



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

**“DISEÑO DE UNA MONTURA PARA UN FILTRO ÓPTICO UTILIZABLE EN  
DISPOSITIVOS CON PANTALLAS LCD MEDIANTE LA METODOLOGÍA  
DEL QFD”**

.

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN DISEÑO**

PRESENTA:

**ANTONIA CARRASCO MARTÍNEZ**

DIRECTOR:

**M.T.A.M. ARMANDO ROSAS GONZÁLEZ**

ASESOR:

**DR. ÁNGEL SINUE CRUZ FÉLIX**

Heroica Ciudad de Huajuapán de León, Oaxaca. Enero, 2019.



# Contenido

Índice de Figuras .....	6
Índice de Tablas.....	9
Introducción .....	11
Capítulo 1 Marco de Referencia.....	13
1.2 Antecedentes .....	13
1.3 Planteamiento del tema.....	14
1.4 Problema a resolver .....	15
1.5 Justificación .....	17
1.6 Objetivo general.....	17
1.7 Alcances y delimitaciones .....	17
1.8 Objetivos específicos y metas .....	18
1.9 Metodología .....	19
Capítulo 2 Marco teórico .....	21
2.1 Definición de montura y descripción de materiales usados en su fabricación.....	21
2.2 Productos similares existentes en el mercado.....	23
2.2.1 Filtros 3M .....	23
2.2.2 Marco con cámara integrada .....	24
2.2.3 Sistema clip on en armazones de gafas.....	24
2.3 La metodología DFC .....	24
2.4 El Método Kano .....	29
2.5 La impresión 3D.....	31
2.5.1 Principios fundamentales de la impresión 3D.....	31
2.5.2 Modelado, exportación de archivos y configuración de la impresión 3D.....	32
2.5.3 Impresión 3D por fotopolimerización .....	32
2.5.4 La impresión 3D por fusión de lechos de polvo .....	33
2.5.5 La impresión 3D por extrusión de material.....	34
2.6 Elementos de sujeción .....	36
2.6.1 Tipos de imanes.....	317
2.7 Tipos de unión a presión .....	38
2.7.1 Annular snap fit .....	39
2.7.2 Cantilever snap fits.....	39
2.7.3 Molding snap fits.....	39
Capítulo 3 Desarrollo de la Metodología .....	41
3.1 Descripción del usuario .....	41
3.2 Escenarios para el uso potencial del filtro .....	42

3.3	Primera fase del DFC .....	44
3.3.1	Definición de los requerimientos del filtro (Aplicación del Método Kano) .....	44
3.3.2	Definición de los requerimientos de diseño (Voz del ingeniero) .....	47
3.3.3	Primera Matriz de la Calidad (Requerimientos del filtro vs Requerimientos de diseño) 48	
3.3.4	Evaluación competitiva .....	50
3.3.5	Selección de los requerimientos de diseño.....	53
3.4	Segunda fase del DFC .....	53
3.4.1	Proceso de conceptualización.....	53
3.4.1.1	Propuestas de conformación estructural para el filtro óptico.....	54
i)	Propuesta Uno para la conformación estructural de la montura .....	54
ii)	Propuesta Dos para la conformación estructural de la montura.....	55
iii)	Propuesta Tres para la conformación estructural de la montura .....	55
iv)	Propuesta Cuatro para la conformación estructural de la montura .....	56
3.4.1.2	Propuestas de elementos de sujeción para el filtro óptico.....	57
i)	Propuesta Uno de elementos de sujeción para el filtro óptico .....	57
ii)	Propuesta Dos de elementos de sujeción para el filtro óptico .....	58
iii)	Propuesta Tres de elementos de sujeción para el filtro óptico.....	59
3.4.2	Análisis de cada propuesta de diseño.....	60
3.4.3	Segunda Matriz de la Calidad (Características técnicas vs Características de las partes) 65	
3.4.4	Selección de las características de las partes.....	66
3.5	Tercera fase del DFC.....	67
3.5.1	Tercera Matriz de la Calidad (Características de las partes vs Operaciones claves del proceso).....	67
3.5.2	Selección de operaciones clave del proceso .....	70
3.6	Cuarta fase del DFC .....	71
3.6.1	Cuarta Matriz de la Calidad (Operaciones clave del proceso vs Parámetros claves del proceso).....	71
3.6.2	Selección de los parámetros clave del proceso .....	74
3.7	Propuestas de modelos de la montura .....	74
3.7.1	Modelo Uno.....	74
3.7.2	Modelo Dos .....	75
3.7.3	Modelo Tres .....	77
3.7.4	Modelo Cuatro .....	79
3.7.5	Modelo Cinco .....	80
3.8	Selección del modelo de montura .....	84

3.9	Descripción del proceso de fabricación del prototipo .....	87
Capítulo 4 Resultados.....		93
4.1	Planos constructivos.....	95
4.2	Modelos tridimensionales en software.....	95
4.3	Imágenes del prototipo .....	96
4.4	Aplicación del test de Ishihara .....	97
Conclusiones .....		101
Bibliografía .....		103
Anexos.....		105
Anexo I Entrevista a oftalmólogo .....		105
Anexo II Entrevista al cliente después del uso inmediato de la montura. ....		106
Anexo III Entrevista al cliente después de un uso prolongado de la montura.....		107
Anexo IV. Planos de la montura .....		107

## Índice de Figuras

Figura 1.1 Esquema del filtro. ....	14
Figura 1.2 Imagen del filtro usado en el test de Ishihara. ....	16
Figura 1.3 Esquema del filtro. ....	16
Figura 1.4 Etapas de la metodología a seguir para el desarrollo de la montura. ....	19
Figura 2.1 Filtro 3M para laptops. ....	23
Figura 2.2 Filtro 3M para computadoras de escritorio. ....	23
Figura 2.3 Marco para placa de autos. ....	24
Figura 2.4 Gafas clip on. ....	24
Figura 2.5 Casas de la calidad. Proceso básico del DFC ....	25
Figura 2.6 Casas de la calidad. Se muestran las características técnicas en horizontal y los requerimientos del cliente en vertical. ....	26
Figura 2.7 Casas de la calidad. Se muestran el área de relaciones. ....	26
Figura 2.8 Casas de la calidad. Se muestran el área de ponderación de prioridad. ....	27
Figura 2.9 Casas de la calidad. Evaluación de la competencia. ....	27
Figura 2.10 Casas de la calidad. Área designada al valor objetivo de cada CT. ....	27
Figura 2.11 Casas de la calidad. Techo de correlación con escala. ....	28
Figura 2.12 Casas de la calidad. ....	28
Figura 2.13 Tipos de requerimientos. ....	29
Figura 2.14 Tabla de importancia de las características. ....	31
Figura 2.15 Ejemplo de un modelo tridimensional convertido en capas. ....	32
Figura 2.16 Ejemplo de una impresión por fotopolimerización. ....	33
Figura 2.17 Ejemplo de piezas impresas por impresión fusión de lechos de polvo. ....	34
Figura 2.18 Ejemplo de impresión por FDM. ....	35
Figura 2.19 Tuercas ....	37
Figura 2.20 Unión a presión ....	37
Figura 2.21 Pegamento para metales. ....	37
Figura 2.22 Imán flexible. ....	37
Figura 2.23 Ejemplo de gancho metálico. ....	37
Figura 2.24 Ejemplo de bisagras. ....	37
Figura 2.25 Tornillos. ....	37
Figura 2.26 Unión a presión. Annular snap fit. ....	39
Figura 2.27 Unión a presión. Cantilever snap fit. ....	39
Figura 2.28 Unión a presión. Molding snap fit. ....	39
Figura 3.1 Fractura de una de las películas del filtro a causa de un doblez. ....	41
Figura 3.2 Deformaciones en el filtro que ocasionan distorsiones ópticas y dañan el material. ....	42
Figura 3.3 Esquema de la luz exterior alrededor del soporte y el filtro óptico. ....	45
Figura 3.4 Esquema de inclinación de la pantalla en una laptop. ....	48
Figura 3.5 Escalas utilizadas en las matrices del DFC. ....	48
Figura 3.6 Cuerpo de la primera casa de la calidad. ....	49
Figura 3.7 Tejado de la primera casa de la calidad. ....	50
Figura 3.8 Marco para placa de autos. ....	50
Figura 3.9 Gafas clip on. ....	50
Figura 3.10 Filtro 3M para Computadoras de escritorio. ....	51
Figura 3.11 Análisis de la competencia en la primera casa de la calidad. ....	52
Figura 3.12 Propuesta tipo mariposa. ....	55
Figura 3.13 Bisagra usada en el concepto tipo mariposa. ....	55

Figura 3.14 Seguro antes de cerrarse, usado en el concepto tipo mariposa. ....	55
Figura 3.15 Seguro cerrado en el concepto tipo mariposa. ....	55
Figura 3.16 Propuesta de diseño, una sola pieza metálica. ....	55
Figura 3.17 Contorno de la pieza, abierta y cerrada. ....	55
Figura 3.18 Dibujo de la propuesta tres. ....	56
Figura 3.19 Unión de las dos piezas del soporte por medio de tornillo y tuerca. ....	56
Figura 3.20 Unión a presión entre piezas del concepto tres. ....	56
Figura 3.21 Dibujo de la propuesta cuatro. ....	57
Figura 3.22 Unión a presión de las dos piezas del concepto cuatro. ....	57
Figura 3.23 Parte posterior de la montura con saliente. ....	58
Figura 3.24 Corte de la montura en donde se observa la saliente. ....	58
Figura 3.25 Dibujo que muestra la montura sujeta a la laptop. ....	58
Figura 3.26 Dibujo que muestra el imán alrededor de la pantalla de una laptop. ....	59
Figura 3.27 Colocación de una tira de metal alrededor de la parte posterior de la montura. ...	59
Figura 3.28 Se muestra la unión de la montura a la laptop por medio de imán. ....	59
Figura 3.29 Ganchos en montura. ....	59
Figura 3.30 Dibujo de montura con ganchos sujeta sobre la pantalla de una laptop. ....	59
Figura 3.31 Cuerpo de la segunda casa de la calidad. ....	65
Figura 3.32 Tejado de la segunda casa de la calidad. ....	66
Figura 3.33 Cuerpo de la tercera casa del DFC. ....	69
Figura 3.34 Tejado de la tercera casa del DFC. ....	70
Figura 3.35 Cuerpo de la cuarta casa de calidad. ....	72
Figura 3.36 Tejado de la cuarta casa de la calidad. ....	73
Figura 3.37 Modelo uno. Cavidad de la pieza. ....	74
Figura 3.38 Modelo uno. Saliente de la pieza. ....	74
Figura 3.39 Modelo uno. Forma del marco. ....	75
Figura 3.40 Modelo uno. Área de sujeción del filtro. ....	75
Figura 3.41 Modelo dos. Ensamble a presión por interferencia agujero-eje. ....	75
Figura 3.42 Modelo dos. Ensamble a presión por interferencia agujero-eje. ....	76
Figura 3.43 Modelo dos. Saliente del soporte. ....	76
Figura 3.44 Modelo dos. Saliente del soporte. ....	76
Figura 3.45 Modelo dos. Área a recubrir de metal. ....	77
Figura 3.46 Modelo tres. Unión de piezas. ....	77
Figura 3.47 Modelo tres. Unión de piezas. ....	78
Figura 3.48 Modelo tres. Pieza A. ....	78
Figura 3.49 Modelo tres. Pieza B. ....	78
Figura 3.50 Modelo cuatro. ....	79
Figura 3.51 Modelo cuatro. Cavidad pieza A. ....	79
Figura 3.52 Modelo cuatro. Saliente pieza B. ....	79
Figura 3.53 Modelo cuatro. Cavidad de unión laptop-soporte. ....	79
Figura 3.54 Modelo cuatro. Cavidad de unión laptop-soporte. ....	80
Figura 3.55 Modelo cinco. Perímetro interior. ....	80
Figura 3.56 Modelo cinco. División en 4 elementos de la pieza A. ....	81
Figura 3.57 Modelo cinco. Cavidad de elementos de la pieza A. ....	81
Figura 3.58 Modelo cinco. Forma de cavidad de elementos pertenecientes a la pieza A. ....	81
Figura 3.59 Modelo cinco. Forma de saliente de elementos pertenecientes a la pieza B. ....	82
Figura 3.60 Modelo cinco. Unión tipo snap-fit. ....	82

Figura 3.61 Modelo cinco. Se muestra el área destinada a sujetar el filtro y el área que sería recubierto de metal.....	82
Figura 3.62 Modelo cinco. Elemento de pieza B. ....	83
Figura 3.63 Modelo cinco. Elemento de pieza B. ....	83
Figura 3.64 Modelo cinco. Elemento de pieza B. ....	83
Figura 3.65 Imagen de la muestra impresa en ABS, la cual representa al elemento B del modelo cinco. ....	84
Figura 3.66 Imagen de la muestra impresa en ABS, la cual representa al elemento A del modelo cinco. ....	84
Figura 3.67 Imagen previa a la unión de la pieza A y B. ....	84
Figura 3.68 Imagen previa a la unión total de la pieza A y B. ....	84
Figura 3.69 Elaboración de piezas en Solidworks. ....	87
Figura 3.70 Colocación digital de la pieza. ....	87
Figura 3.71 Colocación digital de la pieza. ....	88
Figura 3.72 Colocación digital de las piezas en el área de impresión. ....	88
Figura 3.73 Impresora Uprint SE Plus 3D. ....	89
Figura 3.74 Impresora Uprint SE Plus en funcionamiento. ....	89
Figura 3.75 Piezas impresas previas al baño caliente de sosa. ....	89
Figura 3.76 Piezas impresas previas al baño caliente de sosa. ....	90
Figura 3.77 Baño caliente de sosa. ....	90
Figura 3.78 Piezas limpias. ....	90
Figura 3.79 Aerosol marca IPESA. ....	90
Figura 3.80 Proceso de pintado de las piezas. ....	90
Figura 3.81 Secado de las piezas. ....	91
Figura 3.82 Piezas pintadas y secas. ....	91
Figura 3.83 Ordenamiento de las piezas. ....	91
Figura 3.84 Colocación del filtro. ....	91
Figura 3.85 Colocación de las piezas restantes sobre el filtro. ....	92
Figura 3.86 Pegamento usado marca Resistol 5000. . ....	92
Figura 3.87 Recubrimiento del pegamento en las superficies de contacto. ....	92
Figura 3.88 Colocación de la lámina en el área designada de la pieza. ....	92
Figura 3.89 Imagen del soporte con el recubrimiento de metal en las áreas designadas. ....	93
Figura 3.90 Imagen de los imanes en laptop y el filtro dentro del marco. ....	93
Figura 3.91 Imagen del soporte colocado en una laptop. ....	93
Figura 4.1 Render del soporte en 3D con vista en explosivo. ....	95
Figura 4.2 Imagen frontal del soporte en modelo tridimensional. ....	95
Figura 4.3 Imagen posterior del soporte en modelo tridimensional. ....	96
Figura 4.4 Cliente colocando el soporte en la laptop. ....	96
Figura 4.5 Cliente usando la montura en la laptop. ....	97
Figura 4.6 Imagen de la pantalla con la montura y el filtro. ....	98
Figura 4.7 Imagen del luxómetro usado en esta tesis. ....	98



## Índice de Tablas

Tabla 1.1 Objetivos específicos y metas.....	18
Tabla 2.1 Materiales usados en monturas. ....	21
Tabla 2.2 Respuestas del cuestionario Kano. ....	29
Tabla 2.3 Tabla de las cinco categorías de calidad del modelo Kano: atractiva A (attractive, A), unidimensional U (one-dimensional, O), obligatoria O (must-be, M), indiferente I (indiferent, I), inversa Inv (reverse, R) y dudosa D (questionable, Q). ....	30
Tabla 3.1 Pros, contras y conclusiones de los escenarios para el uso potencial del filtro.....	42
Tabla 3.2 Requerimientos del filtro ponderados de acuerdo al grado de importancia. ....	46
Tabla 3.3 Clasificación de las características de cuerdo al modelo Kano.....	46
Tabla 3.4 Requerimientos de diseño con su valor meta. ....	47
Tabla 3.5 Análisis de las propiedades de productos de la competencia.....	51
Tabla 3.6 Tabla de análisis de los conceptos de diseño. ....	60
Tabla 3.7 Tabla de análisis de los conceptos de diseño. ....	61
Tabla 3.8 Características, ventajas y desventajas de tres variantes de impresión 3D.....	67
Tabla 3.9 Operaciones clave del proceso con sus respectivos parámetros.....	71
Tabla 3.10 Ordenamiento de los parámetros clave del proceso. ....	73
Tabla 3.11 Datos de volumen total, peso total, costo y tiempo de fabricación de los cinco modelos propuestos para el soporte desarrollado en esta tesis. ....	84
Tabla 3.12 Se muestra la evaluación de los cinco modelos propuestos con sus respectivas ventajas y desventajas. ....	86
Tabla 4.1 Medición de luxes y candelas en la pantalla sin la montura. ....	99
Tabla 4.2 Medición de luxes y candelas en la pantalla con la montura.....	99



## Introducción

Esta tesis tuvo como objetivo diseñar una montura para un filtro óptico, dicho filtro es utilizable en Pantallas de Cristal Líquido (LCD, acrónimo en inglés de Liquid Crystal Display). En esta investigación se manejó el término “usuario” para el filtro presentado en el Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud, ya que con base en sus características y necesidades se planteó el diseño de la montura. Además, se nombró “montura” al soporte (armazón) que se desarrolló en esta investigación para colocar el filtro. Por otro lado, se denominó “cliente” a la persona que padece tricromatismo anómalo, sujeto del sexo masculino, residente en la capital del estado de Oaxaca, que tiene una edad de 26 años y hará uso de la montura con el filtro.

Para lograr el Objetivo general de la tesis, inicialmente se establecieron los requerimientos del usuario, obtenidos mediante la aplicación del método Kano, los cuales fueron la base para el desarrollo del Despliegue de la Función de la Calidad (QFD, acrónimo en inglés de Quality Function Deployment).

En este escrito se presenta como primer apartado el “Marco de referencia”, sección donde se muestra información que permitirá al lector dimensionar el problema en su contexto actual. Además, se exponen los Objetivos general y particulares, la Justificación y la Metodología utilizada.

En el siguiente apartado denominado “Marco teórico”, se describen los conceptos más relevantes que fueron utilizados en la investigación. Como tercer apartado se encuentra el desarrollo de la Metodología, en la cual se muestran las etapas que se cumplieron para alcanzar el Objetivo general.

En el cuarto apartado “Resultado y conclusiones”, se tienen los aspectos obtenidos a partir del desarrollo del prototipo final de la montura, tales como el resultado de las pruebas del test de Ishihara, pruebas de esfuerzos, entre otros. También existe una “Bibliografía” que permitirá al lector buscar más información sobre los temas en los que desee ahondar y que sirvieron de referencia en esta investigación. Por último, en el apartado “Anexos”, se encuentran las entrevistas realizadas en la fase de evaluación del prototipo.



