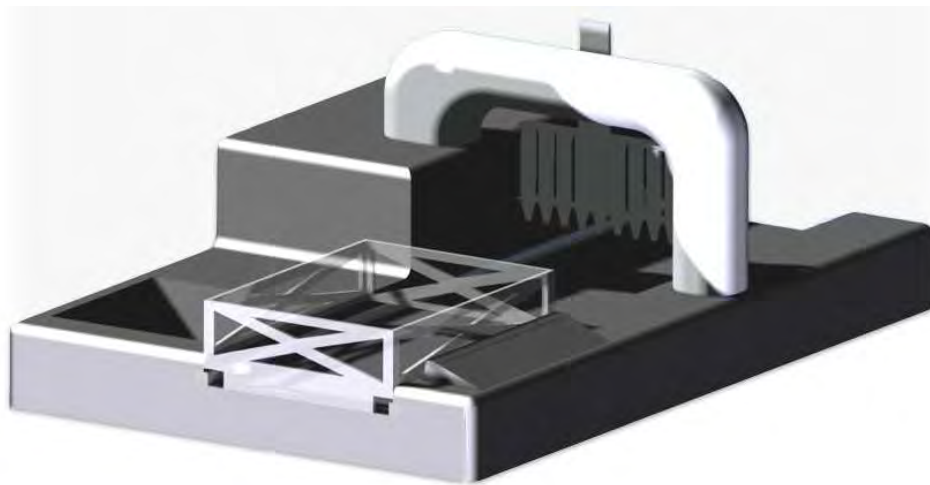


líquido que será dispensada en cada pozo. Los inyectores son controlados por un motor a pasos y una cremallera que reduce su velocidad y así evitar derrames. Para acelerar el proceso una pila de micro-placas pueden ser colocadas en un soporte con una microplaca siendo tomada a la vez. Una vez que el micro placa está lleno, la máquina espera hasta que se retira antes de empezar a llenar el siguiente plato.

El uso de un mecanismo de cremallera y piñón para mover los inyectores también les permite ser retirados y cambiados para su mantenimiento o sustitución.

El prototipo digital final es capaz de llenar microplacas de 96, 384 y 1536 pozos de diferentes alturas, esto gracias a las 8 válvulas solenoides y al cabezal con capacidad de movimiento transversal y sobre el eje Z.

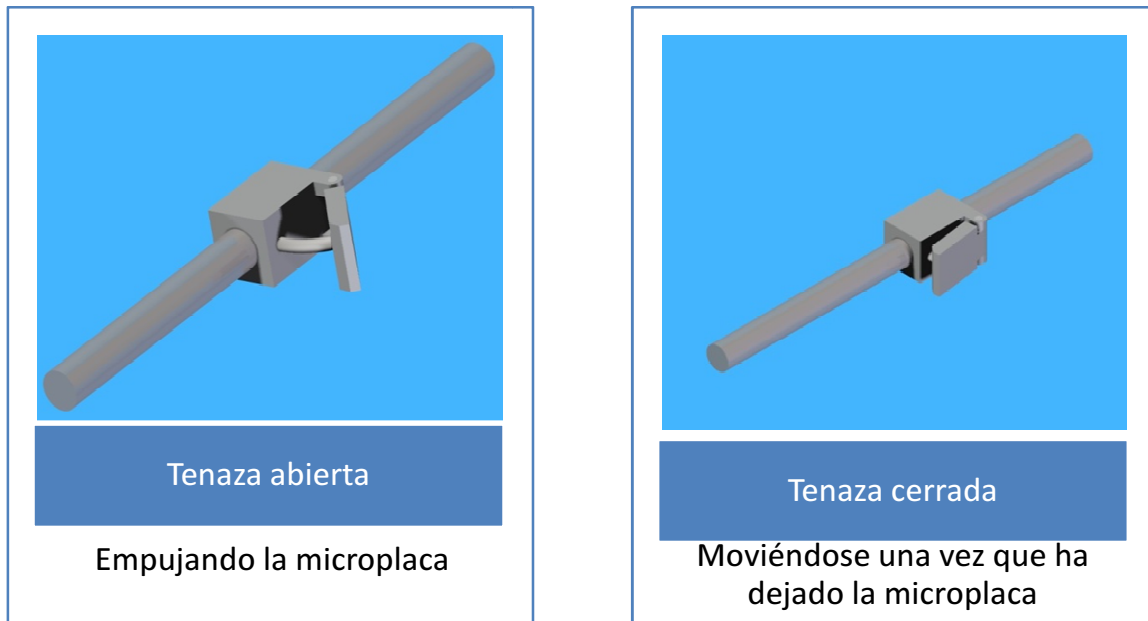
A continuación en la figura 27 se puede apreciar el diseño CAD del prototipo final digital realizado:



**Figura 27. Prototipo Digital**

La base de la máquina está construida a partir de una estructura de metal cubierta por una capa de plástico para proteger los componentes internos. El puente está construido de manera similar con una estructura de metal para proporcionar la fuerza y el plástico para cubrir el funcionamiento.

Las microplacas se mueven mediante tornillos sin fin girando y se detienen con un muelle. Sobre los tornillos se encuentran tenazas (Ver figura 28) que se van a abrir para empujar la microplaca y una vez que lo hayan dejado al final del recorrido se cierran y regresan por la otra microplaca. Esto significa que la velocidad y la posición de la microplaca está controlada por la rosca, logrando así un funcionamiento muy preciso.



**Figura 28. Tenazas**

#### **4.8 ANÁLISIS DE ELEMENTO FINITO**

Se realizó un análisis de elemento finito aplicando cargas sobre las tenazas de empuje para verificar su funcionamiento ante las sollicitaciones de diseño, pues dentro del funcionamiento mecánico del diseño de la máquina, es este el elemento crítico. En las figuras 29 a 34, las flechas verdes indican la restricción de movimiento de la tenaza y las flechas moradas ilustran la sección que está en contacto con la carga. Las tablas VII a XVI, describen el presente estudio.

### Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Estudio 1
Tipo de análisis	Estático
Tipo de malla:	Malla sólida
Temperatura a tensión cero	298.000000
Unidades	Kelvin

**Tabla VII. Descripción del estudio**

### Propiedades de material

Nº	Nombre de sólido	Material	Masa	Volumen
1	Tenaza	6061-T4 (SS)	0.000114064 kg	4.22458e-008 m <sup>3</sup>

**Tabla VIII. Descripción de la pieza**

Nombre de material:	6061-T4 (SS)
Descripción:	Aleación de aluminio 6061-T4
Tipo de modelo del material:	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado:	Tensión máxima de von Mises
Datos de aplicación:	

**Tabla IX. Descripción del material**

Nombre de propiedad	Valor	Unidades	Tipo de valor
Módulo elástico	6.9e+010	N/m <sup>2</sup>	Constante
Coefficiente de Poisson	0.33	NA	Constante
Módulo cortante	2.6e+010	N/m <sup>2</sup>	Constante
Densidad	2700	kg/m <sup>3</sup>	Constante
Límite de tracción	2.4e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante
Límite elástico	2.2753e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante
Coefficiente de dilatación térmica	2.4e-005	/Kelvin	Constante
Conductividad térmica	154	W/(m.K)	Constante
Calor específico	896	J/(kg.K)	Constante
Factor de endurecimiento (0.0-1.0; 0.0=isotrópico; 1.0=cinemático)	0.85	NA	Constante

**Tabla X. Datos del material**

## Cargas y restricciones

### Carga

Nombre de carga	Conjunto de selecciones	Tipo de carga	Descripción
Fuerza/Torsión-1	activar 1 Cara(s) aplicar fuerza normal 1 N utilizando distribución uniforme	Carga secuencial	

Tabla XI. Descripción de la carga

### Información de malla

Tipo de malla:	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie suave:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	0.25265 mm
Tolerancia:	0.012632 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	18133
Número de nodos:	27743
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:04

Tabla XII. Información de la malla

### *Fuerzas de reacción*

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	0.707195	-1.19905e-5	0.707082	1.00004

**Tabla XIII. Fuerzas de reacción**

### *Fuerzas de cuerpo libre*

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	3.9016e-7	-1.26651e-7	-1.80776e-7	4.48269e-7