## Capítulo 1 Marco de Referencia

En este capítulo se presentan los “Antecedentes”, apartado donde el lector encontrará información general del filtro óptico. Posteriormente, en el “Planteamiento del tema” se exponen las características del filtro óptico. Después, en el apartado “Problema a resolver” se describe la problemática que fue identificada y que hizo necesario generar un soporte para el filtro. A continuación, se especifican los “Objetivos general y particulares” que debieron de cumplirse en el desarrollo de esta tesis. En el apartado “Justificación” se exponen las razones que sustentan y apoyan el desarrollo de este trabajo. Por último, en la sección “Metodología” se detallan los pasos que se efectuaron para diseñar y construir el prototipo de la montura.

### 1.2 Antecedentes

El Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), en coordinación con organizaciones como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), el Instituto Politécnico Nacional (IPN), entre otras instituciones nacionales; ha organizado desde hace varios años el Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud.

El objetivo de este congreso es ofrecer un espacio donde investigadores, profesionistas y estudiantes puedan discutir y conocer las nuevas tecnologías de diagnóstico y tratamiento en varias áreas de las ciencias de la salud. Se trata de uno de los pocos foros en donde convergen expertos en Medicina, Ciencias exactas e Ingenierías que buscan soluciones a problemas concretos a través de la tecnología aplicada a las ciencias de la salud. La mayor parte de los proyectos que se presentan en el congreso son de origen multidisciplinario y dan solución a diversos problemas en materia de diagnóstico y tratamiento en México.

El filtro óptico para el cual se requirió diseñar la montura desarrollada en esta tesis, es el producto de la investigación personal de la C. Antonia Carrasco Martínez hecha a inicios del año 2017, lo cual le valió la oportunidad de presentar sus resultados en el VIII Congreso de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud, mediante la elaboración de un cartel con el tema denominado “Filtro óptico calibrado para pantallas LCD que funcione de apoyo para personas con tricromatismo anómalo” (INAOE, 2017). Cabe señalar que en este documento se usará el término “investigadora” para hacer referencia de la persona que creó el filtro óptico. Actualmente, se encuentra en trámite la patente del filtro a través del expediente MX/a/2018/009372. Es importante resaltar que dicho filtro óptico es el primero de su clase (dispersante y polarizante) que mejora significativamente la visión de un paciente con tricromatismo anómalo en México (INAOE, 2017). Además, a nivel internacional es el único filtro óptico que no se ha implementado en gafas y que trata exclusivamente la luz polarizada, permitiendo obtener una mejor visualización de los colores en personas con tricromatismo anómalo (IMPI, 2017).

Como se muestra en el esquema de la Figura 1.1, el filtro óptico está formado por películas delgadas superpuestas; las dos películas exteriores son semirrígidas y las interiores son muy delgadas y flexibles.

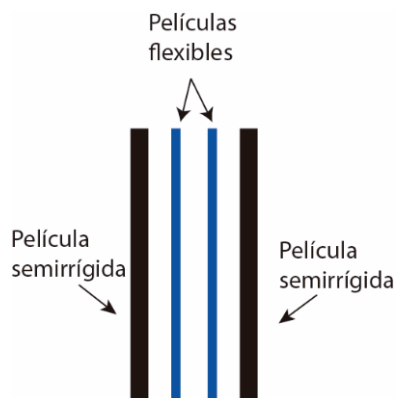


Figura 1.1 Esquema del filtro.  
Fuente: Elaboración propia.

No obstante, previamente al desarrollo de esta tesis, el filtro carecía de una montura que permitiría colocarlo en dispositivos que emiten luz polarizada, sin afectar su funcionamiento.

Para el diseño de la montura se utilizó la metodología del Despliegue de la Función de la Calidad (QFD, acrónimo en inglés de Quality Function Deployment). El DFC es un método estructurado usado en la generación de nuevos productos y servicios donde se relacionan las necesidades del cliente, los requerimientos de diseño y sus procesos de fabricación o desarrollo (Cuatrecasas, 2010). Al día de hoy, el QFD es utilizado en distintas áreas tales como la Arquitectura, la Informática y el Desarrollo de productos. En Indonesia se ocupó el DFC para diseñar un soporte ergonómico para pacientes con traumatismo en la columna vertebral (Zadry, Rahmayanti y Susant, 2015). Además, durante la Séptima Conferencia Internacional Interdisciplinaria en Ingeniería, se expuso el desarrollo de un nuevo producto con agua embotellada empleando el QFD (Moldovan, 2013). Por otro lado, en Taiwan se diseñó un elevador adaptado para personas con ceguera usando esta metodología (Liang, Chen-Chen y Chuan-Jen, 2013). En estos tres casos se dio especial importancia a la voz del usuario mediante la implementación del DFC.

### 1.3 Planteamiento del tema

La investigación denominada “Filtro óptico calibrado para pantallas LCD que funcione de apoyo para personas con tricromatismo anómalo” presentada en el VIII Congreso de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud; fue un trabajo que consistió en el diseño, construcción y evaluación de un prototipo de filtro óptico calibrado que permite la absorción y dispersión selectiva de longitudes de onda en pantallas que emiten luz polarizada. El prototipo del filtro óptico fue probado frente a Pantallas de Cristal Líquido (LCD, acrónimo en inglés de Liquid Crystal Display), con la finalidad de mejorar la visión de los colores en personas con tricromatismo anómalo. Inicialmente se hizo un test de Ishihara vía internet, para confirmar que el sujeto de prueba tiene algún tipo de visión anormal de color; después se efectuó la prueba Farnsworth-Munsell para determinar la clase y grado de tricromatismo anómalo que posee. Posteriormente, se aplicó el test de Ishihara frente a una pantalla LCD, donde el sujeto de prueba utilizó el filtro y se calculó el porcentaje de mejoría en la visión del paciente al hacer un comparativo de los resultados de las pruebas hechas, con y sin el filtro. Los resultados que obtenidos indican que el filtro óptico construido con láminas dispersantes y polarizadores produce una mejoría del 58.3 % en la visión de un paciente deuteranómalo.

Es importante mencionar que el filtro fue generado para mejorar la visión del color de una persona específica, la cual es un hombre de 26 años que habita en el estado de Oaxaca, quien padece tricromatismo anómalo y fue categorizado como protanómalo; en otras palabras, tiene dificultades en percibir el color rojo y su combinación con el verde. Esta condición ha afectado su calidad de vida al dificultar sus actividades laborales, domésticas y cotidianas que involucran la utilización de aparatos electrónicos con pantallas LCD.

Es importante mencionar que el filtro óptico se produjo previamente al desarrollo de esta investigación, sin embargo, la persona protanómala no podía utilizarlo debido a que no tenía una montura que le brindara soporte, lo protegiera, no perjudicara sus propiedades ópticas y permitiera a la persona en cuestión utilizarlo de forma eficaz y eficiente.

#### 1.4 Problema a resolver

Como ya se mencionó en la sección “Antecedentes”, en el año 2017 se desarrolló un filtro óptico que mejora la visión de los colores en personas con tricromatismo anómalo. Sin embargo, el filtro carecía de una montura que le permitiera ser utilizado en dispositivos que emiten luz polarizada y que facilitara su correcta utilización<sup>1</sup>. Cabe señalar que hasta antes del desarrollo de esta investigación, resultaba difícil mantener juntas las películas que conforman al filtro por la falta de un soporte que las sujete. Además, debido a la naturaleza de los materiales con los que están hechos las láminas, hasta el momento no es posible unir las películas con adhesivos, ni con algún proceso térmico y/o mecánico, pues el filtro perdería sus propiedades ópticas. Derivado de lo anterior, se ha encontrado que las películas al estar sueltas tienden a sufrir daños y que el filtro necesita estar lo más cercano a la pantalla para funcionar correctamente.

La Figura 1.2 muestra el filtro siendo utilizado en la prueba de Ishihara, puede observarse una mancha amarilla en la parte inferior del filtro. Dicha distorsión del color se debe a que el filtro sólo es sujetado a la laptop por medio de una cinta adhesiva en la parte superior, dejando las películas sueltas en la parte inferior. La distorsión del color se debe a que el índice de refracción modifica el ángulo de la luz al pasar de un medio a otro. Por lo tanto, de acuerdo al esquema de la Figura 1.3, el hecho de que las hojas se encuentren sueltas en la parte inferior provoca que el ángulo de incidencia sea distinto en la parte superior, en comparación con el ángulo de incidencia de la parte inferior.

---

<sup>1</sup> Razón por la cual se ha desarrollado esta tesis.

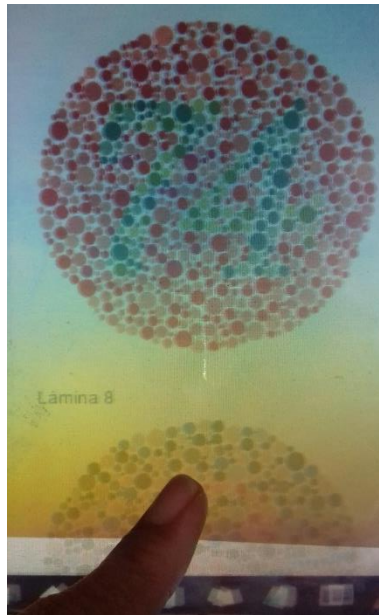


Figura 1.2 Imagen del filtro usado en el test de Ishihara.  
Fuente: Elaboración propia.

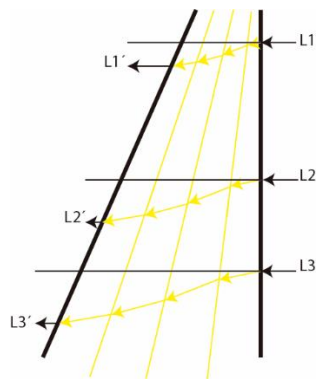


Figura 1.3 Esquema del filtro.  
Fuente: Elaboración propia.

No obstante, este filtro tiene la gran ventaja de ser la única tecnología en desarrollo dentro del territorio mexicano (IMPI, 2017), que permite mejorar la visión de los colores en un 58%, razón por la cual se sigue trabajando para mejorar sus características.

Así pues, se propuso el diseño de una montura que permita la utilización del filtro óptico de forma eficiente.



## 1.5 Justificación

En esta investigación se planteó diseñar una montura para un filtro óptico utilizable en Pantallas de Cristal Líquido (LCD, acrónimo en inglés de Liquid Crystal Display), implementando la metodología del DFC. El filtro y la montura forman en conjunto un dispositivo que mejora la percepción de los colores en una persona con tricromatismo anómalo.

Mediante la aplicación del DFC se generó una montura que atiende las necesidades particulares del filtro; acorde a sus características, a las recomendaciones hechas por algunos especialistas y a las consideraciones señaladas por la persona que utilizará la montura.

Los beneficios derivados del diseño de la montura son los siguientes:

- La montura permitirá el correcto uso del filtro, es decir, no afectará sus propiedades ópticas. Además, permitirá a la persona colocarlo, quitarlo y moverlo, evitando que sufra daños.
- La montura permitirá mantener juntas a las películas que conforman el filtro, sin requerir utilizar adhesivos, procesos de unión térmica o de deformación mecánica; ya que el filtro perdería sus propiedades ópticas.
- La montura permitirá que el filtro se coloque lo más cercano posible a la pantalla, ya que de lo contrario no funcionaría.
- La montura evitará que el filtro sufra dobleces, lo cual produciría marcas permanentes y fracturas en las láminas que lo conforman. Además, dichos dobleces ocasionarían distorsiones al pasar la luz, afectando el funcionamiento del filtro.

## 1.6 Objetivo general

Diseñar una montura aplicando la metodología del Despliegue de la Función de la Calidad para un filtro óptico presentado en el VIII Congreso de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud, el cual es utilizado en una pantalla que emite luz polarizada.

## 1.7 Alcances y delimitaciones

La montura fue elaborada para atender las necesidades particulares del filtro, acorde a sus características y funcionamiento actuales, a las recomendaciones hechas por algunos especialistas y a las consideraciones señaladas por la persona que utilizará la montura. La elaboración de la montura permitirá que la persona con visión anormal del color sea capaz de utilizar el filtro de una manera eficiente en un dispositivo específico que emite luz polarizada. De acuerdo al análisis de las características y necesidades del filtro, se seleccionó una variante del sistema de impresión 3D para fabricar el prototipo de la montura, utilizando un material afín al proceso.

## 1.8 Objetivos específicos y metas

En la Tabla 1.1 se muestran los objetivos específicos y sus metas correspondientes.

**Tabla 1.1** Objetivos específicos y metas.

<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>METAS</b>
Determinar las necesidades y requerimientos del usuario.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Investigación y análisis de productos similares.</li> <li>2. Análisis de las características del filtro óptico y determinación de sus necesidades para el diseño de la montura.</li> <li>3. Aplicación del método Kano para establecer y clasificar los requerimientos para el diseño de la montura.</li> </ol>
Desarrollar la primera fase del DFC (matriz de planeación).	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Elaborar el primer diagrama del DFC donde se determinen las necesidades y requerimientos prioritarios para el desarrollo de la montura.</li> </ol>
Desarrollar la segunda fase del DFC (matriz de despliegue).	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Elaborar el segundo diagrama del DFC donde se definan las características de la montura en términos medibles.</li> <li>6. Definir las especificaciones técnicas de la montura (medidas, materiales, formas, entre otras características).</li> <li>7. Elaborar al menos tres conceptos de diseño para la generación de la montura (bocetos, modelos 3D, renders).</li> <li>8. Seleccionar el concepto que atienda de forma óptima las necesidades y requerimientos previamente establecidos; con base a una tabla de evaluación con los siguientes parámetros: peso, tiempo de fabricación, beneficios, desventajas y requerimientos del cliente cumplidos.</li> </ol>
Desarrollar la tercera fase del DFC (matriz de procesos de fabricación).	<ol style="list-style-type: none"> <li>9. Elaborar el tercer diagrama del DFC donde se especifiquen los procesos necesarios para la construcción del prototipo.</li> <li>10. Definir los procesos que se ajusten a las necesidades, a los alcances económicos y tecnológicos de la investigación.</li> </ol>
Elaborar el modelo de la montura.	<ol style="list-style-type: none"> <li>11. Obtener el modelo de la montura usando un software CAD.</li> </ol>
Desarrollar la cuarta fase del DFC (instrucción de operación).	<ol style="list-style-type: none"> <li>12. Elaborar el cuarto diagrama del DFC, donde se establezcan las operaciones de construcción del prototipo.</li> <li>13. Elaborar los planos constructivos de la montura.</li> <li>14. Elaborar renders del prototipo.</li> </ol>
Fabricación y Evaluación del prototipo.	<ol style="list-style-type: none"> <li>15. Construir el prototipo de la montura.</li> <li>16. Examinar el prototipo con base en pruebas mecánicas (deformaciones, tensiones y factor de seguridad) mediante el Análisis de Elemento Finito en un software.</li> <li>17. Hacer una prueba de usabilidad en el entorno real.</li> </ol>

Fuente: Elaboración propia.

## 1.9 Metodología

En esta investigación se aplicó la metodología del DFC (Cuatrecasas, 2010), donde fue necesario desarrollar las etapas mostradas en el esquema de la Figura 1.4.

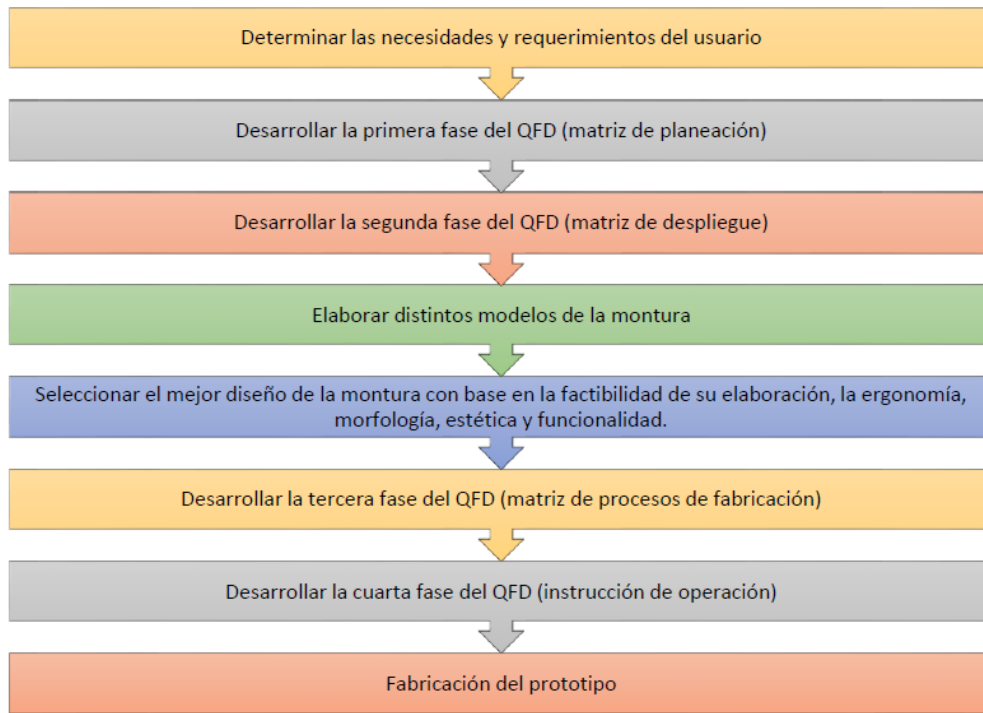


Figura 1.4 Etapas de la metodología a seguir para el desarrollo de la montura.  
Fuente: Elaboración propia.



## Capítulo 2 Marcó teórico

En este capítulo se explican los conceptos teóricos que fueron utilizados en el desarrollo del proyecto. También, se describen brevemente las características del Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud, evento en el cual fue presentada la tecnología de un filtro óptico que permite mejorar la visión de los colores en personas con tricromatismo anómalo. Dicho filtro fue definido como el usuario principal de la montura diseñada en esta tesis, por lo tanto, en este mismo capítulo se exponen las especificaciones de esta tecnología. Además, se explican las propiedades del método Kano, el cual fue utilizado para obtener los requerimientos del filtro y posteriormente desarrollar la metodología del Despliegue de la Función de la Calidad (DFC). Las características del DFC también se explican en este capítulo.

### 2.1 Definición de montura y descripción de materiales usados en su fabricación

La palabra montura tiene varias definiciones, no obstante, en esta tesis fueron consideradas las siguientes:

Montura: es un soporte mecánico de ciertos aparatos, principalmente los ópticos (Real Academia Española, 2018). También se designa con este nombre al armazón sobre el que se sostienen o van montadas las piezas principales de un objeto (Oxford University Press, 2018).

En la Tabla 2.1 se muestran los diferentes materiales utilizados para la fabricación de monturas, así como sus distintos usos.