**Tabla XIV. Fuerzas de cuerpo libre**

### *Momentos de cuerpo libre*

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N-m	0	0	0	1e-033

**Tabla XV. Momentos de cuerpo libre**



## Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones1 (Figura 29)	VON: Tensión de von Mises	212.43 N/m <sup>2</sup> Nodo: 22070	(-24.1952 mm, 33.2481 mm, 0 mm)	6.49119e+006 N/m <sup>2</sup> Nodo: 18315	(-22.3564 mm, 32.9139 mm, 2.48758 mm)
Desplazamientos 1 (Figura 30)	URES: Desplazamiento resultante	0 m Nodo: 288	(-22.4213 mm, 33.5342 mm, 0 mm)	1.51242e-006 m Nodo: 762	(-18.8648 mm, 31.5342 mm, -0.6 mm)
Deformaciones unitarias1 (Figura 31)	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.73538e-007 Elemento: 4816	(-23.6176 mm, 31.677 mm, 0.104682 mm)	8.31469e-005 Elemento: 6186	(-22.3522 mm, 31.1102 mm, 2.52099 mm)

Tabla XVI. Resumen de Resultados

Formato de archivo: 3D Inter  
 Formato de archivo: Estudio 1  
 Modo de resolución: 32800 Elementos  
 Método de determinación: 1.2E+04

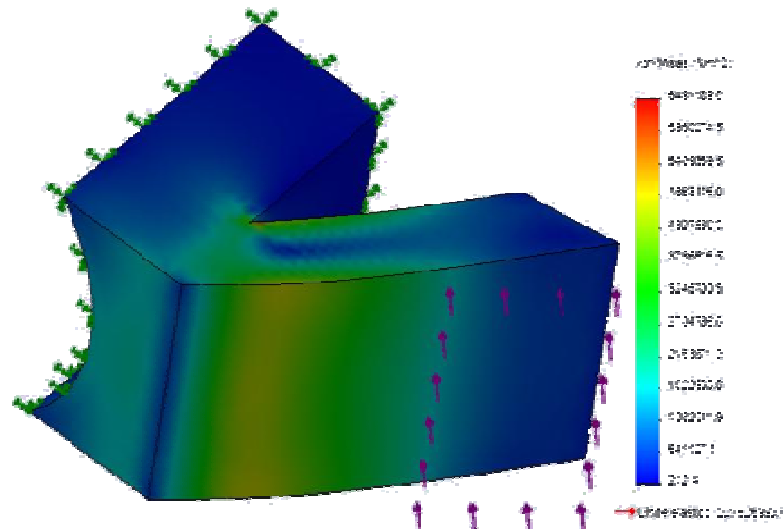
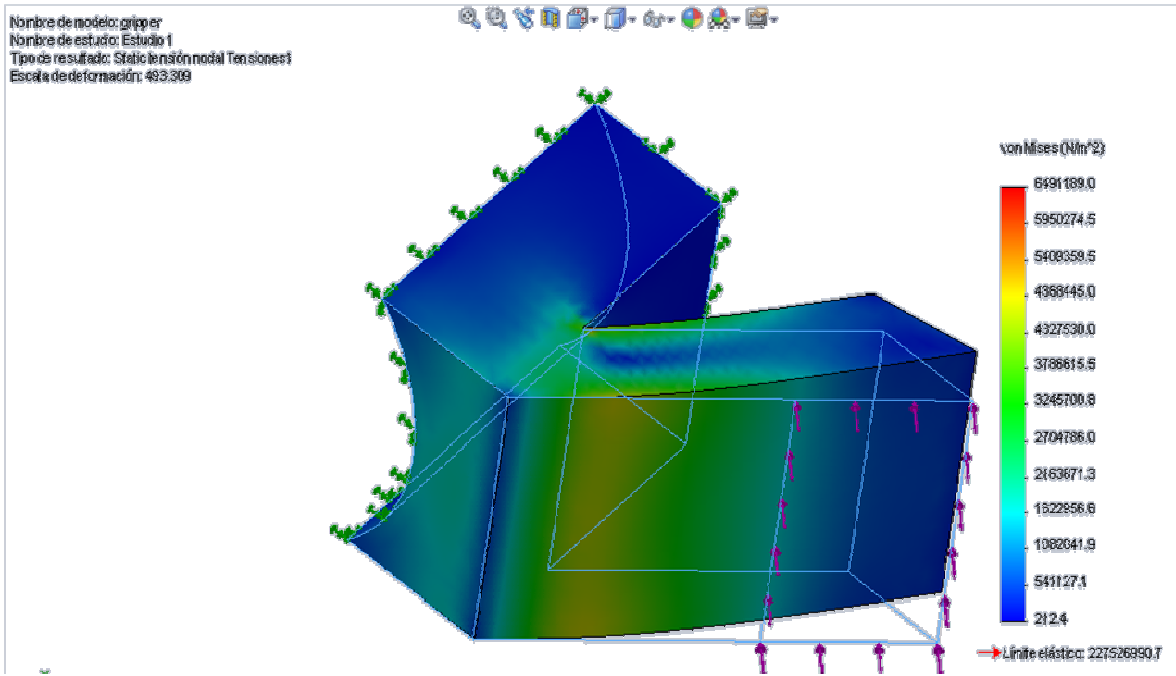
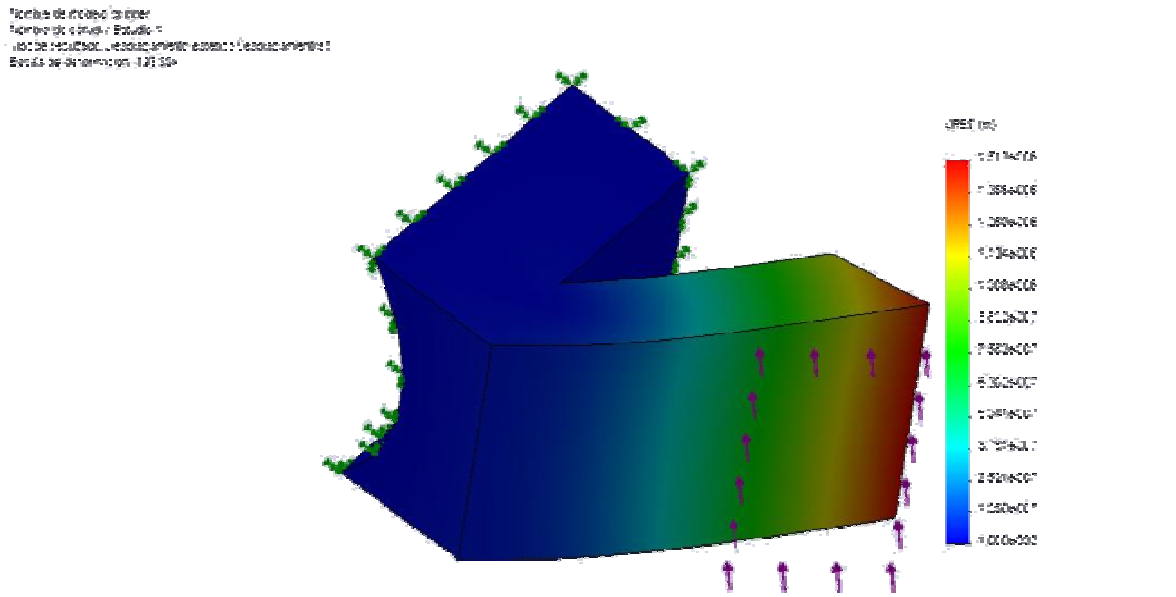


Figura 29. Tenaza – Estudio de Tensiones



**Figura 30. Tenaza – Estudio de Tensiones. Las líneas trazadas dentro de la pieza muestran la pieza después de estar sujeta a tensión.**



**Figura 31. Tenaza - Estudio de Desplazamientos**

Forma de carga: 01000  
Forma de estudio: Estudio 1  
Tipo de resultado: Desplazamiento relativo (en unidades)  
Escala de deformación: 4.3330

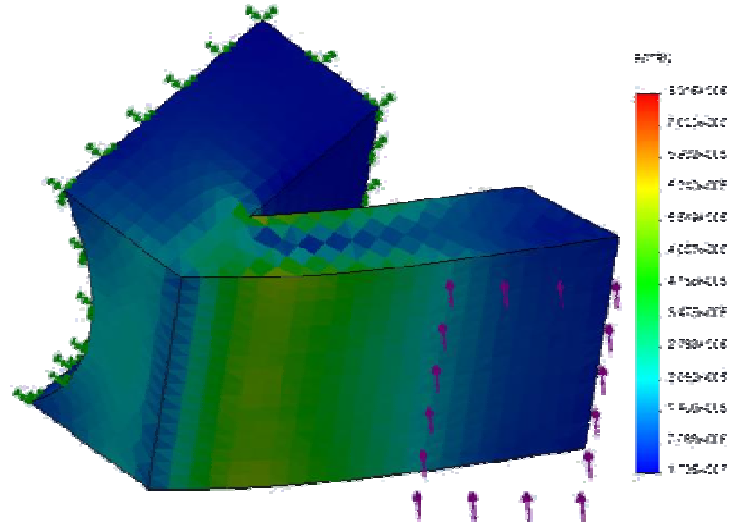


Figura 32. Tenaza - Estudio de Deformaciones Unitarias

Forma de carga: 01000  
Forma de estudio: Estudio 1  
Tipo de resultado: Factor de seguridad (Factor de seguridad)  
Escala: Auto  
Entrenamiento de factor de seguridad: FEA (en FEA)

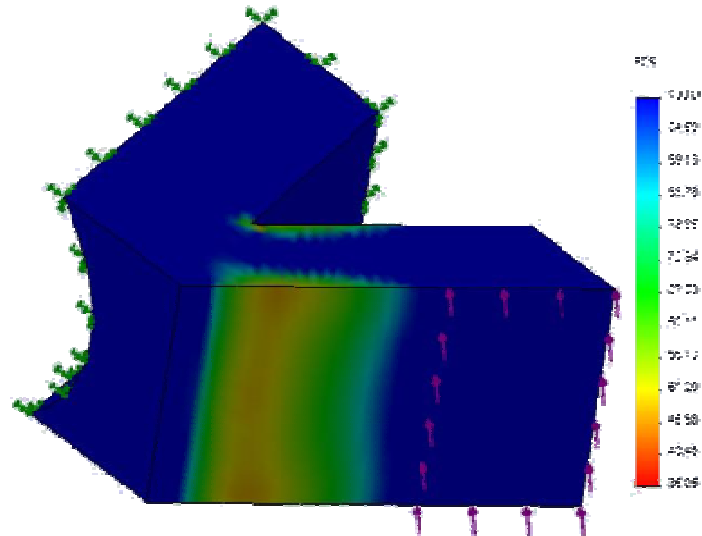
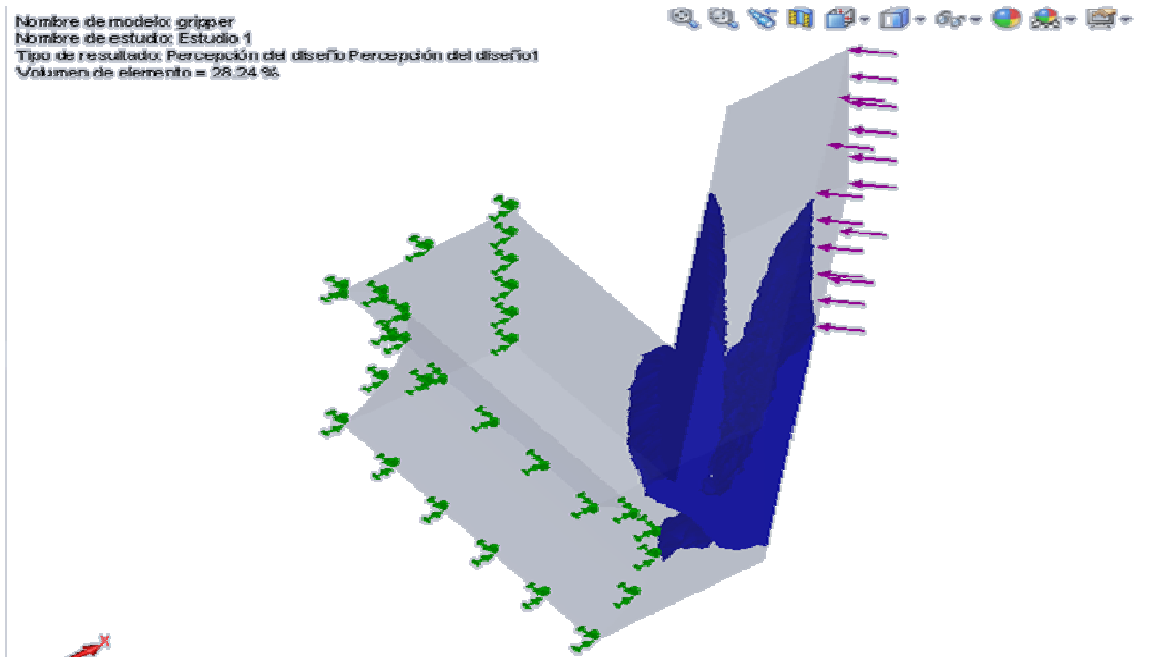


Figura 33. Tenaza - Estudio de Factor de Seguridad



**Figura 34. Tenaza – Percepción del Diseño**

En la Figura 33 se aprecia la percepción del Diseño en la que se puede observar la parte útil de la pieza diseñada.

#### **4.8.1 Conclusión del estudio del Elemento Finito**

Los resultados del análisis de diseño están basados en un análisis estático lineal y se asume que el material es isotrópico. El análisis estático lineal presupone que:

- 1) El comportamiento del material es lineal, en consonancia con la ley de Hooke.
- 2) Los desplazamientos inducidos son lo suficientemente pequeños como para pasar por alto los cambios en la rigidez debidos a las cargas.
- 3) Las cargas se aplican lentamente para pasar por alto los efectos dinámicos.

No se deben basar las decisiones de diseño solamente en los datos presentados en este informe, pues se debe utilizar esta información en conjunción con datos experimentales y con la experiencia práctica. Las pruebas de campo son de obligado cumplimiento para validar el diseño definitivo.

Como resultado del estudio realizado podemos observar que nuestro elemento trabajara de forma segura. El factor de seguridad es muy alto por lo cual se garantiza su óptimo desempeño.

# CONCLUSIONES

---

Se cumplieron los objetivos de flexibilidad que se deseaban alcanzar pues la máquina diseñada podrá dosificar diferentes volúmenes en cada pozo y diferentes líquidos en cada columna, pues las válvulas del cabezal dispensador tendrán la capacidad de manejar diferentes líquidos, esto gracias a que a cada válvula se le conecta una manguera cuyo segundo extremo se puede conectar al mismo depósito de líquido en común con todas las demás mangueras de las válvulas o a un depósito de líquido en particular.

Se podrá dosificar en microplacas con diferente número de pozos. Dependiendo el número de pozos que el usuario necesite, ya sean 96, 384 o 1536 se podrá dosificar con el mismo cabezal dispensador, lo único que se necesita hacer es indicarle al programa el número de pozos que posee la microplaca para que se ajuste automáticamente la distancia entre válvulas, pues como se puede apreciar en el Apéndice C las dimensiones exteriores de las microplacas son iguales y las dimensiones interiores se ven definidas por el número de pozos contenidos en cada microplaca. Las distancias de centro a centro de cada pozo son simétricas entre si, es decir, que si una microplaca contiene 96 pozos, los pozos de una microplaca que contenga 384 pozos, estarán ubicados a la mitad de distancia de centro a centro de la microplaca de 96 pozos. Del mismo modo, los pozos de la microplaca de 1536 pozos están ubicados a la mitad de la distancia de centro a centro de las microplacas de 384 pozos.

La máquina contará con un LCD y un teclado alfanumérico que será una interfaz amigable con el usuario. El usuario podrá programar secuencias manualmente según sus necesidades. La máquina contará también con varios protocolos pre-programados sugeridos por usuarios potenciales. La interfaz humano-máquina será lo suficientemente amigable como para que al usuario le baste con leer el manual para utilizar la máquina y no tenga que recibir capacitación para su uso.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

La tecnología con la que son elaboradas las válvulas solenoides permiten ofrecer una alta precisión de llenado de +/- 1% para volúmenes de 100µl y un tiempo de dosificación de la microplaca completa menor a un minuto. Al ser eléctricas las válvulas solenoides, no necesitan suministro de aire, lo que hace a la máquina ser independiente pues no dependerá de algún sistema adicional.