**Tabla 2.1** Materiales usados en monturas.

Nombre	Propiedades	Usos	Fabricación
<b>Acetato propionato de celulosa</b> (Harper, 1999; Osswald y Menges, 2010).	Rigidez. Tenacidad. Alta fortaleza al impacto. Son transparentes y se colorean fácilmente. Se degradan rápidamente en el medio ambiente, y se incorporan a él.	Monturas de gafas. Paquetes de blíster. Asas de plástico. Otros.	El acetato de celulosa se fabrica de pulpa de madera por un proceso de purificación. Es una sustancia renovable y biodegradable, proporcionando una fuente barata de calidad de la fibra que se puede utilizar en muchos procesos de fabricación.
<b>Poliamida</b> (Harper, 1999; Osswald y Menges, 2010).	Buena resistencia mecánica y a la abrasión, bajo coeficiente de fricción.	Telas, cojinetes no lubricados, piezas de alto impacto. Velocímetros, limpiaparabrisas. Reforzado con vidrio se utiliza en aspas de motor, y tapaderas de válvulas. Se utiliza en embalajes, soportes de antena, etc.	Las poliamidas son polímeros termoplásticos que se caracterizan por tener el grupo amida en la cadena polimérica. Las poliamidas se obtienen al reaccionar poliácidos con poliaminas.
<b>Policarbonato</b> (Harper, 1999; Osswald y Menges, 2010).	Son dimensionalmente estables, extraordinaria resistencia química, gran resistencia al impacto, alta	Cascos, lentes de anteojos, cd, máscaras de hockey, ventanas a prueba de balas, luces intermitentes, faros, etc.	Se comercializan dos procesos de síntesis actuales, el más exitoso se dice que es el proceso de "interfaz", que implica la disolución de bisfenol A en sosa cáustica acuosa y la introducción de fosgeno en

	ductilidad y buena transparencia.		presencia de un solvente inerte como la piridina.
<b>Resina</b> (Harper, 1999).	Cada miembro de la familia tiene su propio conjunto de características químicas individuales basadas en su composición molecular y su capacidad de homopolimerizar, copolimerizar o ambas.	Moldes de fundición para plásticos y metales, sellos de alta temperatura. Engranajes, casquillos, placas de desgaste, formas de stock, rodamientos. En acristalamiento, muebles, incrustaciones, impregnación. Bolas de billar, cuentas. Juntas de sellado, juguetes huecos. Objetos de arte, laminados para barcos, tuberías químicas, tanques, aviones y paneles de construcción. Lentes de seguridad, protectores faciales, impregnación de fundición. Productos estructurales reforzados con fibra, adhesivo de película de alta temperatura, etc.	Cualquier clase de material orgánico sólido, semisólido o líquido, generalmente el producto de origen natural o sintético de alto peso molecular y sin punto de fusión.
<b>Monel</b> (Kucher, 1989).	Son aleaciones de níquel-cobre con alta y excelente resistencia a la corrosión en una variedad de medios. Sus propiedades se derivan de sus componentes.	Monturas oftálmicas Ingeniería marina. Equipo de elaboración químico.	Es una aleación monofásica del níquel y el cobre.
<b>Metal con Berilio</b> (Brandes y Brook, 1992).	Resistencia a la corrosión.	Giroscopios, resortes, contactos eléctricos, uniones de soldadura, electrodos y monturas oftálmicas.	El berilio se usa como endurecedor en aleaciones de cobre o níquel.
<b>Acero inoxidable</b> (Brandes y Brook, 1992)	Ligero. Fuerte. Resistente a la corrosión.	Aplicaciones sanitarias. Ortodoncia. Monturas oftálmicas.	Es una aleación de acero y cromo. La mayoría de aceros inoxidables contienen de 10 a un 30 por ciento de cromo, lo que proporciona una excelente resistencia a la corrosión, a la abrasión y al calor.
<b>Aluminio</b> (Brandes y Brook, 1992).	Ligero. Muy resistente a la corrosión.	Uso industrial. Uso médico. En monturas oftálmicas.	Las monturas de aluminio en realidad están hechas de aluminio y pequeñas cantidades de otros metales o silicona para ayudar a fortalecerlas.

Fuente: Elaboración propia.

## 2.2 Productos similares existentes en el mercado

En este apartado se realizó un análisis de productos con características y funciones semejantes a la montura diseñada. El enfoque aplicado se basó en examinar algunos sistemas de sujeción que poseen diferentes productos y que sirvieron como referencia para la generación de diferentes propuestas de diseño para la montura del filtro. Los productos analizados fueron los filtros 3M, los cuales eran muy utilizados en monitores de computadoras; un marco con cámara integrada, que es usado comúnmente en automóviles; y las gafas clip on, las cuales se caracterizan por permitir la fácil y temporal colocación de lentes.

### 2.2.1 Filtros 3M

Se analizaron los filtros 3M, ya que emplean una montura que permite el funcionamiento de un filtro sobre una computadora. La empresa 3M hace varias décadas diseño filtros para computadoras con la finalidad de evitar reflejos y aminorar el daño causado en los ojos (3M Innovation, 2004). Dichos filtros están sostenidos por monturas que son adaptables a monitores de computadoras.



*Figura 2.1 Filtro 3M para laptops.  
Fuente: 3M Optical Systems Division, 2004.*



*Figura 2.2 Filtro 3M para computadoras de escritorio.  
Fuente: 3M Optical Systems Division, 2004.*

En la Figura 2.1 se muestra un filtro de la marca 3M modelo PF12.1, este se colocaba por medio de un adhesivo. En la Figura 2.2 se observa un filtro de la marca 3M modelo PF400LB, el cual

utilizaba una montura rectangular con ganchos que se sujetaban a una parte del monitor, permitiendo así la correcta colocación del filtro. Estos marcos se caracterizaban por ser desmontables, ligeros y estaban elaborados con plástico. No obstante, existieron algunos modelos que eran fabricados con metal. Una de las principales desventajas de estos filtros es que no podían ser reemplazados en caso de sufrir ralladuras o fracturas. Su producción ha cesado debido a que las pantallas actuales no requieren de su colocación. La colocación y manejo intuitivo de estos productos representaron algunas de sus principales ventajas. Además, eran económicamente accesibles para los usuarios de computadoras personales.

Los filtros 3M fueron un útil antecedente que fue considerado en esta investigación, pues el sistema de colocación de la montura sirvió como referencia para diseñar variantes del modelo elaborado en esta tesis. En el Capítulo 3 se muestra con más detalle su utilidad en esta investigación.

## 2.2.2 Marco con cámara integrada



Figura 2.3 Marco para placa de autos.  
Fuente: [www.sonicelectronix.com](http://www.sonicelectronix.com), 2018.

En la Figura 2.3 se observa un marco con cámara integrada para vehículos, el cual se coloca alrededor de las placas de los automóviles. Este marco con cámara integrada se fija a través de tornillos.

## 2.2.3 Sistema clip on en armazones de gafas



Figura 2.4 Gafas clip on.  
Fuente: Amazon, 2018.

En la Figura 2.4 se observan unas gafas clip on, las cuales son anteojos que se sobreponen en una montura y pueden ser removidos con facilidad. Los lentes se sujetan en el armazón de las gafas por medio de presión. La ventaja principal de este sistema de sujeción es que permite quitar y poner los lentes con facilidad.

Los productos analizados en esta sección sirvieron para obtener un panorama de diferentes tipos de monturas que existen en el mercado. Las características identificadas en los productos examinados sirvieron para elaborar la primera casa de la calidad, así como para proponer algunas soluciones en la etapa creativa.

## 2.3 La metodología DFC

El Despliegue de la Función de la Calidad (QFD, acrónimo en inglés de Quality Function Deployment) es una metodología desarrollada por Yoji Akao en los años 60, la cual consiste en la estructuración de los desarrollos necesarios para crear o modificar un producto/servicio,



intentando orientar los recursos de la empresa hacia la satisfacción de las necesidades (potenciales o expresadas) de los clientes. Como se observa en la Figura 2.5, el DFC tiene cuatro fases básicas que se realizan durante el proceso de desarrollo del producto. Durante cada fase, una o más matrices son preparadas para ayudar a planear y comunicar los puntos críticos del producto. Además, contribuyen en el proceso de planeación y diseño de la información. El flujo de esta metodología se representa a través de las siguientes cuatro matrices:

1. La matriz de la calidad, que relaciona los RC (requerimientos de los clientes) con las CT (características técnicas).
2. La matriz de producto-proceso, que toma las CT de la matriz de la calidad y las analiza en términos de los procesos que intervienen para satisfacer las CT.
3. La matriz de proceso-subproceso, que establece las relaciones entre los procesos con los subprocesos que los integran y las métricas que aseguran la calidad del producto.
4. La matriz funcional, que relaciona los requerimientos operativos de los subprocesos con las actividades funcionales concretas para cumplir en última instancia con las exigencias de los clientes.

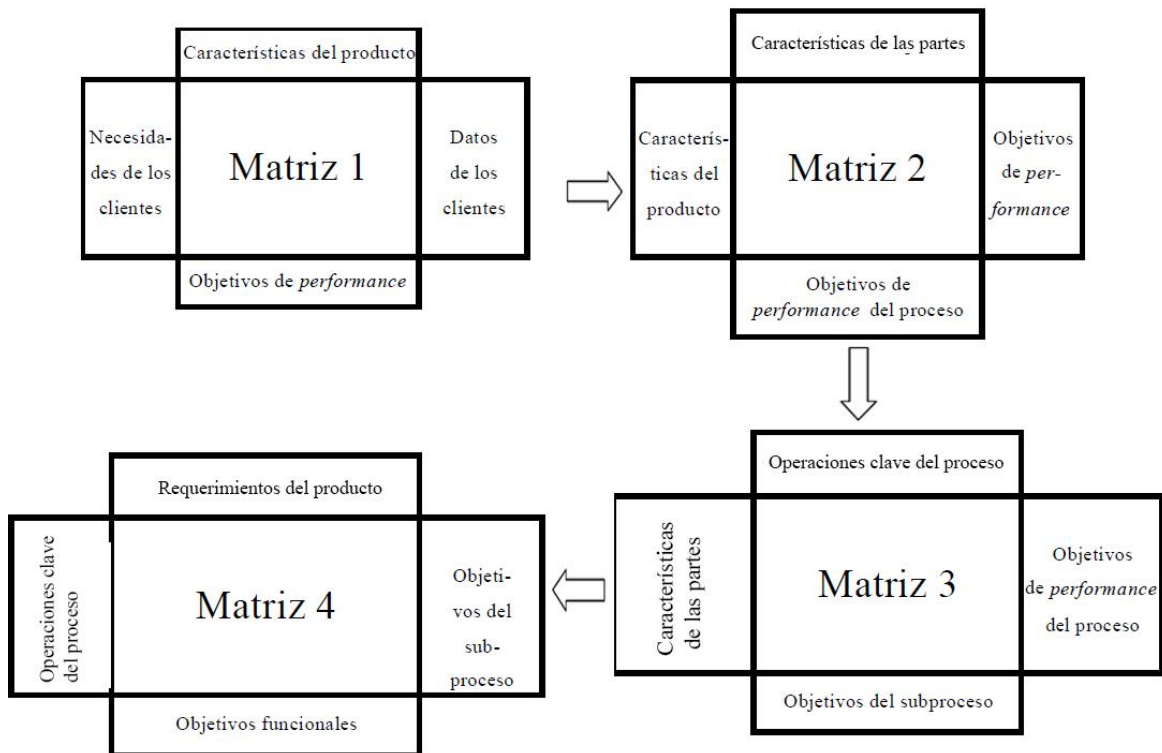


Figura 2.5 Casas de la calidad. Proceso básico del DFC  
Fuente: Yacuzzi y Martín, 2018.

A continuación se describen los elementos de la primera casa de la calidad, ya que las siguientes casas se desarrollan con un criterio similar. En la primera casa se relacionan los RC con las CT necesarias para satisfacerlos. Estas relaciones se presentan en forma de una tabla elaborada llamada "matriz de la calidad". Tomados en su conjunto, los RC definen la calidad de un producto y son las expresiones que los clientes utilizan para describir los productos y sus características deseables. Asociada con cada CT existe una métrica, que se usa para determinar el grado de satisfacción de los clientes con cada uno de sus requerimientos; esta medida es fundamental para la mejora continua (Akao, 2004).

Como se muestra en la Figura 2.6, los RC se indican en la dimensión vertical de la matriz de la calidad; las CT, en la horizontal; tanto los primeros como los segundos suelen ser numerosos y se agrupan en varios niveles. Esta multiplicidad no es caprichosa, ya que el gran número de los RC responde a las variadas dimensiones de la calidad y la cantidad de las CT, es consecuencia de la creciente complejidad tecnológica de los productos modernos.

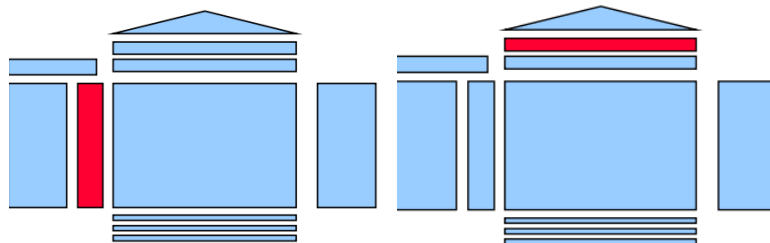


Figura 2.6 Casas de la calidad. Se muestran las características técnicas en horizontal y los requerimientos del cliente en vertical.

Fuente: Delgado, 2018.

Dado que no todas las CT contribuyen a conformar un RC dado, debe indicarse la relación entre las distintas combinaciones de RC y CT; esta relación se muestra en los cruces de las filas y columnas de la matriz, con símbolos que reflejan la intensidad del vínculo, lo anterior se aprecia en la Figura 2.7. Una adecuada comprensión de las relaciones entre RC y CT facilita el balance entre las demandas de los clientes con potencial tecnológico de la empresa.

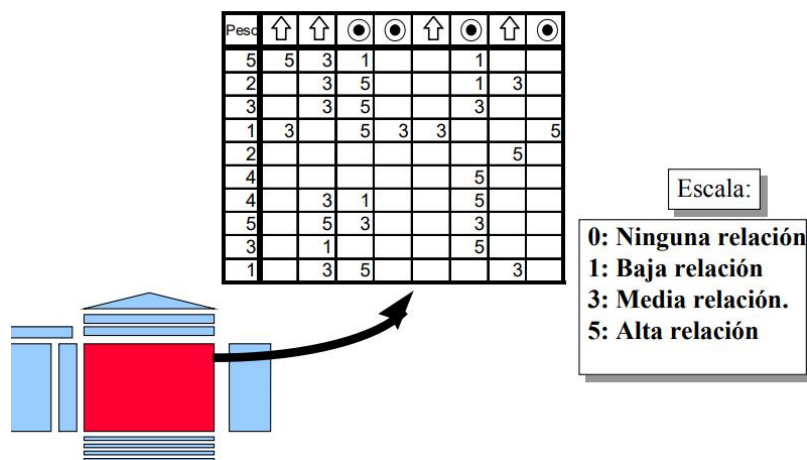


Figura 2.7 Casas de la calidad. Se muestran el área de relaciones.

Fuente: Delgado, 2018.

La matriz de la calidad contiene otros elementos importantes:

- Una columna con la prioridad que los clientes asignan a cada RC, como se muestra en la Figura 2.8.

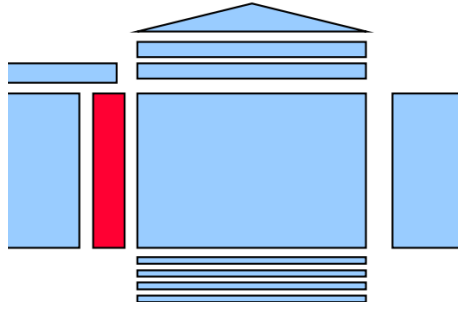


Figura 2.8 Casas de la calidad. Se muestran el área de ponderación de prioridad.  
Fuente: Delgado, 2018.

- Una columna que compara para cada RC, a los productos de “nuestra empresa” con los de la competencia según la evaluación del cliente, así como se aprecia en la Figura 2.9.

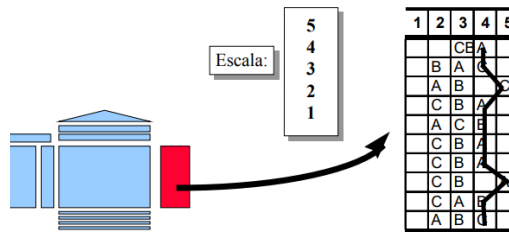


Figura 2.9 Casas de la calidad. Evaluación de la competencia.  
Fuente: Delgado, 2018.

- En la Figura 2.10 se aprecia la fila en donde se asigna el valor objetivo fijado para cada CT.

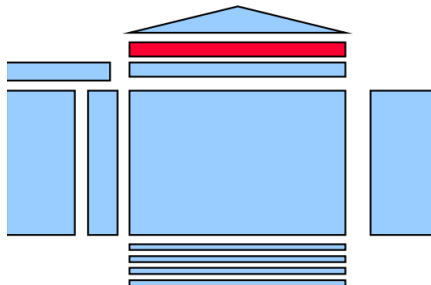


Figura 2.10 Casas de la calidad. Área designada al valor objetivo de cada CT.  
Fuente: Delgado, 2018.

- En la Figura 2.11 se muestra el panel triangular que indica la correlación existente entre las distintas CT.

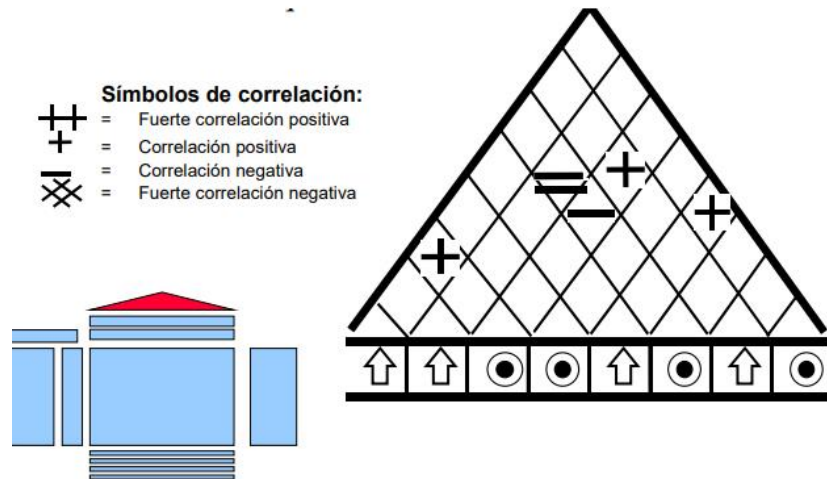


Figura 2.11 Casas de la calidad. Techo de correlación con escala.  
Fuente: Delgado, 2018.

- En la Figura 2.12 se presentan las áreas correspondientes para la prioridad, el grado de dificultad/porbabilidad de éxito, el peso absoluto y el peso relativo.