La apariencia es muy importante en un producto pues debe ser lo suficientemente atractiva al ojo del cliente para que lo compre, ya que el cliente no solo busca funcionalidad sino también estética. Debido a esto se buscó que el diseño final fuera lo suficientemente atractivo como para llamar la atención. Los materiales con los que será fabricada la máquina (estructuras de metal cubiertas con plástico de alto impacto) permitirán que sea liviana. Esto también se verá reflejado en el bajo costo de la máquina.

Uno de los objetivos del proyecto fue adquirir una experiencia internacional y multicultural, esto se logró muy bien ya que los miembros del equipo de UK no solamente son ingleses, sino que había miembros chinos, japoneses y turcos también, lo que nos permitió relacionarnos con gente de ideas muy diversas gracias a las culturas y tradiciones que definen a cada uno de ellos.



# APÉNDICES

---

## Apéndice A

### Integrantes del Equipo

Team A	Team B	Team C	Team D	Team E
I.A.A. Adewuyi	Christopher Baker	Matthew Body	Daniel Butina	Luke Cowley
Ellen Dewdney	Philip Horsford	M.F. Ibrahim	Joseph Leung	Bryn Littlefair
William McLay	Matthew Philo	Henry Slade	James Tait	Frederick Thubron
Andrew Williams	T.S.L. Wong	Junyuan Yang	James Young	Zhihao Zhang
Alfredo Angeles	Andres Del Olmo	Anabel Aviles	Xanat Tellez	Pablo Escarcega
Daniel Lima	Guillermo Marvan	Octavio Diaz	Jorge Riveros	Alberto Sanchez
			Victor Gonzalez	



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# Apéndice B

## Diagrama de Gaant

Week	2	3	4	5	5	7	Holiday	Holiday	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
<b>Task</b>	Week Beginning																			
Customer Needs	Feb 15th	Feb 23rd	Mar 2nd	Mar 9th	Mar 15th	Mar 23rd	Mar 30th	Apr 6th	Apr 13th	Apr 20th	Apr 27th	May 4th	May 11th	May 18th	May 25th	Jun 1st	Jun 8th	Jun 15th	Jun 23rd	
Target Specs																				
Concepts																				
Complete Concepts																				
Concept Selection																				
Engineering Analysis																				
Final Report																				

# Apéndice C

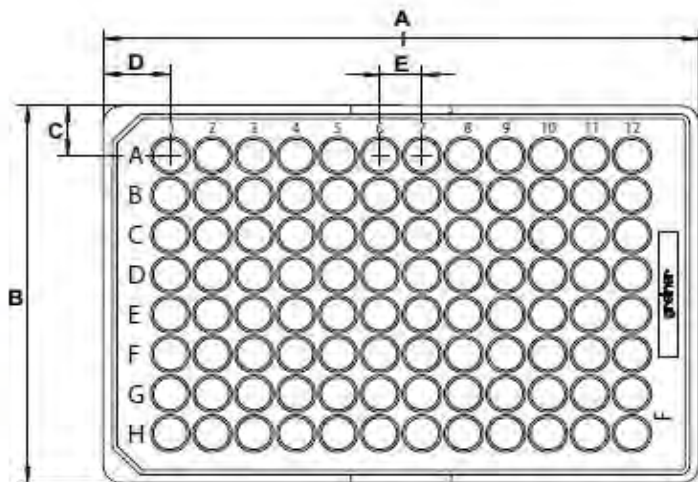
## MICROPLACAS

### Uso

Las microplacas están diseñados y construidas para el almacenamiento seguro y libre de contaminantes y la manipulación de líquidos, en especial de las muestras procedentes del cuerpo humano en el ámbito de las aplicaciones en diagnóstico in vitro, a fin de permitir el uso del dispositivo médico in vitro sanitario de diagnóstico como está previsto. Las microplacas solo pueden utilizarse una sola vez.

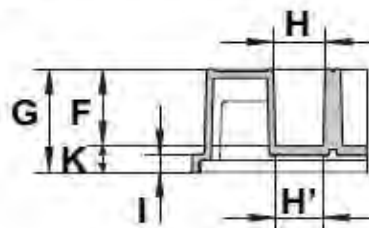
### Dimensions Explanation

- A Plate length
- B Plate width
- C A1 Row offset
- D A1 Column offset
- E Well spacing (center to center)



- F Well depth
- G Plate height
- H Well diameter top
- H' Well diameter bottom
- I Flange or skirt height
- K Well bottom elevation\*

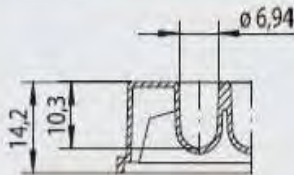
\* See Overview on p. 14/16



## 96 Well Microplates

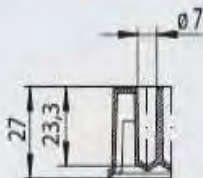
### 96 Well Polystyrene Microplates

#### U-bottom



■ Footprint (length x width):	127.76 x 85.48 mm
■ A1 Row offset:	11.18 mm
■ A1 Column offset:	14.29 mm
■ Well spacing (center to center):	9.02 mm
■ Flange or skirt height:	2.5 mm
■ Mathematical volume:	323 $\mu$ l
■ Working volume:	40-280 $\mu$ l

#### MASTERBLOCK®, 0.5 ml

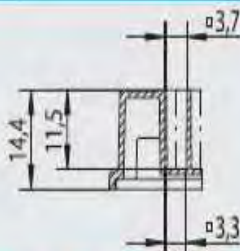


■ Footprint (length x width):	127.76 x 85.48 mm
■ A1 Row offset:	11.24 mm
■ A1 Column offset:	14.38 mm
■ Well spacing (center to center):	9.0 mm
■ Flange or skirt height:	2.5 mm
■ Mathematical volume:	0.78 ml
■ Working volume:	0.03-0.65 ml (RT) / 0.03-0.55 ml (-20°C)

## 384 Well Microplates

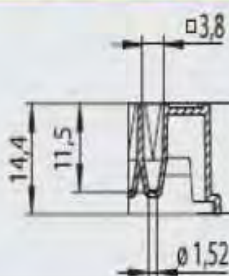
### 384 Well Polystyrene Microplates

#### F-bottom



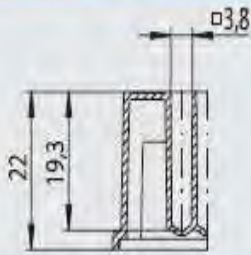
■ Footprint (length x width):	127.76 x 85.48 mm
■ A1 Row offset:	8.99 mm
■ A1 Column offset:	12.13 mm
■ Well spacing (center to center):	4.5 mm
■ Flange or skirt height:	2.5 mm
■ Mathematical volume:	138 $\mu$ l
■ Working volume:	10-130 $\mu$ l

#### Small Volume™, Deep Well



■ Footprint (length x width):	127.76 x 85.48 mm
■ A1 Row offset:	8.99 mm
■ A1 Column offset:	12.13 mm
■ Well spacing (center to center):	4.5 mm
■ Flange or skirt height:	2.5 mm
■ Mathematical volume:	107 $\mu$ l (21 $\mu$ l in the frustum)
■ Working volume:	10-90 $\mu$ l

## MASTERBLOCK®, V-bottom, Deep Well

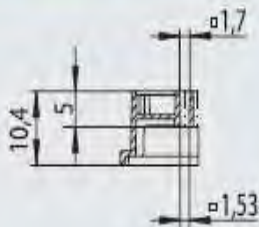


Footprint (length x width):	127.76 x 85.48 mm
A1 Row offset:	8.99 mm
A1 Column offset:	12.13 mm
Well spacing (center to center):	4.5 mm
Flange or skirt height:	2.5 mm
Mathematical volume:	240 µl
Working volume:	20-225 µl

## 1536 Well Microplates

## 1536 Well Polystyrene Microplates

## F-bottom HiBase



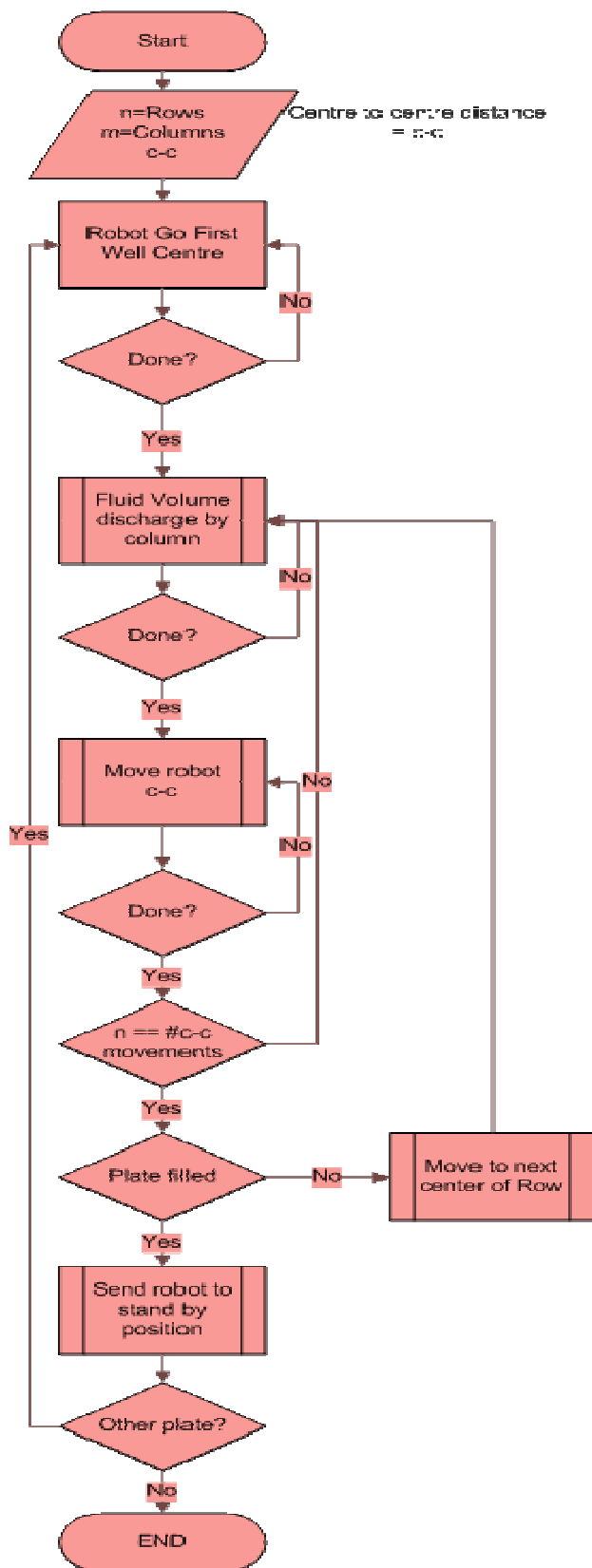
Footprint (length x width):	127.76 x 85.48 mm
A1 Row offset:	7.87 mm
A1 Column offset:	11.01 mm
Well spacing (center to center):	2.25 mm
Flange or skirt height:	2.0 mm
Mathematical volume:	12.6 µl
Working volume:	3-10 µl

Sumario de Aplicaciones:

Applications	Microplates			
	Deepwell 384/200	Deepwell 96/500	Deepwell 96/1000	Deepwell 96/2000
Bacterial cultures	-	•	•	•
Yeast cultures	-	-	•	•
DNA isolation / purification	•	•	•	•
Genotyping	•	•	•	•
High-throughput, sample storage (cDNA library etc.)	•	•	•	•
Storage of cryo cultures, e.g. cells/cell lysates	•	•	•	•
Storage of DNA, RNA, PCR products, proteins	•	•	•	•
Protein extraction and expression	-	•	•	•
Active ingredient Screening / combinatorial chemistry	•	•	•	•
Crystallization of compounds / proteins	-	•	•	•