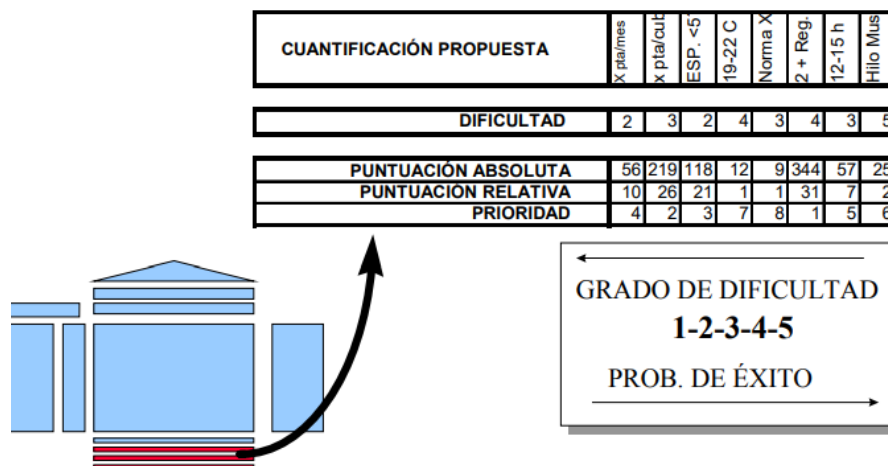


Figura 2.12 Casas de la calidad.  
Fuente: Delgado, 2018.

En conclusión, el DFC es un método de diseño de productos y servicios que recoge la voz del cliente y la traduce en pasos sucesivos, a características de diseño y operación que satisfacen las demandas y expectativas del mercado. El DFC nacido como herramienta de diseño de nuevos productos, se convirtió en un elemento integrador de distintas áreas de las empresas, como marketing, ingeniería y operaciones; y de distintas actividades, como la gestión de la calidad.

Para esta tesis el DFC representó una herramienta útil que permitió trazar la ruta para la elaboración del diseño de una propuesta, que tuvo como prioridad cubrir con las necesidades del usuario (el filtro óptico) y que permitió diseñar un producto de calidad.

## 2.4 El Método Kano

El método Kano fue desarrollado en 1984 por Noriaki Kano, su objetivo consiste en conectar los requisitos cumplidos por los productos o servicios con la satisfacción del cliente. El método Kano identifica tres categorías de requisitos principales del usuario: imprescindibles, unidimensionales y atractivos. La Figura 2.13 presenta los conceptos fundamentales del modelo de Kano, se observa que en el eje horizontal del diagrama se indica la medida en que un aspecto del producto cumple los requisitos del cliente y en el eje vertical se muestra la medida en que los clientes están satisfechos con el producto o servicio (Kano, Seraku, Takahashi y Tsuji, 1984).

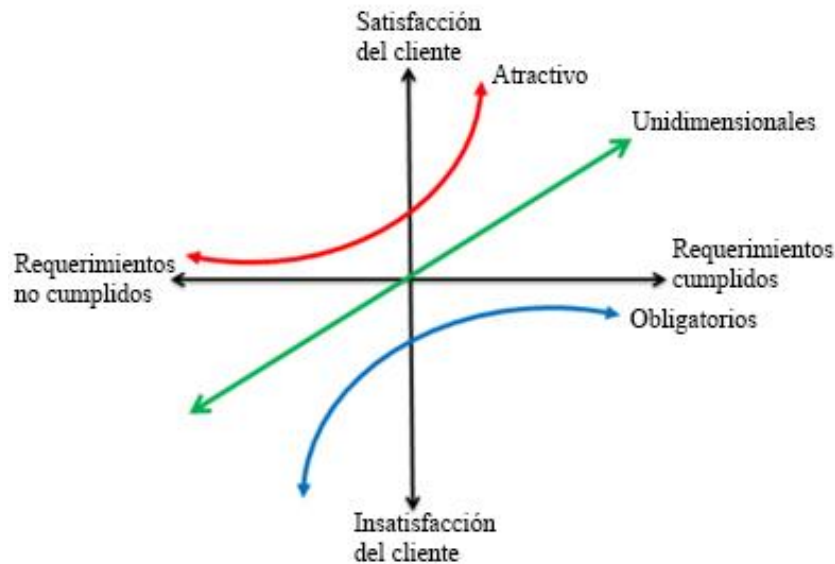


Figura 2.13 Tipos de requerimientos.  
Fuente: Pan Qiting, Nobuhiro Uno y Yoshiaki Kubota, 2018.

Un aspecto innovador del método Kano radica en su formato a modo de cuestionario, el cual está ligado a una tabla de evaluación que permite examinar los requerimientos (Jacuzzi y Martín, 2002). Las preguntas se realizan en pares, donde una de ellas se redacta en modo funcional y otra de forma disfuncional, tal como se presenta en el siguiente ejemplo:

1a) Si su cama estuviera rellena de agua, ¿cómo se siente? (pregunta funcional)

1b) Si su cama no estuviera rellena de agua, ¿cómo se siente? (pregunta disfuncional)

Cada una de las preguntas debe responderse de acuerdo a la escala de respuestas mostrada en la Tabla 2.2:

**Tabla 2.2** Respuestas del cuestionario Kano.

CALIFICACIÓN	POSIBLE RESPUESTA
1	Realmente me gusta
2	Me gusta
3	Neutral
4	No me gusta, pero lo tolero
5	Realmente no me gusta y no lo tolero

Fuente: Alonso (2015).

Luego de realizarse el cuestionario, se procede a clasificar las preguntas de acuerdo a las respuestas dadas, como se muestra en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3** Tabla de las cinco categorías de calidad del modelo Kano: atractiva A (attractive, A), unidimensional U (one-dimensional, O), obligatoria O (must-be, M), indiferente I (indifferent, I), inversa Inv (reverse, R) y dudosa D (questionable, Q).

Requerimientos funcionales	Requerimientos disfuncionales					
		1	2	3	4	5
1	D	A	A	A	A	U
2	Inv	I	I	I	I	O
3	Inv	I	I	I	I	O
4	Inv	I	I	I	I	O
5	Inv	Inv	Inv	Inv	Inv	D

Fuente: Alonso (2015).

La tabla de Kano permite categorizar los requerimientos de acuerdo a la relación entre el grado de suficiencia del atributo y la satisfacción del cliente (Jacuzzi y Martín, 2002). A continuación se presenta la descripción de cada categoría:

*-Unidimensionales:* estos requerimientos producen satisfacción cuando se cumplen e insatisfacción cuando no se cumplen. Estos atributos están relacionados de forma positiva y lineal con la satisfacción del cliente, es decir, cuanto mayor es el grado de cumplimiento del atributo, mayor es el grado de satisfacción del cliente y viceversa (Alonso, 2015).

*-Obligatorios:* se trata de criterios de calidad básica de un producto/servicio, ya que si faltan, el cliente estará extremadamente insatisfecho. Sin embargo, su cumplimiento no va a aumentar la satisfacción de los clientes ya que se dan por supuesto. Son un factor competitivo decisivo y si no se cumplen, los clientes no se sentirán atraídos por el producto/servicio.

*-Atractivos:* estos requerimientos tienen la mayor influencia en el cliente. Su cumplimiento incrementa la satisfacción más que proporcionalmente. Por otro lado, si no se cumplen, la satisfacción no disminuye. En consecuencia, los requisitos atractivos permiten diferenciar el producto/servicio de la competencia.

*-Indiferentes:* la presencia o ausencia de estos requerimientos no causa ninguna satisfacción o insatisfacción de los clientes.

*-Inversos:* son atributos cuya presencia provoca insatisfacción de los clientes y cuya ausencia da lugar a la satisfacción del cliente.

*-Dudosos:* son atributos que se presentan cuando las respuestas no son congruentes. Por ejemplo, cuando el usuario responde en la pregunta funcional que realmente le gustan los zapatos que tienen agujetas y en la pregunta par disfuncional contesta también que realmente le gustan los zapatos que no tienen agujetas (Jacuzzi y Martín, 2002).

Como se aprecia en la Figura 2.14, aun habiendo unanimidad en las respuestas es conveniente conocer el grado de importancia que el cliente le da a cada atributo, para esto se realiza una encuesta en donde las características son ponderadas.



### 2.5.2 Modelado, exportación de archivos y configuración de la impresión 3D

Para imprimir una pieza se requiere el uso consecutivo de tres tipos de software. El primero es un software de Diseño Asistido por Computadora (CAD, acrónimo en inglés de Computer Aided Design) que se utiliza para obtener el modelo tridimensional. El segundo software, como se observa en la Figura 2.15, se usa para convertir la pieza en una sucesión de pequeñas capas y generar las instrucciones en un lenguaje llamado Código G, el cual es interpretado por el controlador de la impresora. Finalmente, el tercer software se ocupa para configurar los parámetros de la impresión (Make Magazine, 2012).

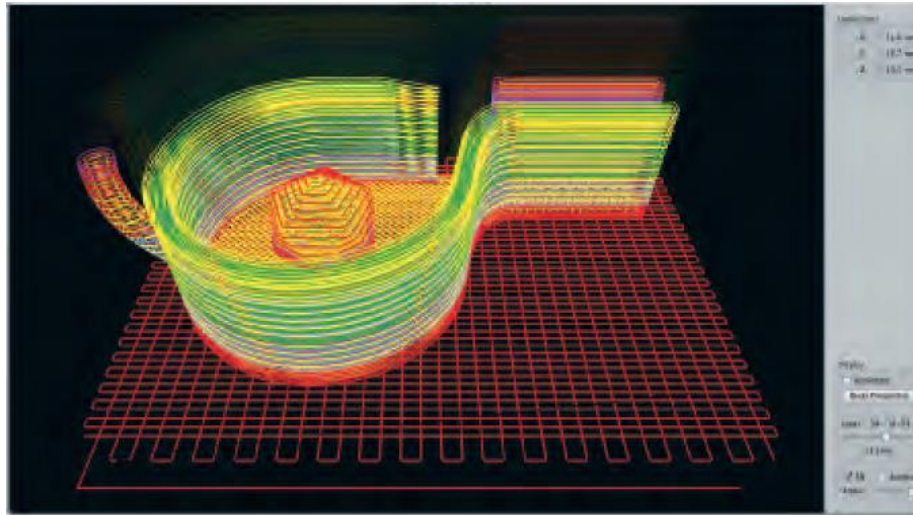


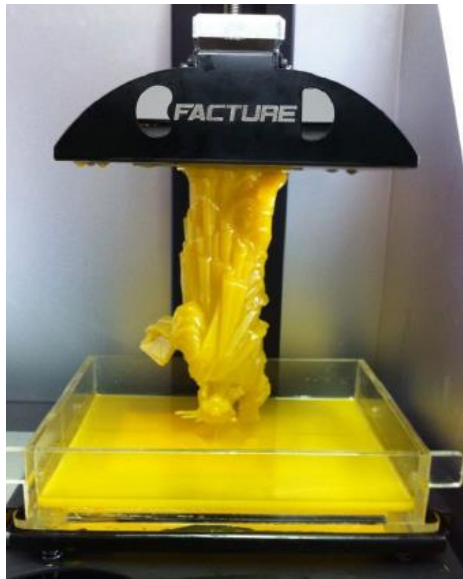
Figura 2.15 Ejemplo de un modelo tridimensional convertido en capas.  
Fuente: Make Magazine, 2012.

En esta investigación se usó el software CatalysEx y una impresora Uprint SE Plus 3D para la fabricación de la montura para el filtro óptico. El software CatalysEx permite configurar la orientación de la pieza, calcula la cantidad de material que se utilizará y el tiempo de impresión. Además, permite cambiar el grosor y número de capas, elegir el tipo de relleno del soporte de la pieza y definir algunos otros parámetros. No obstante, no permite establecer la temperatura ni la velocidad de impresión, ya que calcula estas opciones de acuerdo a la forma de cada pieza y de acuerdo a los otros parámetros que sí pueden determinarse.

### 2.5.3 Impresión 3D por fotopolimerización

Como se observa en la Figura 2.16, esta variante de impresión 3D consiste en eyectar un fotopolímero líquido desde un cabezal de impresión que es rápidamente “curado” por un haz de rayos ultravioleta, lo que lo hace solidificar y construir la pieza capa a capa. Varios materiales pueden ser eyectados en el mismo acto de impresión, por lo tanto, se puede fabricar una pieza con distintos materiales e incluso de varios colores, siempre que sean fotopolímeros y éstos no tengan gran durabilidad. Para realizar la impresión con éxito, algunas veces se requiere generar estructuras auxiliares que soporten las partes salientes, las cuales usualmente se imprimen empleando un material diferente que se remueve una vez que ha sido producida completamente la pieza. La impresión 3D por fotopolimerización permite obtener piezas con buenos acabados, pero con una limitada resistencia mecánica y durabilidad.





*Figura 2.16 Ejemplo de una impresión por fotopolimerización.  
Fuente: Make Magazine, 2012.*

La estereolitografía es un tipo específico de impresión 3D por fotopolimerización la cual se basa en las propiedades de una resina que se solidifica mediante la proyección de un láser de frecuencia y potencia concreta. Con la estereolitografía se obtienen modelos traslúcidos con buenos acabados, incluso en tamaños reducidos. Además, las piezas pueden ser pintadas o pulidas con facilidad posteriormente a la impresión. No obstante, los modelos generados son frágiles, poco fiables y propensos a sufrir deformaciones al ser expuestos a la humedad y calor.

El Procesamiento Digital por Luz (DLP, acrónimo en inglés de Digital Light Processing) es muy similar a la estereolitografía, la diferencia radica en que no se utiliza un láser para solidificar la resina, sino un proyector de luz.

Otra variante de la fotopolimerización es la tecnología Poly-jet, la cual se caracteriza por su resolución microscópica, ya que se pueden generar capas hasta de 0.016 mm de grosor. Para solidificar el material se emplea luz ultravioleta y se pueden combinar distintos tipos de materiales fotosensibles.

#### **2.5.4 La impresión 3D por fusión de lechos de polvo**

Como se presenta en la Figura 2.17, en esta variante de impresión 3D se utiliza un rayo láser o calor para fundir capas de polvo en la forma deseada. Los materiales que se pueden fundir son metales, cerámicos y plásticos en polvo.



*Figura 2.17 Ejemplo de piezas impresas por impresión fusión de lechos de polvo.  
Fuente: Make Magazine, 2012.*

En esta clase de impresión 3D se encuentra la sinterización selectiva por láser, el cual funde el material en polvo ocupando como referencia el escaneo de las secciones transversales (o capas) de un modelo digital tridimensional.

También se tiene el proceso E-Beam o proceso por fusión de haz de electrones en donde se funden polvos metálicos. Se caracteriza por ser un proceso lento y costoso del cual se obtienen piezas con buena densidad.

En la impresión 3D por fusión de lechos de polvo generalmente no es necesario usar relleno para conformar la estructura de la pieza. En comparación con la estereolitografía, las piezas soportan altas temperaturas y mayor grado de humedad, lo que significa que son capaces de conservar su forma en el exterior, con menor probabilidad de sufrir deformaciones. Una de las limitaciones de esta variante de impresión 3D es que el acabado de las piezas es granuloso. Además, por el manejo de altas temperaturas durante la impresión, no es posible mantener formas delgadas ya que tienden a deformarse (Garvía, 2014).

### 2.5.5 La impresión 3D por extrusión de material

Esta variante de impresión 3D también es conocida como Modelado por Deposición Fundida (FDM, acrónimo en inglés de Fused Deposition Modeling). Como se muestra en la Figura 2.20, el FDM funciona utilizando un filamento de plástico o de metal que se desenrolla de una bobina y suministra el material a una boquilla de extrusión. La boquilla se calienta para fundir el material y puede moverse tanto en sentido horizontal como vertical mediante un mecanismo que es controlado directamente por un software. El objeto se produce mediante la extrusión del material fundido para formar capas, esto es posible de realizar ya que el material se endurece inmediatamente después de expedirse desde la boquilla. La máquina genera la estructura del modelo y algunos soportes auxiliares para las partes salientes, los cuales se quitan al terminar la impresión (Garvía, 2014).

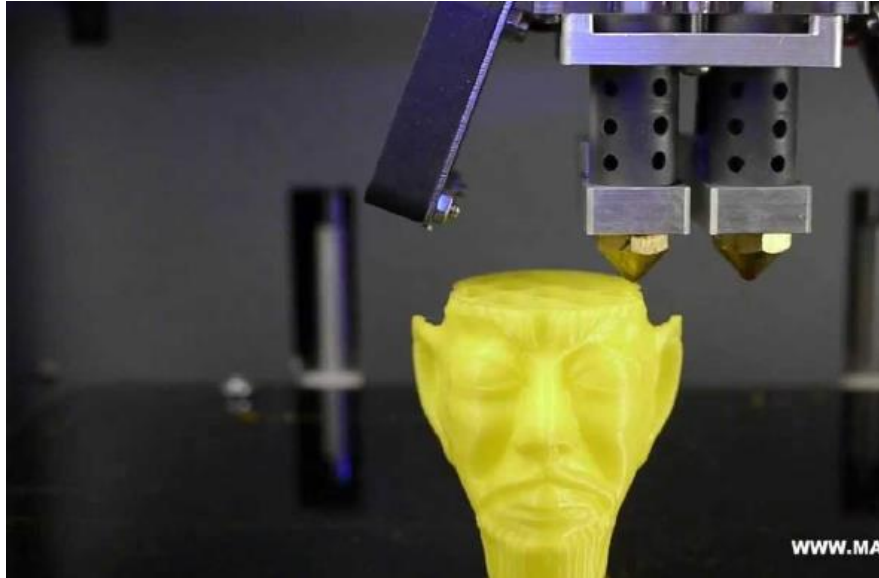


Figura 2.18 Ejemplo de impresión por FDM.  
Fuente: Arana, 2015.

Mediante el FDM se pueden producir piezas funcionales usando algunos de los siguientes materiales:

- *Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)*: es un polímero amorfo procedente de la emulsión o polimerización en masa de acrilonitrilo y estireno en presencia de polibutadieno. Las propiedades más importantes del ABS son la resistencia a los impactos y su dureza. Es uno de los materiales más comunes en el FDM.
- *Ácido poliláctico (PLA)*: este polímero se caracteriza por ser biodegradable. El PLA es producido a partir de recursos renovables como el maíz, la remolacha, el trigo y otros productos ricos en almidón.
- *Acrilonitrilo estireno acrilato (ASA)*: tiene propiedades similares al ABS. Es un terpolímero amorfo avanzado de acrilonitrilo estireno acrilato. Entre sus propiedades se destacan la resistencia a los rayos UV, al calor, a golpes.
- *Tereftalato de polietileno (PET)*: es uno de los poliésteres lineales más utilizados, se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol.
- *Policarbonato (PC)*: sus características más significativas son la transparencia, resistencia a impactos y buen comportamiento frente a temperaturas relativamente elevadas.
- *Poliámidas*: son polímeros termoplásticos amorfos que tienen excepcionales propiedades de resistencia mecánica, térmica y química. Se utilizan comercialmente para revestimientos, fibras y piezas moldeadas. El método de moldeo más usado es por inyección, aunque también es utilizado en la impresión 3D (Ebewele, 2000).