# Apéndice D

## Diagrama de Control

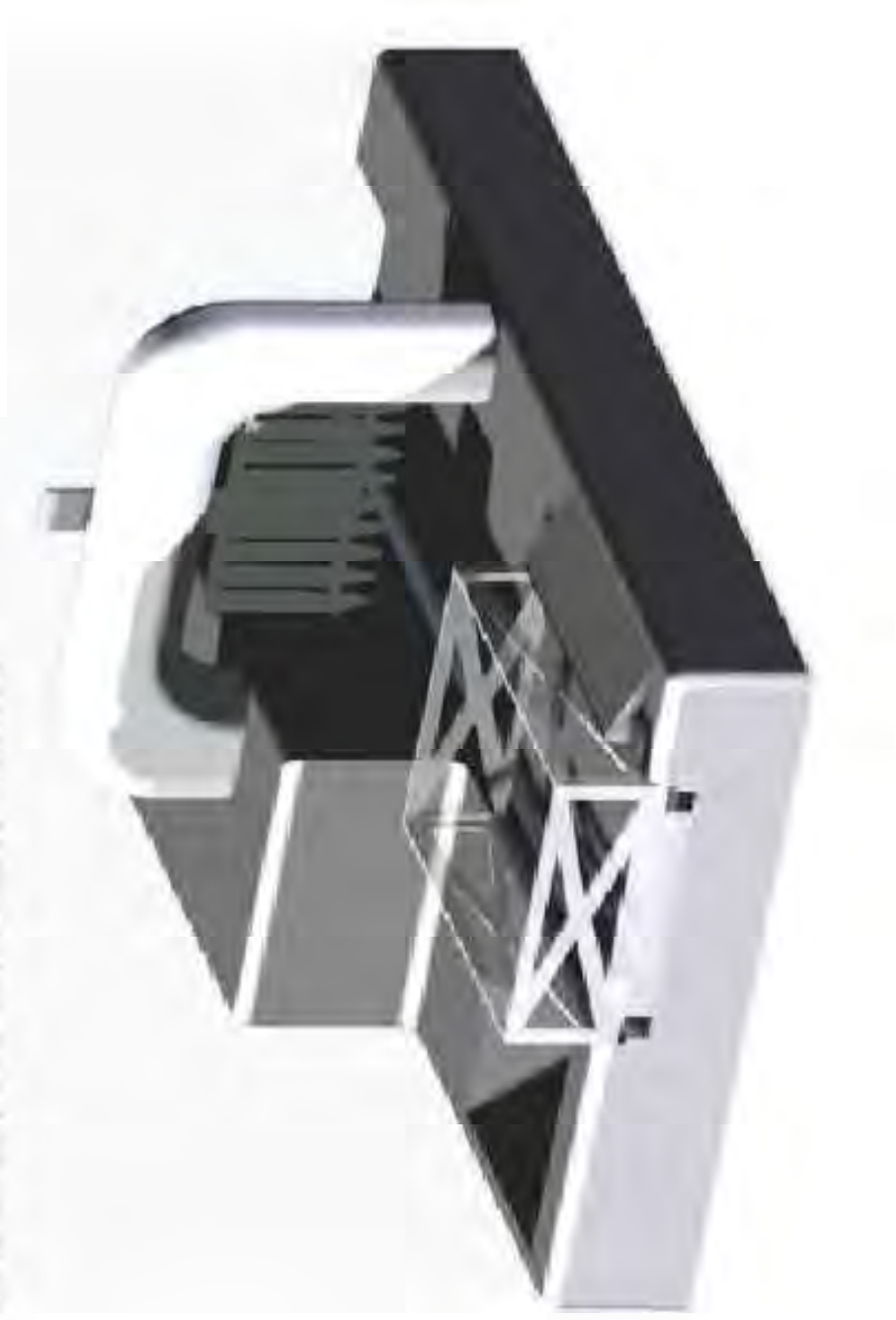




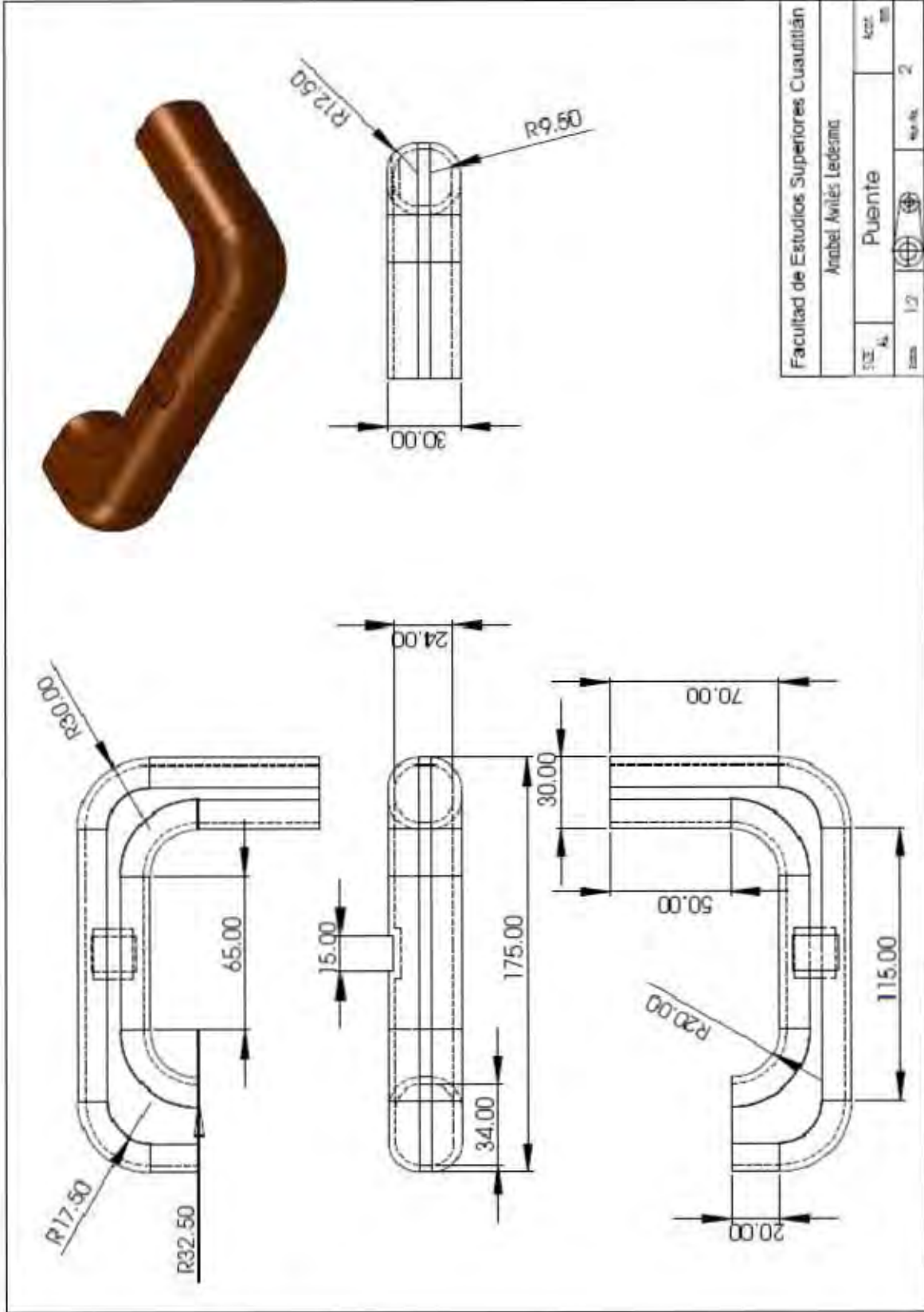
# Apéndice E

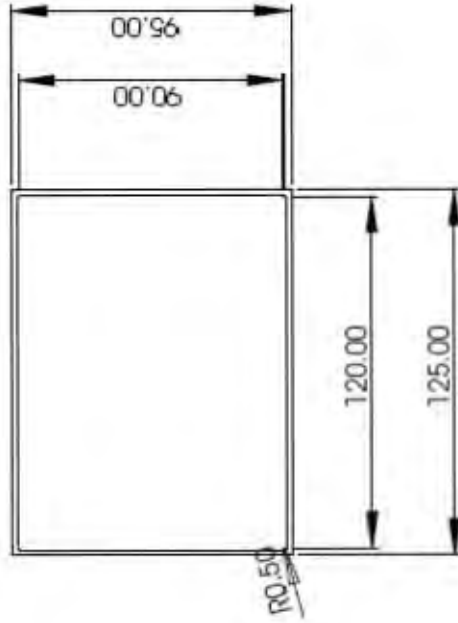
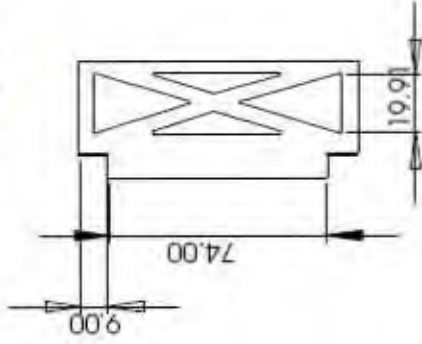
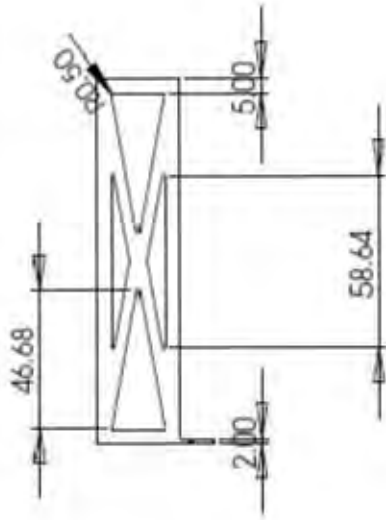
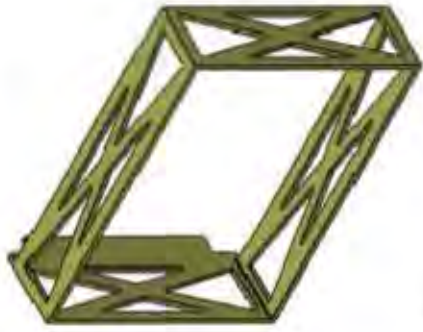
## Planos del Prototipo Digital

PROTOTIPO DIGITAL: MÁQUINA  
DOSIFICADORA DE MICROPLACAS

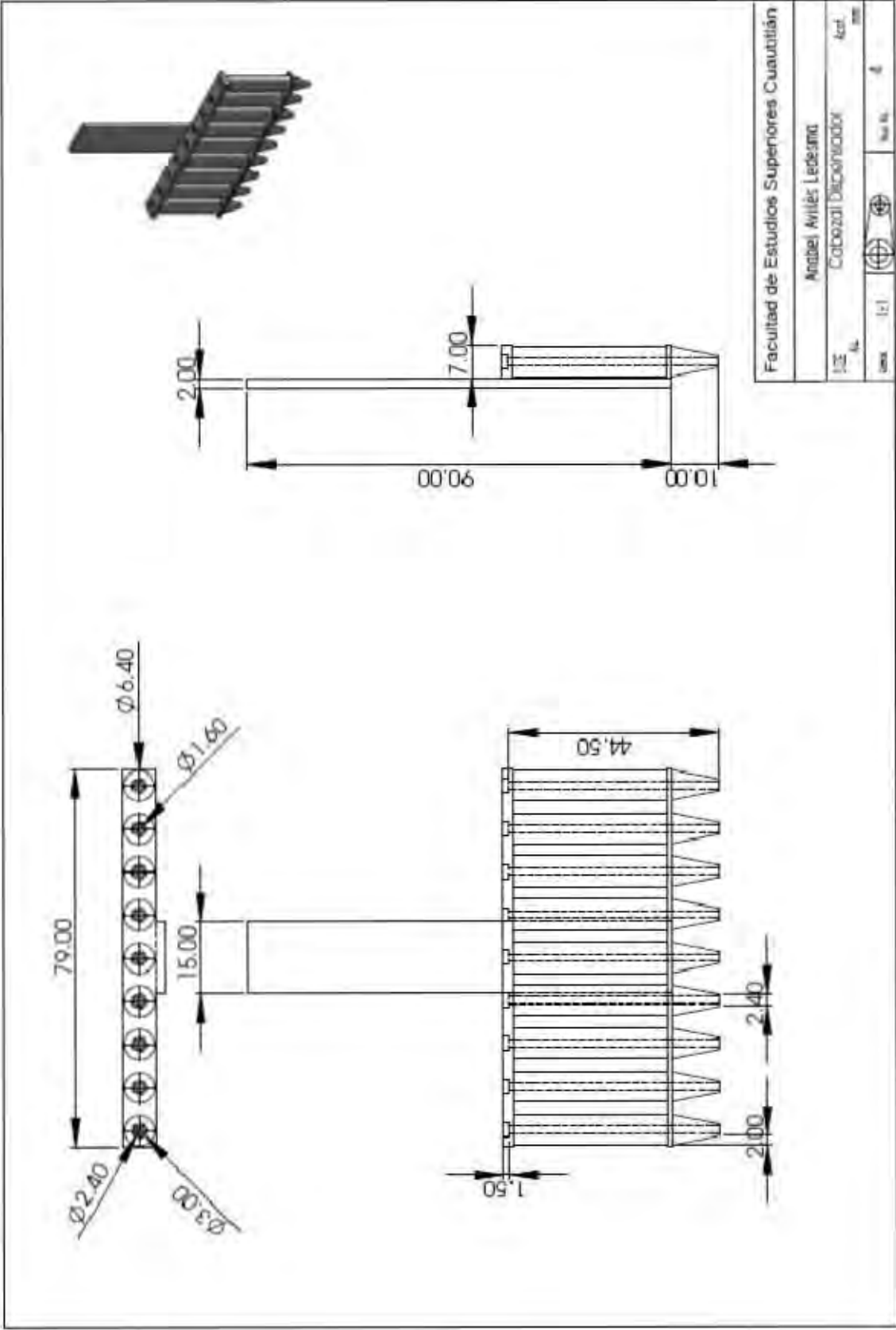




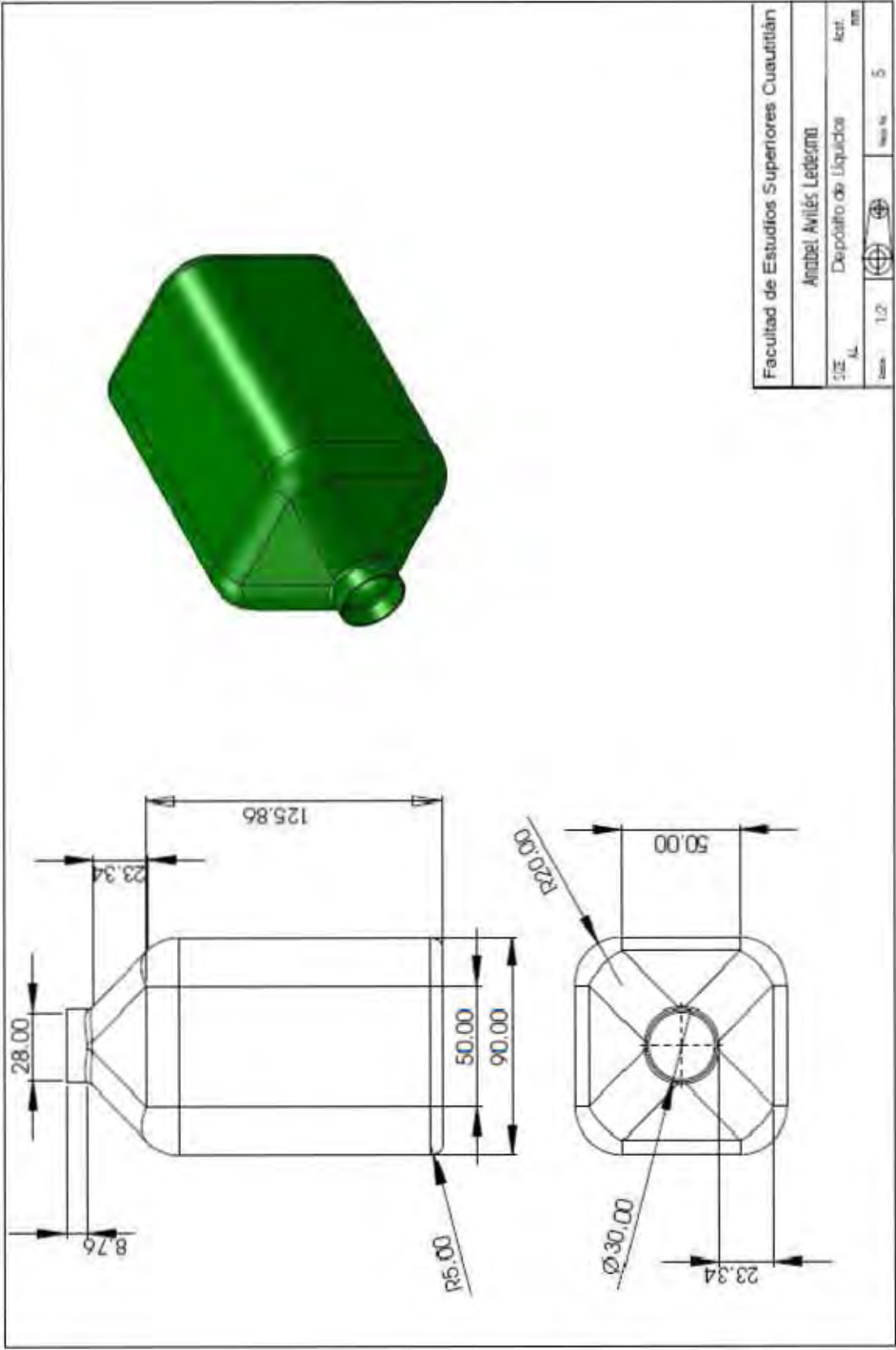




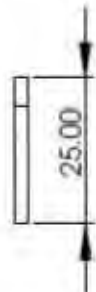
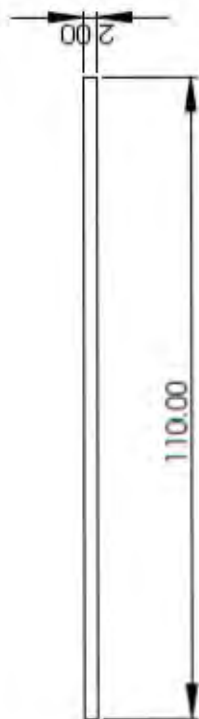
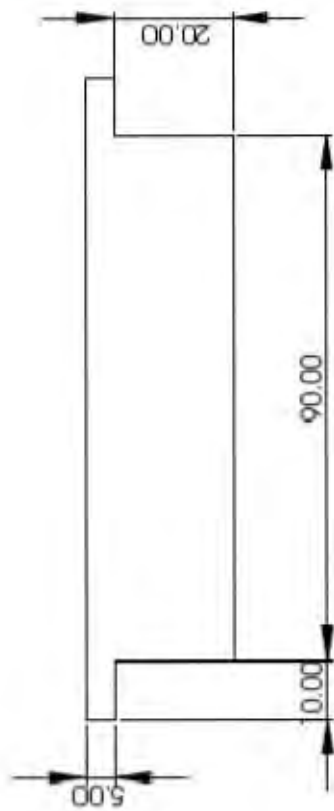
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán			
Arquitecto: Andrés Ledezma			
PROYECTO	AL	Repl. de Almacenamiento de Microplásticos	Arq.
Escala	1:2		Folio No. 5