El FDM se utiliza en la elaboración de prototipos funcionales o en la fabricación de componentes de productos en pequeñas series (Riveiro, 2015). La impresora que fue usada en la fabricación del prototipo para la montura del filtro óptico funciona mediante esta variante de impresión 3D. Algunas ventajas del FDM son:

- Algunos modelos de impresoras FDM son las más baratas del mercado, pueden ser construidas y modificadas con cierta facilidad por los usuarios.
- El enfriamiento de los materiales durante el proceso de FDM se produce de manera rápida.
- Los materiales usados en el FDM son recursos abundantes y de fácil acceso en la sociedad actual.
- El costo de la materia prima es económico, en comparación con el de otras variantes de impresión 3D.
- Los materiales plásticos utilizados en el FDM son reciclables.
- Se pueden realizar numerosos tratamientos a los modelos generados mediante el FDM después de la impresión para mejorar su apariencia y corregir imperfecciones.
- Hay una gran diversidad de marcas y tamaños de impresoras que utilizan el FDM (Ponce, 2004).

No obstante, el FDM presenta las siguientes limitaciones:

- La textura superficial de los modelos es laminada.
- Es necesario el uso de material de relleno que brinde soporte a las piezas.
- El proceso de fabricación es lento, en comparación con otras técnicas de impresión 3D.
- Es posible que la impresora sufra atascos de material.
- Existe cierto grado de inexactitud en las dimensiones, las cuales deben considerarse al efectuar el modelado digital (Ponce, 2004).

Después de imprimir las piezas, normalmente se aplica un tratamiento para eliminar los remanentes del material que sirvió de soporte o relleno. El tratamiento más común consiste en sumergir la pieza en un disolvente líquido para remover los residuos. En esta investigación, las piezas fueron impresas usando ABS, lo que requirió que se sumergiera en sosa caliente para quitar el material sobrante.

## 2.6 Elementos de sujeción

Los tipos de uniones se pueden clasificar con base en la permanencia de dicha unión, dando lugar así a uniones de tipo móvil y rígidas. Las uniones móviles permiten separar las piezas con facilidad, mientras que las uniones rígidas son piezas en las que no se considera un desmontaje futuro, por lo tanto, si en algún momento es necesario separar las piezas unidas es probable que se rompan, dañen o destruyan. Las uniones rígidas a su vez se dividen en uniones desmontables (no permanentes) y permanentes.

En las uniones desmontables son usados comúnmente elementos como tornillos y elementos roscados como tuercas, chavetas, ejes astriados y ensambles masa-eje con holgura. Dentro de la categoría de uniones permanentes se tienen los adhesivos, piezas remachadas, soldadas y ensambladas por interferencia (Uriel, 2017). Por esta razón, para efectuar la unión de los elementos de la montura, se consideraron como posibles soluciones el uso de tornillos, tuercas, un ensamble a presión o un pegamento. Adicionalmente, para colocar la montura en la pantalla de la computadora, se tomaron en cuenta elementos como imanes, ganchos y bisagras. En las Figuras 2.19 a 2.25 se muestran algunos de estos elementos de unión.



Figura 2.19 Tuercas  
Fuente: tornillostj.com, 2018.

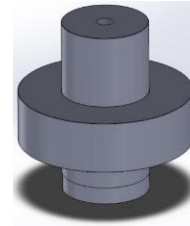


Figura 2.20 Unión a presión  
Fuente: Uriel, 2017.



Figura 2.21 Pegamento para metales.  
Fuente: www.vix.comg, 2018.



Figura 2.22 Imán flexible.  
Fuente: Mercadolibre.com, 2018.



Figura 2.23 Ejemplo de gancho metálico.  
Fuente: Mercadolibre.com, 2018.



Figura 2.24 Ejemplo de bisagras.  
Fuente: www.interempresas.net, 2018.



Figura 2.25 Tornillos.  
Fuente: holocaustomusic.com, 2018.

El análisis de los elementos de sujeción se ocupó para incorporar dicho atributo en las propuestas para colocar la montura en la laptop, lo cual se describe en los apartados posteriores.

### 2.6.1 Tipos de imanes

Los imanes son materiales que tienen la capacidad de atraer el hierro, níquel o incluso el cobalto. Además, producen campos magnéticos exteriores que se percibe al atraer a otros elementos. Existen diferentes tipos de imanes, no obstante, a continuación se describen aquellos que por sus características representaron una opción para implementarse como elemento de sujeción de la montura.

-*De alnico*: están compuestos por cobalto, níquel y aluminio, los cuales se fusionan tomando distintas proporciones de cada metal. Se caracterizan por ser muy económicos, aunque presentan la desventaja de contar con una atracción bastante débil.

-*Moldeados por inyección*: se caracterizan por tener rasgos muy similares a los materiales compuestos por plástico. Los especialistas usan polvos magnéticos o resina para moldearlos.

-*Flexibles*: están compuestos por estroncio y hierro, junto con materiales como PVC o caucho (Tipos.co, 2018).

En ocasiones, se puede suponer que los imanes tienen el potencial de dañar los aparatos electrónicos; causando efectos como la pérdida de información en discos duros, la alteración en el funcionamiento de monitores y cables eléctricos. Sin embargo, dichas conjeturas se generaron a partir de los inconvenientes que se suscitaban con las unidades de disquete y en algunas ideas erróneas.

Es importante señalar que muchos dispositivos electrónicos funcionan ocupando imanes, tal es el caso de los monitores con Tubos de Rayos Catódicos (CRT, acrónimo en inglés de Cathode Ray Tube). También, las computadoras actuales utilizan monitores LCD y LED, las cuales funcionan de manera completamente diferente a los CRT, por lo que no ven afectado su desempeño por los imanes. Asimismo, los parlantes de las computadoras usan imanes para trabajar, sin embargo, no afectan el funcionamiento de otros dispositivos cercanos.

Por otro lado, los discos duros regularmente no se ven afectados por la presencia de imanes, a menos que se coloquen cerca de alguno que tenga una fuerza mayor que el imán que controla el cabezal de lectura/escritura (Norman, 2013).

Además, dispositivos con memoria flash tales como las tarjetas SD, memorias USB y discos duros de estado sólido no ocupan componentes magnéticos para funcionar, por lo tanto, son inmunes a los efectos de los imanes. Finalmente, la mayoría de los cables redondos tienen una protección contra interferencias magnéticas (Tanenbaum, 2009; Norman, 2013).

## 2.7 Tipos de unión a presión

En la unión a presión, la masa y el eje se pueden acoplar de dos maneras; la primera de ellas se presenta cuando las piezas puedan deslizarse una con respecto de la otra, con lo que se tendrá una *unión no permanente*. Lo anterior se obtiene si el diámetro interior de la masa es mayor que el diámetro exterior del eje. Por otro lado, la *unión permanente* se genera cuando el diámetro interior de la masa es menor que el diámetro exterior del eje. Este ensamble o desensamble se realiza forzosamente bajo presión, es decir, aplicando una carga.

La unión a presión por interferencia es un método usado comúnmente en piezas moldeadas por inyección. Son muy útiles pues disminuye el uso de tornillos, adhesivos u otro tipo de uniones; por tanto, es un método que simplifica el ensamble y sus costos asociados. Si se diseñan correctamente las piezas a unir, se pueden desmontar y volver a ensamblar varias veces sin ningún problema. Un ajuste a presión se puede diseñar como un complemento permanente o un complemento múltiple. Los ajustes permanentes se utilizan en piezas desechables que nunca deben desmontarse. A continuación, se describen las principales variantes de uniones a presión:

### 2.7.1 Annular snap fit

Consiste en un broche a presión que rodea todo el perímetro del producto y se traba en su lugar. Como se muestra en la Figura 2.26, este tipo de unión es común en el ensamble de tapas de lapiceros o tuberías (BASF Corporation, 2007).

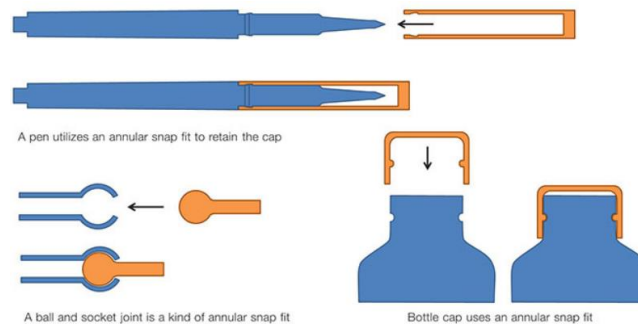


Figura 2.26 Unión a presión. Annular snap fit.  
Fuente: dsource.in, 2018.

### 2.7.2 Cantilever snap fits

Se caracteriza por la flexión de uno de sus elementos para lograr el encaje con la otra pieza y tener un borde que impida su desplazamiento al exterior (BASF Corporation, 2007). En la Figura 2.27 se observan algunos voladizos utilizables para esta unión.

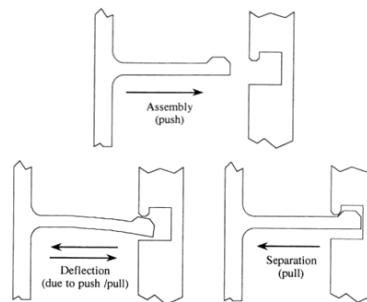


Figura 2.27 Unión a presión. Cantilever snap fit.  
Fuente: gotstogo.com, 2018.

### 2.7.3 Molding snap fits

Como se muestra en la Figura 2.28, en este tipo de unión una de las piezas tiene un voladizo de punta hacia fuera. Para unirse con otra pieza se utiliza presión, las salientes se sujetarán a la cavidad de la otra pieza evitando que se eyecte (BASF Corporation, 2007).

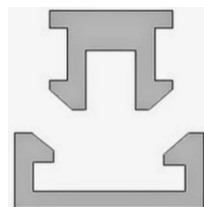


Figura 2.28 Unión a presión. Molding snap fit.  
Fuente: plus.google.com, 2018.

El análisis de los tipos de unión a presión sirvió para elaborar las propuestas de sujeción entre la montura y el filtro, tal como se expone en el siguiente capítulo.





## Capítulo 3 Desarrollo de la Metodología

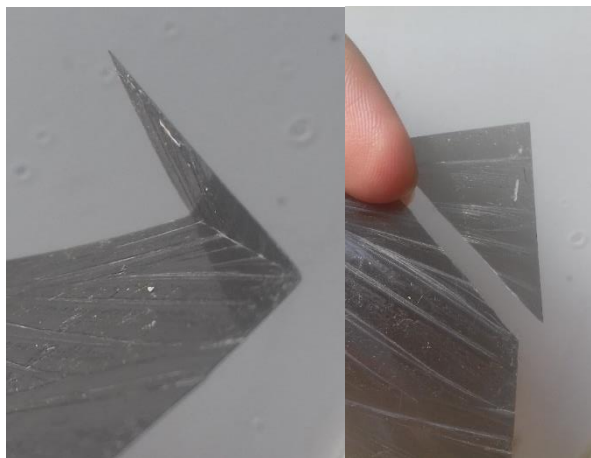
En este capítulo, inicialmente se describe el perfil del usuario para el cual fue diseñada la montura. Posteriormente, se presenta un análisis en donde se examina la factibilidad para utilizar la montura con el filtro óptico. Enseguida, se muestra la aplicación del método Kano para posteriormente desarrollar las cuatro fases del DFC. Finalmente, se presentan las propuestas de diseño de la montura que fueron generadas en la fase creativa y el proceso de fabricación del prototipo.

### 3.1 Descripción del usuario

Se definió como usuario al filtro óptico presentado en el VIII Congreso de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud, debido a que este elemento precisó del diseño de la montura. Por lo tanto, se requirió identificar y tomar en cuenta sus principales características para diseñar una montura que ostentara las cualidades estructurales y de usabilidad necesarias para garantizar el adecuado funcionamiento del filtro óptico.

En base a la información proporcionada por la investigadora que desarrolló el filtro óptico se establecieron las siguientes necesidades del usuario:

- El filtro óptico necesita una montura que le permita ser manejable, es decir, que permita al cliente colocarlo, quitarlo o moverlo.
- El filtro óptico necesita una montura que permita mantener juntas las películas que lo conforman, sin utilizar adhesivos, procesos de unión térmica o de deformación mecánica; ya que de lo contrario, el filtro perdería sus propiedades ópticas.
- El filtro necesita ser colocado lo más cercano posible a la pantalla; ya que de lo contrario, no funcionará.
- Como se muestra en la Figura 3.1, el filtro tiene un grado de flexibilidad tal que los dobleces dejan marcas permanentes y fracturas. Por ello, se necesita una montura que evite dobleces o deformaciones, como las presentadas en la Figura 3.2. Además, los dobleces ocasionan distorsiones en la luz que afectan el funcionamiento del filtro. Por lo tanto, el filtro necesita una montura que le proporcione rigidez.



*Figura 3.1 Fractura de una de las películas del filtro a causa de un doblez.  
Fuente: Elaboración propia.*



Figura 3.2 Deformaciones en el filtro que ocasionan distorsiones ópticas y dañan el material.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.2 Escenarios para el uso potencial del filtro

La función del filtro óptico consiste en modificar la luz polarizada, por lo tanto, podría ser utilizado en aparatos como televisores, laptops, celulares, computadoras de escritorio o tabletas; siempre y cuando dichos equipos posean una pantalla que emita luz polarizada. En la Tabla 3.1 se muestran las ventajas y desventajas que fueron identificadas en diferentes escenarios para el uso potencial del filtro.

**Tabla 3.1** Pros, contras y conclusiones de los escenarios para el uso potencial del filtro.

Nombre	Pros	Contras	Conclusiones
Televisión.	El filtro óptico funciona de manera correcta.	En el hogar del cliente viven personas con otro tipo de clasificación de visión anormal del color, por tanto, el filtro óptico, aunque beneficia al cliente deuteranómalo, perjudicaría a los otros televidentes. Además, en el mismo hogar habitan personas con visión normal del color, por lo que el filtro óptico les impediría ver de manera clara las imágenes del televisor. El tamaño del televisor en el hogar del cliente es de 42", por lo que el tamaño del filtro óptico debería ser el mismo y esto significaría una elevación considerable en el costo.	Utilizar el filtro óptico en este equipo sería beneficioso para la salud del cliente. Sin embargo, debido a que los demás habitantes en el hogar poseen condiciones visuales distintas a la del cliente, se tendría que colocar y quitar el filtro óptico de la pantalla de la televisión. Además, resultaría imposible para el cliente pagar el costo del filtro óptico.
Laptop.	El filtro óptico funciona de manera correcta. El tamaño de la pantalla es de 15.56", por lo tanto, el tamaño del filtro óptico debe ser el mismo.	Cabe la posibilidad de que el cliente en algunos años, cambie el modelo de su laptop. Por lo tanto, se tendría que modificar el tamaño del	Utilizar el filtro óptico en este equipo sería beneficioso para la salud del cliente. Además, le

		<p>filtro óptico o incluso, fabricar uno nuevo.</p> <p>Si se coloca sobre la pantalla una montura para el filtro óptico, este evitará que se cierre la laptop.</p>	<p>permitiría realizar actividades recreativas, educativas y laborales que actualmente no puede hacer debido a la falta de una montura para el filtro óptico.</p>
Celular.	<p>El tamaño de la pantalla de un celular es el más pequeño, en comparación a los otros aparatos considerados en este análisis.</p>	<p>La función “touch” queda imposibilitada al colocar el filtro óptico en la pantalla del celular.</p>	<p>Al no funcionar el celular cuando se coloca el filtro óptico en su pantalla, se descarta considerar este aparato para el diseño de la montura.</p>
Computadora de escritorio.			<p>El cliente no cuenta con una computadora de escritorio, por lo que este equipo fue descartado para el diseño de la montura.</p>
Tableta.	<p>El tamaño de la pantalla de una tableta es pequeño, en comparación con una laptop o televisor.</p>	<p>Al igual que el celular, la función “touch” de la tableta queda inhabilitada por el filtro óptico. A pesar de que podría adaptarse un teclado a la tableta para que funcione, esto implicaría un gasto extra para el cliente.</p> <p>El cliente no cuenta con una tableta, no obstante, otros miembros de su familia sí la tienen.</p>	<p>Al no funcionar la tableta cuando se coloca el filtro óptico en su pantalla, se descarta considerar este aparato para el diseño de la montura.</p>

**Fuente:** Elaboración propia.

La tabla anterior sirvió para identificar las limitaciones de tipo técnico y funcional de cada uno de los aparatos que utiliza el cliente en su vida cotidiana y en los que potencialmente podría utilizarse la montura con el filtro óptico.

Sin embargo, la laptop resultó ser el equipo que presentó una mayor factibilidad para que el filtro óptico funcionara óptimamente, a través de su colocación en una montura. La laptop del cliente es un aparato que emite luz polarizada, su pantalla tiene un tamaño de 15.56”, presenta las siguientes ventajas con respecto a los otros equipos:

- El cliente no tiene pensado comprar una nueva computadora a largo plazo, por lo tanto, la forma y tamaño del marco pueden mantenerse sin hacer modificaciones. Considerando las necesidades del filtro óptico, se concluyó que modificar el tamaño de la montura para adaptarlo a otros dispositivos, les ocasionaría dobleces y se requeriría otro con nuevas dimensiones, provocando un inconveniente en la manejabilidad del

mismo. También, el cliente podrá usar el filtro óptico sin afectar la visión de terceros, ya que estará diseñado acorde a sus requerimientos. Por otro lado, colocar una montura sobre la pantalla de la laptop limitará su movimiento y evitará que se cierre. Además, se concluyó que sería factible diseñar una montura desmontable para la laptop del cliente.

### 3.3 Primera fase del DFC

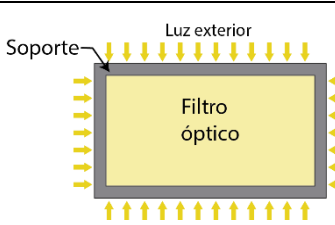
#### 3.3.1 Definición de los requerimientos del filtro (Aplicación del Método Kano)

Se utilizó el método Kano con el objetivo de obtener las necesidades del filtro óptico, el cual consistió en un cuestionario que contuvo preguntas en pares (una pregunta positiva y otra negativa) hechas al cliente y a la investigadora en una misma sesión. Como primer paso, se les entregó el cuestionario, el cual rellenaron de manera individual; las calificaciones fueron promediadas y redondeadas. Posteriormente, se escucharon los comentarios realizados por ambas personas y se obtuvieron las ponderaciones registradas.