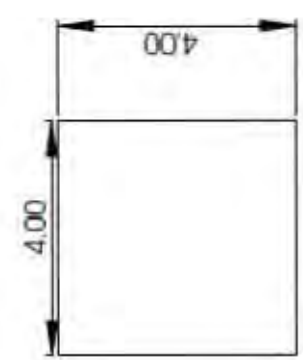
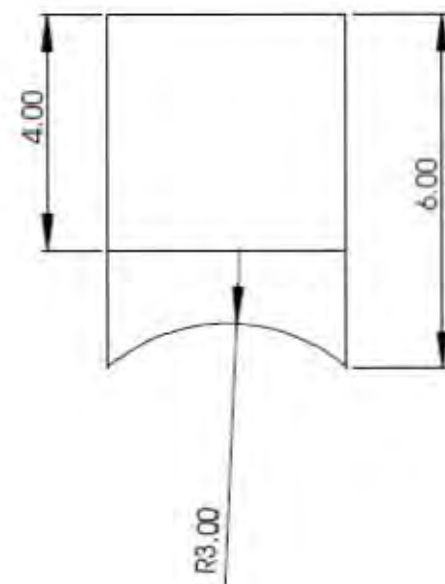
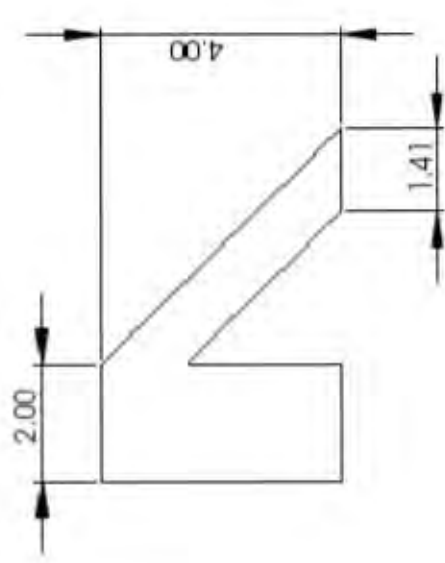
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán	
Arnoldo Aviñón Ledezma	
Catedrático Discapacitado	
ISE	Act.
AL	Act.
100	Act.
(1)	Act.
100	Act.



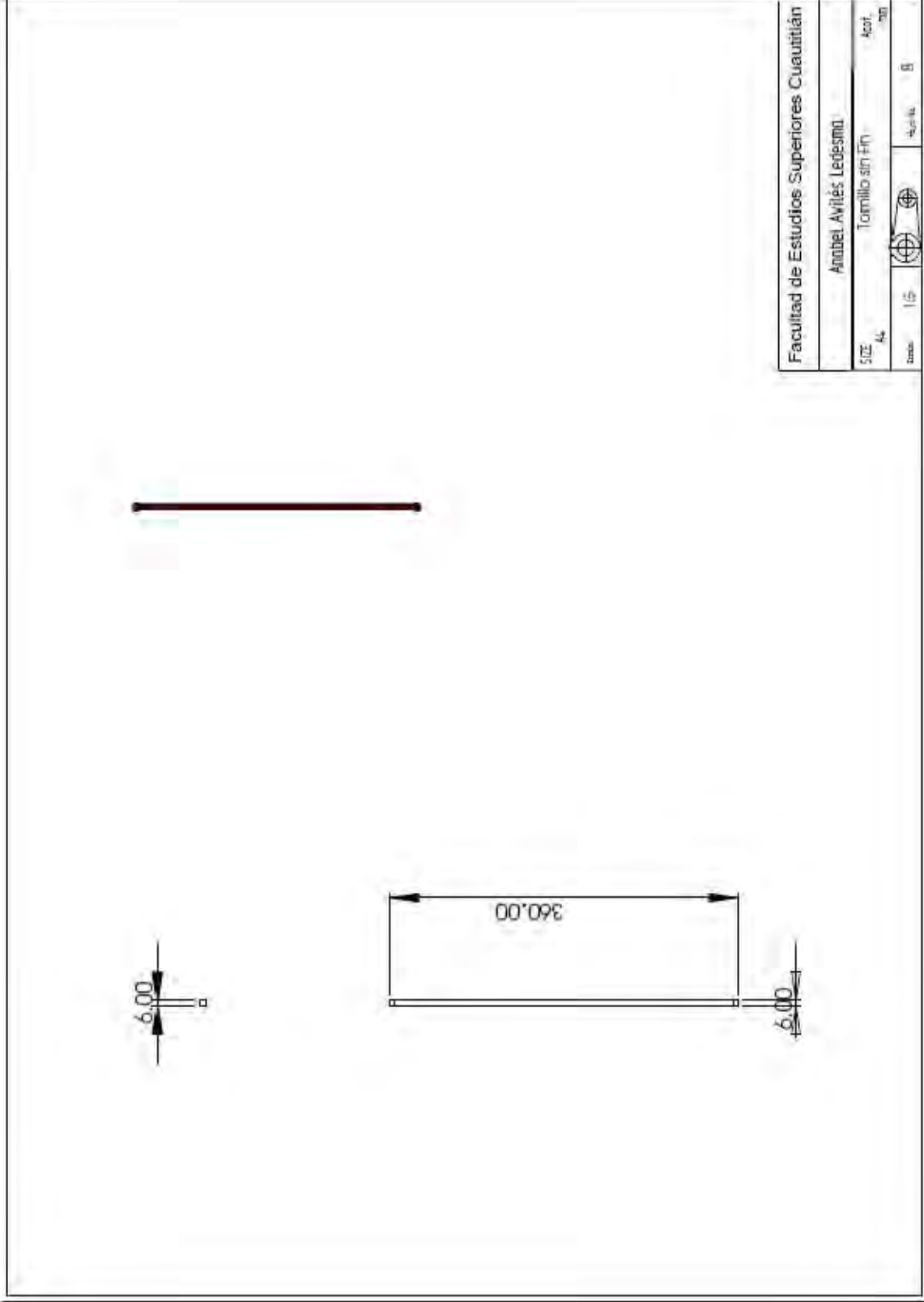
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán	
Anabel Avilés Ledezma	
512 AL	Depósito de Líquidos
Escala: 1:2	Acot. mm
Hoja No.	5



Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán			
Anabel Avilés Ledezma			
ISE	AL	Supesor de Microplaca	Act.
Fecha:	1/1		



Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán			
Anabel Avilés Ledezma			
302	II	Formazo	Act. 2018
2018	(D.)		Hoja No. 7



Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán	
Anabel Avilés Ledezma	
502	Tornillo sin Fin Acot.
44	300
Fecha: 15	Hoja: 15

# BIBLIOGRAFÍA

---

- Alcaine, J., Diego, J.A., y Artacho, M.A. “*Diseño de producto, Métodos y Técnicas*”, Alfaomega, 2004
  
- Borja Ramírez Vicente, et al. “*A product innovation learning experience based on collaborative multinational team work*”. Memorias del XII Congreso Internacional de la SOMIM y Congreso Internacional de Metal Mecánica 2007. Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica, México, 2007
  
- Collins, Jack A. “*Failure of materials in mechanical design: analysis, prediction, prevention*”. John Wiley&Sons, 2002
  
- González Villela, Dr. V. Javier. “*The Thesis Process*”. UNAM, FI, 2008
  
- Katzenbach, Jon R., and Douglas K. Smith. “*The Wisdom of Teams: Creating the High Performance Organization*”. Harvard Business School Press, 1993
  
- Ken Hurst, “*Engineering design principles*, Arnold Publishers”, 1999
  
- Mott, Robert L. “*Machine Elements*”. Pearson Education, 2006
  
- Mott, Robert L. y Enríquez Brito, Javier. “*Mecánica de Fluidos*”. Pearson Education, 2006
  
- Nigel Cross, “*Métodos de Diseño, estrategias para el diseño de productos*”, Limusa-Wiley, 1999
  
- Norton, Robert L. “*Diseño de Maquinaria*”. Mc Graw Hill, 2006





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

- Norton, Robert L. “*Diseño de Máquinas*”. Mc Graw Hill, 1999
  
- Sabbagh, Karl. “*Twenty First Century Jet: The Making and Marketing of the Boeing 777*”. Times, 1996
  
- Sclater, Neil; Chironis, Nicholas P. “*Mechanisms and mechanical devices sourcebook*”. Mc Graw Hill, 2001
  
- Shigley, Joseph Edward; Mischke, Charles R.; Hunter Brown, Thomas. “*Standard handbook of machine design*”. McGraw Hill Standard Handbooks, 2004
  
- Ulrich, Karl T. and Eppinger, Steven. “*Product and Design Development*”. McGraw Hill International Edition, 2000
  
- Wentzell, Timothy H. “*Machine design*”. Thomson Delmar Learning, 2004
  
- Wheelwright, Stephen C., and Kim B. Clark. “*Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency and Quality*”. The Free Press, 1992
  
- Wilde Douglas J. *Teamology: The construction and organization of effective teams*. Stanford University, USA, 2007.