*Califique a las siguientes preguntas de acuerdo al grado de satisfacción, utilizando para ello los valores de la tabla siguiente:*

CALIFICACIÓN	POSIBLE RESPUESTA
1	Realmente me gusta
2	Me gusta
3	Neutral
4	No me gusta, pero lo tolero
5	Realmente no me gusta y no lo tolero

Preguntas	Calificación
1. ¿Le gustaría que el soporte del filtro cambie de tamaño?	5
¿Le gustaría que el soporte del filtro no cambie tamaño?	1
De acuerdo a las necesidades del filtro descritas en el apartado 3.1, el filtro necesita un soporte que evite dobleces. Por lo tanto, se concluyó que modificar el tamaño de la montura para adaptarlo a otros dispositivos ocasionaría dobleces en el filtro y para evitarlos, se requeriría otro con dimensiones nuevas, provocando un inconveniente en la manejabilidad del mismo.	
2. ¿Le gustaría que el soporte del filtro sea rígido?	1
¿Le gustaría que el soporte del filtro no sea rígido?	5
Esta pregunta está ligada a la necesidad de darle rigidez al filtro. Como se mencionó antes, el filtro es flexible y necesita tener un soporte que evite que se doble.	
3. ¿Le gustaría que el soporte del filtro sea desmontable?	1
¿Le gustaría que el soporte del filtro no sea desmontable?	4
El término “desmontable” hace referencia a la propiedad de quitar y poner la montura sobre la pantalla de la laptop.	
4. ¿Le gustaría que el soporte del filtro sea discreto en su diseño?	1
¿Le gustaría que el soporte del filtro no sea discreto en su diseño?	4
El término “discreto” significa moderado, sin exceso, que no destaca (Espasa Calpe, 2005). Las respuestas a este par de preguntas las dio exclusivamente el cliente.	
5. ¿Le gustaría que el soporte del filtro sea ligero?	1
¿Le gustaría que el soporte del filtro no sea ligero?	4
La propiedad “ligereza” puede afectar a dos necesidades del filtro. Si es muy pesado, evitará la capacidad del cliente de quitar y poner el filtro sobre la pantalla. Por otro lado, un soporte con poca ligereza podría dar mayor rigidez al filtro, no obstante, también existen materiales que aunque no sean pesados proporcionan rigidez, un ejemplo de esos materiales son los plásticos. La razón de la puntuación a este par de preguntas, está ligada a los aspectos antes mencionados.	

6. ¿Le gustaría que el soporte permita el cambio del filtro, es decir, que el filtro pueda ser remplazado con regularidad?	4
¿Le gustaría que el soporte no permita el cambio del filtro, es decir, que el filtro no pueda ser remplazado con regularidad?	1
Para ponderar las respuestas a este par de preguntas, se consideró lo siguiente: el cliente ve como un beneficio no tener que remplazar el filtro de manera regular, ya que comprar el filtro de manera regular significaría un gasto no deseado. Por otro lado, una de las razones por la cual se requiere la montura es para darle resistencia al filtro y evitar que se maltrate. Actualmente, no se tiene un estimado de la vida útil del filtro ya que fue creado en el año 2017 y hasta el momento no se cuenta con más información al respecto.	
7. ¿Le gustaría que el filtro sea colocado en el soporte por el cliente?	5
¿Le gustaría que el filtro no sea colocado en el soporte por el cliente?	1
Es preciso recordar que el filtro es una nueva tecnología en vías de mejora, además que se ha fabricado un solo prototipo de este. Por lo que la investigadora no desea que el cliente coloque el filtro en la montura. En conclusión, los intereses particulares de la investigadora se vieron reflejados en la ponderación de este par de preguntas.	
8. ¿Le gustaría que el modo de colocación del filtro en el soporte sea de forma sencilla?	1
¿Le gustaría que el modo de colocación del filtro en el soporte no sea de forma sencilla?	4
Esta pregunta se refiere al hecho de que la investigadora pueda colocar el filtro en el soporte de manera fácil. Por tanto, la ponderación está ligada a su punto de vista.	
9. ¿Le gustaría que el soporte tenga una vida útil larga?	1
¿Le gustaría que el soporte no tenga una vida útil larga?	4
Esta pregunta fue planteada tanto al cliente como a la investigadora. Aunque ambos tenían diferentes razones, coincidieron en sus ponderaciones.	
10. ¿Le gustaría que el soporte impida el paso de la luz exterior en el contorno del filtro?	1
¿Le gustaría que el soporte no impida el paso de la luz exterior en el contorno del filtro?	4
 <p>En la Figura 3.3 se muestra esquematizado el planteamiento de este último par de preguntas. Al ser la luz exterior no polarizada (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), 2015) y la luz emitida por la pantalla polarizada; la investigadora ve con agrado la idea planteada por este par de preguntas, puesto que bloquear la luz exterior daría (en la opinión de la investigadora) mayor calidad a la función del filtro. Vale la pena explicar que al decir “calidad”, se refiere a que las imágenes que estén alrededor del contorno se verán más nítidas, no al hecho de mejorar la visualización de los colores. Es importante aclarar que la luz exterior se bloquearía mientras el filtro esté sobre la pantalla. Además, por la forma de la pantalla, un marco rectangular sería la geometría que mejor se adaptaría.</p>	
<p><i>Figura 3.3 Esquema de la luz exterior alrededor del soporte y el filtro óptico. Fuente: Elaboración propia.</i></p>	

A partir del cuestionario aplicado tanto a la investigadora como al cliente, además de las necesidades detectadas a partir de las características del filtro óptico, se determinaron los siguientes requerimientos para el diseño de la montura:

- Que no cambie de tamaño.
- Que sea ligero.
- Que la colocación del filtro en el soporte sea de forma sencilla. No obstante, la investigadora requiere ser quien coloque el filtro óptico.

- Que el filtro no sea reemplazado con regularidad. Es decir, que en caso haber una futura mejora en el filtro óptico, este pueda ser reemplazado.
- Que el soporte sea rígido.
- Que la vida útil del soporte sea larga.
- Que el diseño del soporte sea discreto.
- Que el soporte sea desmontable de la laptop.
- Que el soporte impida el paso de la luz exterior en el contorno del filtro.

Como parte del método Kano fue conveniente conocer el grado de importancia que la investigadora y el cliente le dieron a cada atributo. Por lo tanto, se les aplicó una entrevista a partir de la cual se obtuvo la ponderación de cada característica de acuerdo a su opinión personal, esto posteriormente permitió medir el grado de importancia de cada atributo en la primera casa de la calidad. Como se muestra en la Tabla 3.2, las “X” corresponden a los aspectos evaluados por la investigadora y los “ $\phi$ ” conciernen a los del cliente.

**Tabla 3.2** Requerimientos del filtro ponderados de acuerdo al grado de importancia.

Característica	Totalmente sin importancia					Extremadamente importante				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Que el soporte cambie de tamaño.	X				$\phi$					
Que el soporte sea ligero.								X		$\phi$
Que la colocación del filtro en el soporte sea de forma sencilla.	$\phi$								X	
Que el filtro sea reemplazado con regularidad.	X	$\phi$								
Que el soporte sea rígido.						$\phi$				X
Que la vida útil del soporte sea larga.										$\phi$ X
Que el soporte sea discreto.					X					$\phi$
Que el soporte sea desmontable de la laptop.									X	$\phi$
Que el soporte impida el paso de la luz exterior en el contorno del filtro.	$\phi$									X

**Fuente:** Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla 3.3 se muestra la clasificación de las preguntas con base a las categorías del modelo Kano.

**Tabla 3.3** Clasificación de las características de acuerdo al modelo Kano.

	Característica	Categoría	Importancia
1	Que cambie de tamaño.	Inv	2
2	Que sea ligero.	A	8
3	Que la colocación del filtro en el soporte sea de forma sencilla.	A	8
4	Que el filtro sea reemplazado con regularidad.	Inv	3
5	Que el soporte sea rígido.	U	9
6	Que la vida útil del soporte sea larga.	A	7
7	Que el soporte sea discreto.	A	7
8	Que el soporte sea desmontable de la laptop.	A	8
9	Que el soporte impida el paso de la luz exterior en el contorno del filtro.	A	8

**Fuente:** Elaboración propia.

A partir de la Tabla 3.3, se obtuvo la siguiente clasificación de los requerimientos del filtro:

Requerimientos Atractivos para el diseño de la montura:

- Que la colocación del filtro en el soporte sea de forma sencilla.
- Que la vida útil del soporte sea larga.
- Que el soporte sea discreto.
- Que el soporte sea desmontable de la laptop.
- Que sea ligero, en concreto, no más de 105 gramos. La información sobre esta cantidad es descrita en apartados posteriores.
- Que el soporte impida el paso de la luz exterior en el contorno del filtro.

Requerimientos Unidimensionales para el diseño de la montura:

- Que el soporte sea rígido.

Requerimientos Inversos que no fueron deseables para el diseño de la montura:

- Que el soporte cambie de tamaño.
- Que el filtro no sea reemplazado con regularidad.

Adicionalmente, la investigadora expresó que aunque parezca evidente, es importante que la montura no afecte la funcionalidad del filtro, es decir, sus propiedades ópticas.

### 3.3.2 Definición de los requerimientos de diseño (Voz del ingeniero)

Los requerimientos de diseño mostrados en la Tabla 3.3, más el requerimiento “que el soporte no afecte la funcionalidad del filtro”, fueron planteados con la finalidad de cumplir con todos los requerimientos para el diseño de la montura, los cuales se presentan en la Tabla 3.4. Cabe destacar que como principio del DFC (Kano, Seraku, Takahashi y Tsuji, 1984), en la primera casa de la calidad se plantean requerimientos de diseño que cumplan con todas las necesidades de los usuarios, en este caso del filtro óptico. Al tomar en consideración desde la primera casa los requerimientos del filtro óptico, como consecuencia, las siguientes tres casas de la calidad (al estar derivadas una de otra) fueron elaboradas con base a esos mismos requerimientos.

**Tabla 3.4** Requerimientos de diseño con su valor meta.

Requerimientos de diseño	Valor meta
Tamaño de la montura	Para pantallas de 15.56”.
Elementos de sujeción en la montura	El mínimo posible.
Ranuras	1 – 1.5 mm.
Color	Colores oscuros.
Material	Plástico o metal.
Peso	Límite de peso máximo 150 grs. Peso máximo sugerido 90 grs.
Concepto de diseño	Min. 3 conceptos de diseño.
Grosor	6 mm.
Tiempo de fabricación	-----
Costo de fabricación y material	\$2000

**Fuente:** Elaboración propia.

A continuación, se describen los aspectos que llevaron a determinar los valores meta incluidos en la Tabla 3.4:

El valor meta de 15.56" para el tamaño de la montura, está basado en las dimensiones de la pantalla de la laptop del cliente, la cual mide 34.5 cm por 19.5 cm. Por otro lado, mediante las pláticas efectuadas con el cliente, se llegó a la conclusión de pintar la montura en color negro, para que tuviera el mismo acabado que la laptop. Por otro lado, el cliente declaró que como preferencia personal, le gustaría que la montura tuviera en la medida de lo posible un color negro o azul oscuro. El peso de la montura fue determinado con base en la información técnica de la laptop marca Lenovo (Intel CORE i5, 2018), donde se sugiere no aplicar un peso mayor a los 150 grs a la pantalla. Acorde a la información dada por la investigadora, se sabe que el filtro pesa aproximadamente 45 grs, lo que daría una holgura de peso de 105 grs a la montura. No obstante, se decidió establecer como límite del peso máximo de la montura la cantidad de 90 grs, sin incluir el filtro. El grosor de 6mm se determinó para poder mover la pantalla hacia el frente, tal como se muestra en la Figura 3.4. La tesista propuso "ranuras" como requerimiento de diseño, ya que el filtro óptico necesita que las películas que lo conforman estén unidas sin utilizar adhesivos, procesos térmicos o de deformación mecánica. Por lo tanto, las ranuras servirán para colocar las películas y ejercerán presión sobre estas para imposibilitar su liberación. Por último, el costo de fabricación máximo fue propuesto por el cliente, ya que dicha persona costó la elaboración del prototipo de la montura.

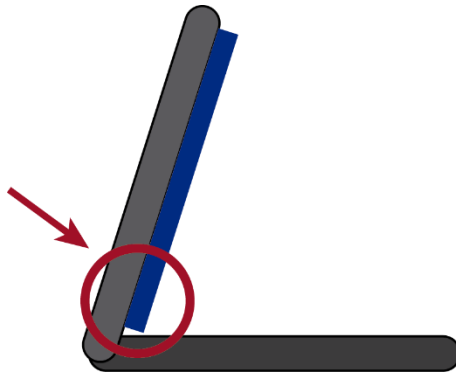


Figura 3.4 Esquema de inclinación de la pantalla en una laptop.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3 Primera Matriz de la Calidad (Requerimientos del filtro vs Requerimientos de diseño)

Cada matriz de la calidad pondera las relaciones, correlaciones y grados de dificultad; entre los elementos que integran dichas casas, por lo tanto, durante el desarrollo de las cuatro casas del DFC, se utilizaron las escalas que se muestran en la Figura 3.5.

Grado de dificultad: 1-2-3-4-5			
	←		
Valor meta:	Escala de relaciones:	Símbolos de correlación	Escala competencia:
↑ Maximizar	0 Ninguna relación	:D Fuerte correlación positiva	N ninguna
↓ Minimizar	1 Baja relación	:) Correlación positiva	B Bajo
= Objetivo	3 Media relación	:( Correlación negativa	M Medio
	5 Alta relación	:S Fuerte correlación negativa	A Alto
			S Super Alto

Figura 3.5 Escalas utilizadas en las matrices del DFC.  
Fuente: Elaboración propia.



En la primera matriz de la calidad se enlistaron los requerimientos del filtro y los requerimientos de diseño obtenidos por el método Kano. Además, se hizo un análisis de las características de otros productos que tienen funciones similares. Se debe recordar que como principio del DFC (Kano, Seraku, Takahashi, y Tsuji, 1984), en la primera casa de la calidad se establecen los requerimientos de diseño a partir de los requerimientos del usuario previamente identificados. En consecuencia, las siguientes casas del DFC fueron elaboradas con base en los requerimientos del filtro.

En la Figura 3.6 se observa el esquema de la primera casa de la calidad, en donde se relacionan los requerimientos del cliente con los requerimientos de diseño; puede notarse que el atributo de “concepto de diseño” tiene una importancia relativa mayor a las demás, por tanto, su prioridad es de 1. Por otro lado, los atributos de “color” y “peso” quedaron relegados en los últimos lugares.

Requerimientos del filtro	Prioridad	Requerimientos de diseño									
		Tamaño	Elementos de sujeción	Color	Ranuras para el filtro	Material	Peso	Concepto de diseño	Grosor	Costo de material y fabricación	Tiempo de fabricación
Que la colocación del filtro en el soporte sea de forma sencilla.	4	1	5	0	3	5	3	5	3	1	3
Que la vida útil del soporte sea larga.	3	0	3	0	1	5	0	3	0	3	3
Que el soporte sea discreto.	3	3	5	5	1	3	1	5	5	1	1
Que el soporte sea desmontable de la laptop.	4	3	5	0	0	1	3	5	3	1	3
Que el soporte sea ligero.	4	3	5	0	0	5	5	3	3	1	1
Que el soporte sea rígido.	5	0	3	0	0	5	0	3	3	1	1
Que el soporte no cambie de tamaño.	5	5	0	0	1	1	0	5	0	3	1
Que el filtro no sea reemplazado con regularidad.	2	0	5	0	5	3	1	3	3	3	1
Que el soporte no afecte la funcionalidad del filtro.	5	1	5	0	5	1	1	5	3	3	5
Que el soporte impida el paso de la luz exterior en el contorno del filtro.	4	3	5	0	0	1	1	5	0	3	3
Puntuación absoluta		79	146	15	58	113	58	167	87	77	89
Puntuación relativa		8.9%	16.4%	1.7%	6.5%	12.7%	6.5%	18.8%	9.8%	8.7%	10%
Dificultad		1	2	2	2	2	1	1	1	3	2
Prioridad		6	2	10	8	3	9	1	5	7	4

Figura 3.6 Cuerpo de la primera casa de la calidad.  
Fuente: Elaboración propia.

En la matriz de correlaciones o tejado de la casa mostrada en la Figura 3.7, se encuentran las correlaciones de las características de diseño, mostrando las dependencias positivas y negativas. Un ejemplo de alta correlación se encuentra entre los atributos de grosor y peso, por otro lado, hay una baja correlación entre el grosor y los elementos de sujeción; además, existe una nula relación entre el grosor y el color. Todas estas correlaciones fueron tomadas en consideración para seleccionar los requerimientos de diseño que pasaron a la segunda casa del DFC.

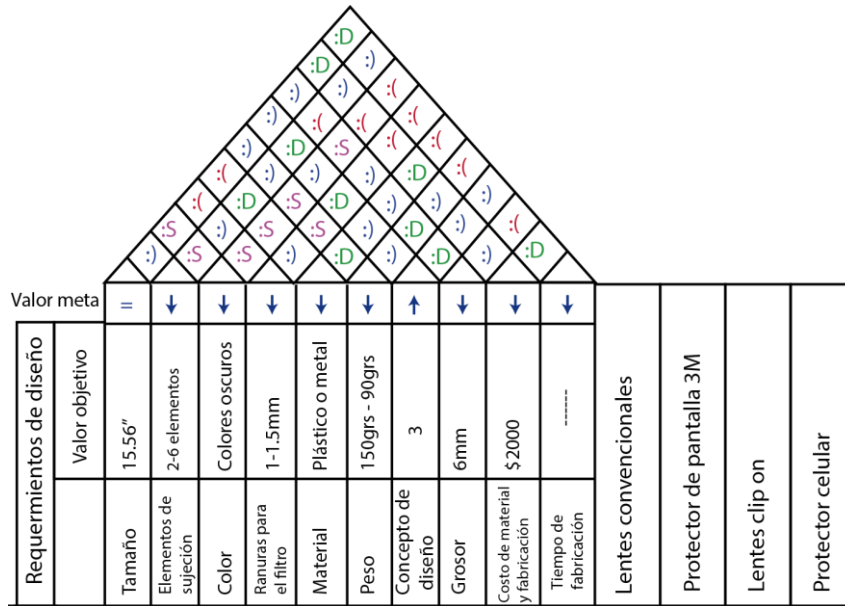


Figura 3.7 Tejado de la primera casa de la calidad.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.4 Evaluación competitiva

Es importante recordar que en la primera casa de la calidad se tiene que analizar a la competencia en relación con los requerimientos de diseño. Por ello, en esta investigación se examinaron los siguientes tres productos similares: protector de pantalla 3M, lentes clip on y marco con cámara integrada. Pese a que los dos últimos no son una competencia directa, fueron analizados por el sistema de sujeción que utilizan. En el caso del marco, resultó de interés el uso de tornillos para unir la pieza sobre una superficie. De las gafas clip on se consideró el sistema de unión que utilizan los lentes que son removibles. Las imágenes de cada producto se muestran en las Figuras 3.8 a 3.10.



Figura 3.8 Marco para placa de autos.  
Fuente: www.sonicelectronix.com, 2018).



Figura 3.9 Gafas clip on.  
Fuente: Amazon, 2018.



Figura 3.10 Filtro 3M para Computadoras de escritorio.  
Fuente: 3M Optical Systems Division, 2004.

En la Tabla 3.5 se presentan los argumentos considerados para seleccionar y analizar a cada objeto similar. En primer lugar, fue necesario indagar e identificar otros productos que por sus características, pueden representar una competencia significativa en el mercado para la montura que fue diseñada. En segundo lugar, se requirió identificar aquellas características de la montura que le darían ventaja sobre la competencia. En tercer lugar, dado que el filtro óptico es de reciente invención, se debieron tomar en consideración aquellos productos que tienen usos similares, para posteriormente determinar los atributos que le agreguen valor (Akao, 2004). No obstante, dicho análisis se hizo sin pretender dotar al filtro óptico de una montura que lo convirtiera en un dispositivo igual a alguno de los competidores. Adicionalmente, en la Tabla 3.5 se explican las razones que impiden al filtro óptico adoptar alguna de las configuraciones de los productos analizados.

**Tabla 3.5** Análisis de las propiedades de productos de la competencia.

Producto	Argumento para su selección	El filtro no es adaptable a este producto por:
Marco con cámara integrada.	Este producto es capaz de sujetarse sobre una superficie de manera segura y confiable. El marco se engancha a través de tornillos. A pesar del movimiento del vehículo, el marco no se mueve y permanece fijo.	1. El uso de tornillos para unir el soporte a la pantalla implicaría perforar la laptop. No obstante, es posible usar tornillos para unir el filtro con la montura.
Gafas clip on.	Fue de interés analizar la forma en que las micas extras se superponen a los lentes. Se observó que el sistema que utilizan estas gafas es de tipo snap fit. Esta unión fue considerada como una solución en la segunda casa de la calidad.	1. La luz emitida por el entorno no es polarizada y el filtro sólo funciona en luz polarizada. 2. El filtro debe estar lo más cerca posible de la pantalla. 3. Los materiales del filtro son flexibles, a diferencia de las micas usadas en los lentes convencionales.
Filtro 3M para computadoras de escritorio.	Resultó de interés la forma en que el soporte se sujetaba a los antiguos monitores CRT. No se tomó en consideración el filtro 3M modelo PF12.1 adherible, ya que no es posible adaptar dicha característica al filtro.	1. Los materiales del filtro son flexibles a diferencia del filtro 3M. 2. El filtro está formado por varias películas a diferencia del filtro 3M.

Fuente: Elaboración propia.

Marco con cámara integrada	Protector de pantalla 3M	Lentes clip on
M	M	A
A	S	S
M	M	M
N	S	S
A	A	A
A	S	N
S	S	S
A	N	M
A	S	S
B	N	N

Figura 3.11 Análisis de la competencia en la primera casa de la calidad.  
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.11 se utilizó la escala N, B, M, A y S; para calificar los aspectos que cubre la competencia en “ningún”, “bajo”, “medio”, “alto” o “súper alto” nivel, respectivamente. Al analizar los productos de la competencia en relación con los requerimientos del cliente, se pudieron identificar las siguientes características:

- Los lentes clip on y el protector de pantalla 3M, cumplen en un nivel “súper alto” el requerimiento “desmontable”.
- Todos los productos evaluados de la competencia, en general cubren bien los requerimientos “ligero” y “discreto”.
- El requerimiento “que sea rígido”, no es cumplido por los lentes clip on.
- El requerimiento “que la colocación del filtro en el soporte sea de manera sencilla”, es cubierta en un nivel “alto” por los lentes clip on.
- “Que la vida útil del soporte sea larga”, es satisfecha por toda la competencia; excepto por el protector de celular. La razón es que este objeto no tiene un soporte, ya que debe adherirse a la pantalla del dispositivo electrónico.
- “Que el soporte no cambie de tamaño”, es una característica que toda la competencia cumple en un nivel “súper alto”.
- El requerimiento “que el filtro no sea remplazado con regularidad”, no es cumplido por el protector de pantalla 3M.
- “Que el soporte no afecte la funcionalidad del filtro”, es cumplido por toda la competencia.

- “Que el soporte impida el paso de la luz exterior en el contorno del filtro”, es cumplido sólo por el protector de celular.

Del análisis anterior puede concluirse que ningún producto evaluado cubre todos los requerimientos del filtro. Por lo tanto, con el desarrollo de la montura se buscó cubrir con la mayoría de ellos.

### 3.3.5 Selección de los requerimientos de diseño

Luego de realizarse la primera matriz del DFC, los atributos de “color” y “ranuras para el filtro” fueron omitidos en la elaboración de la siguiente casa por su baja puntuación relativa. Por otro lado, la característica “ranuras para el filtro” estará presente de forma implícita en la siguiente casa, ya que el requerimiento “elementos de sujeción” es parte de las ranuras que deberá tener el soporte. A continuación, se muestran los nombres de los atributos con sus características de valor meta que se utilizaron en la segunda matriz del DFC:

- Tamaño: tamaño del soporte.
- Elementos de sujeción: proponer el menor número de elementos de sujeción posibles.
- Costo de material y fabricación: bajo costo de material y fabricación.
- Peso: bajo peso total del soporte.
- Concepto de diseño: se deberán proponer al menos tres propuestas de diseño.
- Material: material dominante del soporte.
- Grosor: menor grosor total del soporte.
- Tiempo de fabricación: menor tiempo de fabricación.

Los valores meta fueron definidos por la investigadora con la finalidad de respetar los requerimientos adicionales que fueron proporcionados por la persona que usará la montura. Es decir, el tamaño del soporte se determinó por el tamaño de la laptop; el proponer “menor número de elementos de sujeción posibles” se definió ya que con ello se reduce el peso de la montura, el cual se considera debe ser bajo de acuerdo a los requerimientos del cliente. Tomando como base los factores de tiempo, accesibilidad, calidad, tamaño, forma, costes y sobre todo en la función a realizar del producto; se propusieron cuatro propuestas de diseño. Por último, el requerimiento “el menor tiempo de fabricación” fue propuesto por la investigadora.

## 3.4 Segunda fase del DFC

En la segunda casa del DFC se tomaron los requerimientos de diseño o también llamados características técnicas, previamente seleccionados en la primera casa y se enlistaron las características de las partes que satisficieron dichos requerimientos.

### 3.4.1 Proceso de conceptualización

De acuerdo a Montana (Montana, 1989), un concepto (en el ámbito del diseño industrial) es una idea que define un objeto, englobando sus cualidades o características que lo diferencian de los demás objetos o productos existentes en el mercado. Tomando en cuenta dicha definición y los requerimientos establecidos por la investigadora y el cliente, así como del análisis de las

necesidades del usuario se establecieron las siguientes características que la montura debió cubrir:

- Que el soporte no cambie de tamaño.
- Que la montura sea ligera.
- Que la colocación del filtro en el soporte sea de forma sencilla. No obstante, la investigadora quiere ser quien coloque el filtro.
- Que el filtro no sea reemplazado con regularidad.
- Que el soporte sea rígido.
- Que la vida útil del soporte sea larga.
- Que el soporte sea discreto.
- Que el soporte sea desmontable de la laptop.
- Que el soporte impida el paso de la luz exterior en el contorno del filtro.
- Que el soporte no limite el correcto funcionamiento del filtro.

Se elaboraron cuatro propuestas que satisficieron las características antes mencionadas con la finalidad de que la montura cubra con todas las necesidades que requiere el filtro. Cada uno de los conceptos está enfocado en dar soporte al filtro, sin mostrar el tipo de sujeción entre la montura y la laptop. No obstante, en el apartado 3.4.1.2 se proponen tres tipos de sujeción laptop-montura, con la finalidad de crear combinaciones acorde a cada una de las cuatro propuestas. Las posibles combinaciones entre los conceptos de diseño y los tipos de sujeción son visibles en el apartado 3.4.1.2. En este mismo apartado, se describen los materiales que se podrían usar en cada una de las propuestas.

#### **3.4.1.1 Propuestas de conformación estructural para el filtro óptico**

En este apartado se describen cuatro sistemas que representaron una opción para unir las películas del filtro sin utilizar adhesivos, calor o deformación mecánica.

##### **i) Propuesta Uno para la conformación estructural de la montura**

Como se muestra en la Figura 3.12, esta propuesta consiste en un soporte en forma de mariposa, la cual se abre por medio de bisagras que se observan en la Figura 3.13. Al colocar el filtro en medio, se cierra cierran las “alas” con un seguro, tal como se presenta en las Figuras 3.14 y 3.15. Esta propuesta podría ser elaborada con metal o plástico.

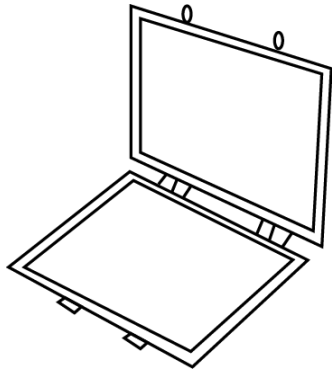


Figura 3.12 Propuesta tipo mariposa.  
Fuente: Elaboración propia.

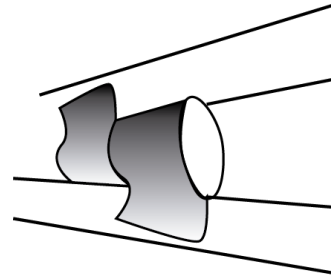


Figura 3.13 Bisagra usada en el concepto tipo mariposa. Fuente: Elaboración propia.

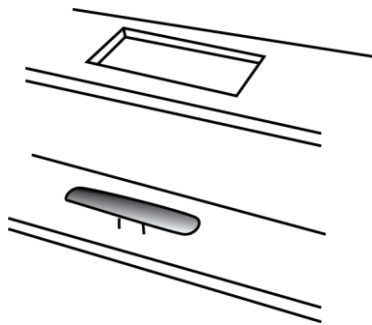


Figura 3.14 Seguro antes de cerrarse, usado en el concepto tipo mariposa. Fuente: Elaboración propia.

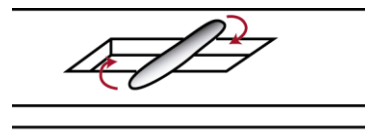


Figura 3.15 Seguro cerrado en el concepto tipo mariposa. Fuente: Elaboración propia.

ii) Propuesta Dos para la conformación estructural de la montura

Como se muestra en la Figura 3.16, esta propuesta consiste en una sola pieza metálica. Como se observa en la Figura 3.17, el contorno interior de la pieza estará abierta. El filtro se colocaría entre el espacio abierto y posteriormente, por medio de presión, el soporte sujetará al filtro.

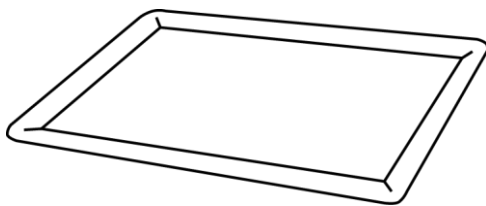


Figura 3.16 Propuesta de diseño, una sola pieza metálica.  
Fuente: Elaboración propia.

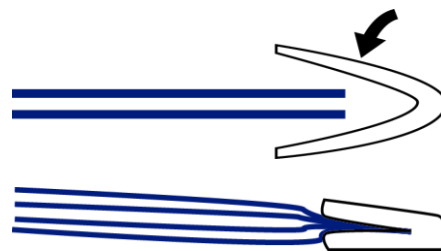


Figura 3.17 Contorno de la pieza, abierta y cerrada. Fuente: Elaboración propia.

iii) Propuesta Tres para la conformación estructural de la montura

Como se observa en la Figura 3.18, esta propuesta tiene una estructura de tipo sandwich que consiste en dos piezas de plástico separadas. Como se muestra en la Figura 3.19, gracias a la unión de las piezas por medio de tornillos y tuercas, se sujetará al filtro.

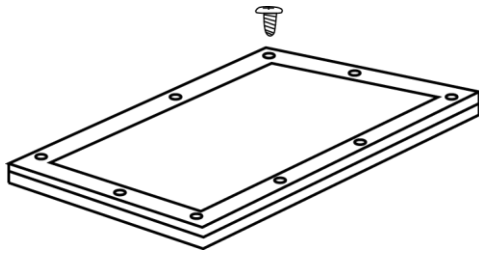


Figura 3.18 Dibujo de la propuesta tres.  
Fuente: Elaboración propia.

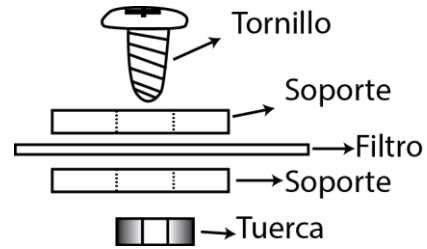


Figura 3.19 Unión de las dos piezas del soporte por medio de tornillo y tuerca.  
Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 3.20, una variante de la misma propuesta se tendría al usar una unión a presión en lugar de tornillos. La idea de esta propuesta surgió gracias al análisis de los lentes clip on.

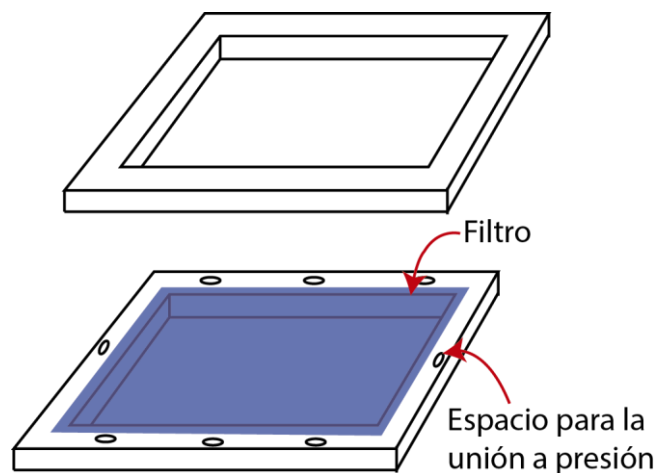


Figura 3.20 Unión a presión entre piezas del concepto tres.  
Fuente: Elaboración propia.

#### iv) Propuesta Cuatro para la conformación estructural de la montura

La cuarta propuesta se basó en los aros usados en la técnica de bordado tradicional. Consiste en dos piezas de plástico que se caracterizan por ser altas y delgadas, con la finalidad de tener mayor área de contacto entre ellas. Mientras que el área de contacto con la superficie de la pantalla es menor en comparación con las propuestas anteriores.

Como se muestra en la Figura 3.21, el filtro se coloca sobre la pieza de menor tamaño, posteriormente, por medio de presión, se une con la de mayor tamaño y el esfuerzo de ambas piezas “estira” el filtro, como se muestra en la Figura 3.22.



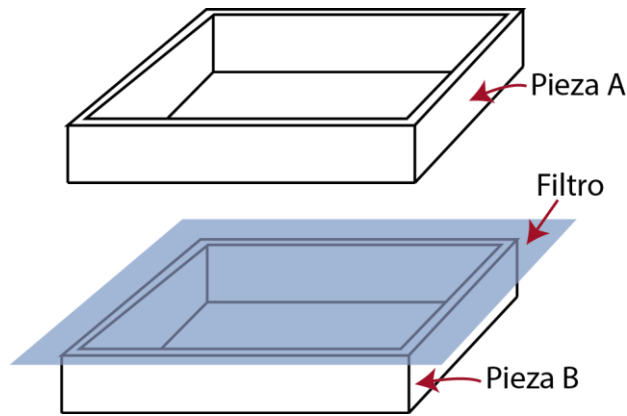


Figura 3.21 Dibujo de la propuesta cuatro.  
Fuente: Elaboración propia.

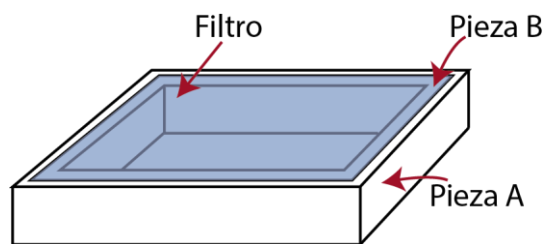


Figura 3.22 Unión a presión de las dos piezas del concepto cuatro.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 3.4.1.2 Propuestas de elementos de sujeción para el filtro óptico

En este apartado se describen las tres propuestas de sujeción entre la montura y la laptop, las cuales permitirían colocar la montura en la pantalla.

##### i) Propuesta Uno de elementos de sujeción para el filtro óptico

Consiste en que la parte posterior de la montura tenga una saliente que se ensamble con el modelo de la pantalla y así impida el paso de luz exterior alrededor del filtro. En la Figura 3.23 se observa el dibujo de la parte posterior de la montura con su respectiva saliente y en la Figura 3.24 se muestra el perfil de dicha saliente. Mientras que en la Figura 3.25 se visualiza un dibujo que representa la unión de la montura con la laptop.

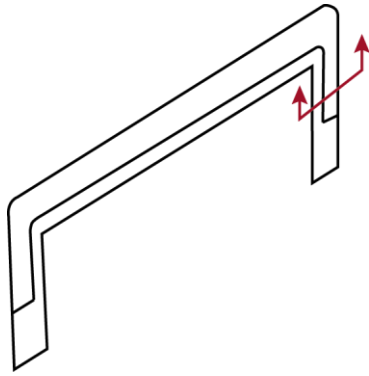


Figura 3.23 Parte posterior de la montura con saliente.  
Fuente: Elaboración propia.

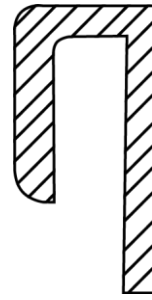


Figura 3.24 Corte de la montura en donde se observa la saliente. Fuente: Elaboración propia.

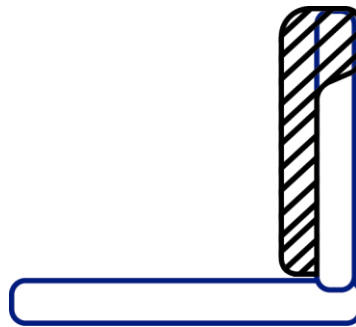


Figura 3.25 Dibujo que muestra la montura sujeta a la laptop.  
Fuente: Elaboración propia.

## ii) Propuesta Dos de elementos de sujeción para el filtro óptico

Como se muestra en la Figura 3.26, en esta propuesta se plantea colocar una tira de imanes sobre el contorno de la pantalla de la laptop y una tira de metal en la parte posterior de la montura, como se observa en la Figura 3.27. La unión entre el soporte y la laptop se vería como se presenta en la Figura 3.28

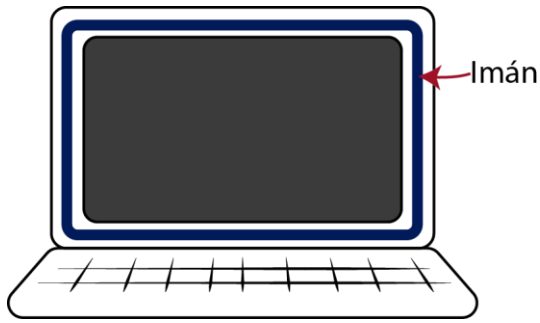


Figura 3.26 Dibujo que muestra el imán alrededor de la pantalla de una laptop. Fuente: Elaboración propia.

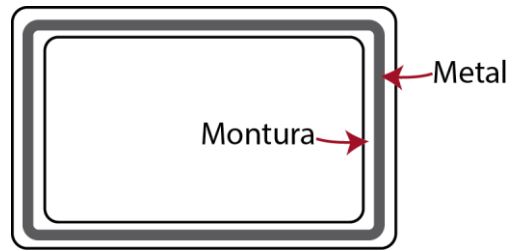


Figura 3.27 Colocación de una tira de metal alrededor de la parte posterior de la montura. Fuente: Elaboración propia.

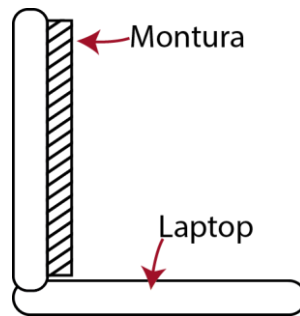


Figura 3.28 Se muestra la unión de la montura a la laptop por medio de imán. Fuente: Elaboración propia.

### iii) Propuesta Tres de elementos de sujeción para el filtro óptico

Esta propuesta de sujeción consiste en la utilización de ganchos hechos con algún material plástico o metálico. En la Figura 3.29 se observa un ejemplo de los ganchos colocados en la montura y en la Figura 3.30 se muestra un dibujo con la montura siendo sujeta por dichos ganchos.

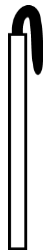


Figura 3.29 Ganchos en montura. Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.30 Dibujo de montura con ganchos sujeta sobre la pantalla de una laptop. Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2 Análisis de cada propuesta de diseño

En la Tabla 3.6 se describen las cuatro propuestas que se generaron para el diseño de la montura, a través de un conjunto de combinaciones de las opciones de conformación estructural y los tipos de sujeción entre laptop y la montura. Además, se incluyen los materiales por utilizar en la elaboración de cada opción de diseño. Por su parte, en la Tabla 3.7 se presentan los beneficios y desventajas de cada propuesta de diseño, acorde al análisis hecho por la investigadora que desarrolló el filtro óptico.

**Tabla 3.6** Tabla de análisis de los conceptos de diseño.

Propuesta	Breve descripción de la montura	Elementos de sujeción laptop-montura	Materiales
<b>Uno</b>	Es un soporte en forma de mariposa, donde el filtro queda presionado entre las “alas”, las cuales son mantenidas unidas por un seguro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Imanes: se podrían usar en caso de que el material de la montura sea un plástico o metal.</li> <li>○ Ganchos: se usarían ganchos metálicos o de plástico, dependiendo del material utilizado en la elaboración de la montura.</li> <li>○ Saliente: sólo se ocuparía en caso de que la montura sea elaborada de plástico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Plástico.</li> <li>○ Metal.</li> </ul>
<b>Dos</b>	Consiste en una sola pieza de metal que por medio de un doblez sujeta al filtro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Imanes: su uso sería cómodo, ya que la montura se fabricaría con algún metal.</li> <li>○ Ganchos: se utilizarían para soldarlos a la montura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Metal.</li> </ul>
<b>Tres</b>	Consiste en la unión de dos piezas por medio de tornillos y tuercas o por medio de presión. El filtro queda atrapado en medio de las dos piezas, dando la forma de un sándwich.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Imanes: se podrían usar colocando una tira de metal en la parte posterior de la montura, tal como se sugirió en el apartado 3.4.</li> <li>○ Ganchos: se utilizarían ganchos de plástico.</li> <li>○ Saliente: podría ser empleado puesto que el material de la montura sería un plástico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Plástico.</li> </ul>
<b>Cuatro</b>	Consiste en una pieza de tamaño mayor y otra de tamaño menor. El filtro debe ser lo suficientemente grande para ser estirado al embonar ambas piezas de la montura. El sistema es semejante al usado en los aros tradicionales del bordado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ganchos: se usarían ganchos de plástico, ya que no se podría usar un imán porque el área de contacto con la superficie entre la montura y la laptop es muy poca. Si se quisiera utilizar la saliente como sistema de sujeción, surgiría el mismo problema que el descrito para el imán.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Plástico.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 3.7** Tabla de análisis de los conceptos de diseño.

Combinación concepto de diseño de la montura y sistema de sujeción		Beneficios	Desventajas
Núm. De Propuesta	Elementos de sujeción laptop-montura		
Uno	<b>Imán</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumple muy bien con el requerimiento “Que no cambie de tamaño”.</li> <li>• Si fuese de metal sería menos ligero que si fuese de plástico.</li> <li>• La colocación del filtro sería sencilla.</li> <li>• Sería más rígido si es de plástico, que si es de metal. La razón es que entre más delgado sea el metal, es más flexible, mientras que existen polímeros delgados y rígidos.</li> <li>• La montura en su apariencia es discreta.</li> <li>• El soporte sería fácilmente desmontable.</li> <li>• El soporte impediría óptimamente el paso de la luz exterior.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este concepto podría generar que el cliente saque con frecuencia el filtro, por consiguiente, no se cumpliría de forma satisfactoria el requerimiento “Que el filtro no sea reemplazado con regularidad”.</li> <li>• La vida útil de la montura sería lo suficientemente larga. No obstante, el uso de bisagras podría acortarla, pues dependiendo de la calidad y material de las bisagras sería el tiempo de vida útil de toda la montura.</li> </ul>
	<b>Saliente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumple óptimamente con el requerimiento “Que no cambie de tamaño”.</li> <li>• Al ser de plástico sería ligero.</li> <li>• La colocación del filtro en el soporte sería sencilla.</li> <li>• El soporte sería lo suficientemente rígido por ser de plástico.</li> <li>• El soporte sería discreto.</li> <li>• El soporte sería fácilmente desmontable de la laptop.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este concepto podría generar que el cliente saque con frecuencia el filtro, por consiguiente, no se cumpliría de forma satisfactoria el requerimiento “Que el filtro no sea reemplazado con regularidad”.</li> <li>• La vida útil de la montura sería lo suficientemente larga. No obstante, el uso de bisagras podría acortarla, pues dependiendo de la calidad y material de las bisagras sería el tiempo de vida útil de toda la montura.</li> <li>• El soporte no impediría el paso de la luz exterior en el contorno del filtro.</li> </ul>
	<b>Ganchos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumple óptimamente con el requerimiento “Que no cambie de tamaño”.</li> <li>• Si fuese de metal sería menos ligero que si fuese de plástico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este concepto podría generar que el cliente saque con frecuencia el filtro, por consiguiente, no se cumpliría de forma satisfactoria el requerimiento “Que el filtro no sea reemplazado con regularidad”.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• La colocación del filtro en el soporte sería de forma sencilla.</li> <li>• Sería más rígido si es de plástico que si es de metal.</li> <li>• El soporte sería discreto.</li> <li>• El soporte sería fácilmente desmontable de la laptop.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La vida útil de la montura sería lo suficientemente larga. No obstante, el uso de bisagras podría acortarla, pues dependiendo de la calidad y material de las bisagras sería el tiempo de vida útil de toda la montura.</li> <li>• El soporte no impediría el paso de la luz exterior en el contorno del filtro.</li> </ul>
Dos	<b>Imán</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumple óptimamente con el requerimiento “Que no cambie de tamaño”.</li> <li>• La colocación del filtro en el soporte sería de forma moderadamente sencilla.</li> <li>• El filtro no podría ser reemplazado muchas veces, porque el metal se desgastaría. Lo anterior cumpliría muy bien con uno de los requerimientos establecidos.</li> <li>• La vida útil del soporte sería larga.</li> <li>• La montura sería discreta.</li> <li>• La montura sería fácilmente desmontable de la laptop.</li> <li>• La montura impediría el paso de la luz exterior en el contorno del filtro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es ligero, pero no tanto como si fuese de plástico.</li> <li>• La montura sería rígida, pero si fuese de plástico lo sería aún más. La razón es que entre más delgado sea el metal, es más flexible, mientras que existen polímeros delgados y rígidos.</li> </ul>
	<b>Ganchos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumple óptimamente con el requerimiento “Que no cambie de tamaño”.</li> <li>• Sería ligero.</li> <li>• La colocación del filtro en el soporte sería de forma sencilla.</li> <li>• El filtro no podría ser reemplazado muchas veces, porque el metal se desgastaría. Lo anterior cumpliría muy bien con uno de los requerimientos establecidos.</li> <li>• La vida útil del soporte sería larga.</li> <li>• El soporte sería discreto.</li> <li>• El soporte sería fácilmente desmontable de la laptop.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La montura sería rígida, pero si fuese de plástico lo sería aún más. La razón es que entre más delgado sea el metal, es más flexible, mientras que existen polímeros delgados y rígidos.</li> <li>• La montura no impediría el paso de la luz exterior en el contorno del filtro.</li> </ul>

<b>Tres</b>	<b>Imán</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumple muy bien con el requerimiento “Que no cambie de tamaño”.</li> <li>• La montura sería ligera.</li> <li>• La colocación del filtro en el soporte sería de forma sencilla.</li> <li>• Por la forma en que el filtro es sujetado por las dos piezas (ya sea a presión o por medio de tornillos y tuercas) el filtro daría pie a no ser reemplazado con regularidad, cumpliendo con uno de los requerimientos del filtro establecidos.</li> <li>• La montura sería rígida.</li> <li>• La vida útil del soporte sería larga.</li> <li>• La montura sería discreta.</li> <li>• La montura sería fácilmente desmontable de la laptop.</li> <li>• La montura impediría el paso de la luz exterior en el contorno del filtro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumple con todos los requerimientos del filtro establecidos en apartados anteriores. Además, la investigadora no tuvo comentarios negativos. No obstante, se definirá la vialidad de este concepto en la segunda casa de la calidad.</li> </ul>
	<b>Saliente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumple óptimamente con el requerimiento “Que no cambie de tamaño”.</li> <li>• Sería ligero.</li> <li>• La colocación del filtro en el soporte sería de forma sencilla.</li> <li>• La saliente impediría la opción de usar tornillos y tuercas para unir las dos piezas del soporte. Por tanto, se unirían a presión. Como se explicó en apartados anteriores, la unión a presión puede ser permanente o no. Si la unión de las piezas es por presión permanente, el filtro daría pie a no ser reemplazado con regularidad, cumpliendo con uno de los requerimientos del filtro establecidos.</li> <li>• El soporte sería rígido.</li> <li>• La vida útil del soporte sería larga.</li> <li>• El soporte sería discreto.</li> <li>• El soporte sería fácilmente desmontable de la laptop.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El soporte no impediría el paso de la luz exterior en el contorno del filtro.</li> </ul>
	<b>Ganchos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumple óptimamente con el requerimiento “Que no cambie de tamaño”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El soporte no impediría el paso de la luz exterior en el contorno del filtro.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• El soporte sería ligero.</li> <li>• La colocación del filtro en el soporte sería de forma sencilla.</li> <li>• Por la forma en que el filtro es sujetado por las dos piezas (ya sea a presión o por medio de tornillos y tuercas) el filtro daría pie a no ser reemplazado con regularidad, cumpliendo con uno de los requerimientos del filtro establecidos.</li> <li>• El soporte sería rígido.</li> <li>• La vida útil del soporte sería larga.</li> <li>• El soporte sería discreto.</li> <li>• El soporte sería fácilmente desmontable de la laptop.</li> </ul>	
<b>Cuatro</b>	<b>Ganchos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumple óptimamente con el requerimiento “Que no cambie de tamaño”.</li> <li>• Sería ligero.</li> <li>• La colocación del filtro en el soporte sería de forma sencilla.</li> <li>• Por la forma en que se unen las dos piezas de la montura, el filtro no sería reemplazado con regularidad.</li> <li>• El soporte sería rígido.</li> <li>• La vida útil del soporte sería larga.</li> <li>• El soporte sería fácilmente desmontable de la laptop.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por la forma de las piezas, el soporte no sería lo suficientemente discreto.</li> <li>• El soporte no impediría el paso de la luz exterior en el contorno del filtro.</li> <li>• En palabras de la investigadora, las dos películas semirígidas que conforman el filtro, no pueden ser dobladas porque se fracturarían.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia.

En las tablas anteriores se describen los aspectos generales de las cuatro propuestas de diseño, incluyendo los tipos de materiales posibles a utilizar en la elaboración de la montura, así como los elementos para unir las piezas del soporte y para colocar la montura en la pantalla. A partir de los atributos de las propuestas generadas, se desarrolló una parte de la segunda casa de la calidad denominada “características de las partes”, los cuales fueron ponderados en relación a las características técnicas obtenidas en el apartado 3.4, las cuales fueron: tamaño del soporte, número de elementos de sujeción, costo de material y fabricación, material dominante en el soporte, concepto de diseño, grosor del soporte y tiempo de fabricación.



### 3.4.3 Segunda Matriz de la Calidad (Características técnicas vs Características de las partes)

En la Figura 3.31 se presenta la segunda casa del DFC, donde se ponderaron las características técnicas y las características de las partes. En dicho esquema también se muestran las correlaciones correspondientes y los valores de puntuación absoluta y relativa. Con base en los resultados obtenidos se eligieron el tipo de material de la montura, los elementos de sujeción entre el soporte y la laptop, los elementos de unión entre las piezas propias del soporte y el concepto de diseño.

		Valor meta												
		Tipos de materiales disponibles		Elementos para unir el soporte con la laptop			Elementos para unir piezas propias del soporte			Propuestas de diseño.				
		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
Características técnicas	Tamaño del soporte	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5
	Menor número de elementos de sujeción a utilizar	4	3	5	3	5	5	3	1	5	3	5	3	3
	Bajo costo de material y fabricación	5	3	5	3	5	5	3	3	5	3	3	3	3
	Material dominante del soporte	4	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bajo peso total del soporte	4	3	5	3	3	3	3	1	5	3	1	3	3
	Concepto de diseño	5	3	5	5	3	5	1	1	5	3	1	5	1
	Menor grosor total del soporte	3	5	5	5	1	5	1	1	3	3	5	5	0
	Menor tiempo de fabricación	5	1	3	3	5	5	1	1	5	3	1	5	5
	Prioridad		5	3	5	3	5	5	3	3	5	3	3	3
Valor objetivo		---	---	2pzs	2pzs	2pzs	3pzs	8pzs	---	---	---	---	---	
Características de las partes		Metal	Plástico	Ganchos	Saliente	Imanes	Bisagras	Tornillos y tuercas	A presión	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	
Puntuación absoluta		94	140	94	100	122	52	36	114	103	89	129	94	
Puntuación relativa		8.05 %	12 %	8.05 %	8.57 %	10.45 %	4.46 %	3.08 %	9.77 %	8.83 %	7.63 %	11.05 %	8.05 %	
Dificultad		2	1	2	2	1	3	3	1	3	4	3	2	
Prioridad		2	1	3	2	1	2	3	1	2	4	1	3	

Figura 3.31 Cuerpo de la segunda casa de la calidad.  
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.32 se muestra el tejado de la segunda casa del DFC, donde se encuentran las correlaciones entre las características de las partes.

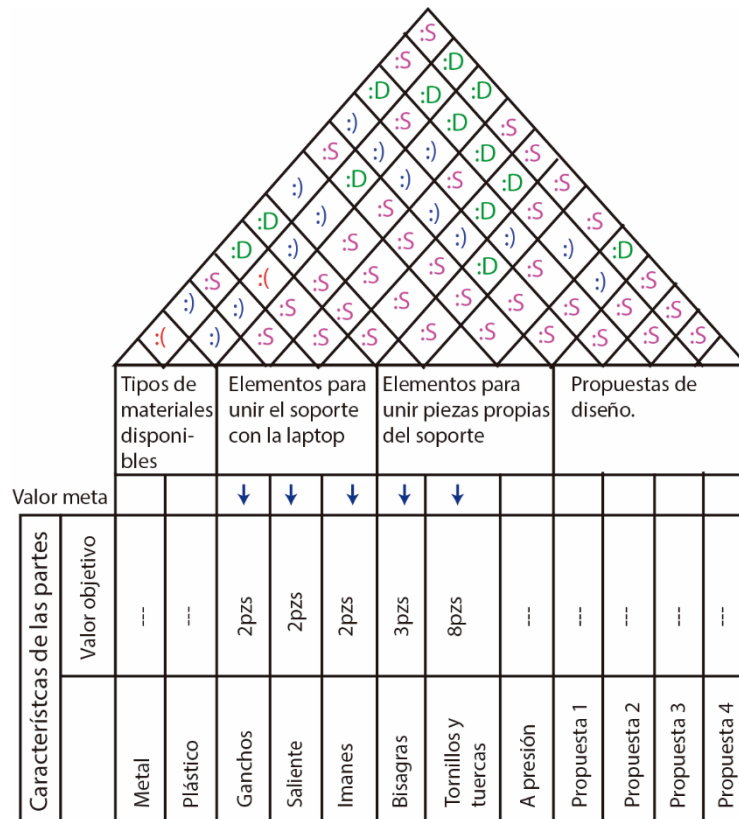


Figura 3.32 Tejado de la segunda casa de la calidad.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.4 Selección de las características de las partes

Los resultados de la segunda casa del DFC, arrojaron que la propuesta tres, tiene un valor relativo mayor en comparación a las otras propuestas. También, gracias a la segunda casa del DFC se definió como alternativa de unión entre las piezas propias de la montura, la unión a presión, evitando así el uso de tornillos. Cabe señalar que en la Tabla 3.7 del apartado 3.4.1.2, se concluyó que dicha propuesta cumple con todos los requerimientos del filtro, por lo tanto, este concepto fue utilizado para elaborar la tercera casa del DFC. De acuerdo a la segunda casa del DFC, la alternativa de sujeción seleccionada entre la montura y la laptop fueron los imanes. Por último, el material elegido para fabricar el prototipo de la montura fue el plástico.

En resumen, las características técnicas que se tomaron en cuenta para desarrollar la tercera casa del DFC fueron:

- Propuesta tres.
- Imanes.
- Unión a presión.
- Plástico.

### 3.5 Tercera fase del DFC

A partir de la segunda casa del DFC se obtuvieron las siguientes características técnicas para el diseño de la montura del filtro óptico: el concepto de diseño por desarrollar corresponde a la propuesta tres, en la cual se planteó unir las piezas de la montura a través de la presión. Por otra parte, se determinó que el sistema de sujeción entre la montura y la pantalla de la laptop sería por medio de imanes. Además, se estableció que el material idóneo para elaborar la montura sería el plástico.

La información proporcionada por la segunda casa del DFC sirvió para ponderar las operaciones clave del proceso. Para esto, se crearon las siguientes cuatro categorías en la tercera casa del DFC: tipos de plásticos, tipos de imanes, sistemas de impresión 3D y tipos de unión a presión.

#### 3.5.1 Tercera Matriz de la Calidad (Características de las partes vs Operaciones claves del proceso)

Con base en la información descrita en el apartado 3.4 y en el Marco teórico, se obtuvieron las operaciones clave del proceso. En la Figura 3.33 se muestra el cuerpo de la tercera casa del DFC, la cual incluye las correlaciones entre las operaciones clave del proceso y las características de las partes. En el mismo esquema se encuentra el resultado de la importancia absoluta, el resultado de la importancia relativa, el grado de dificultad y la prioridad de cada operación clave del proceso.

Además, se elaboró la Tabla 3.8 en donde se describen las ventajas, desventajas y características de cada variante de impresión 3D. A partir de dicha información, se puede entender la ponderación realizada en la tercera casa del DFC.

**Tabla 3.8** Características, ventajas y desventajas de tres variantes de impresión 3D.

<b>Técnica de impresión</b>	<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Impresión 3D por fotopolimerización.	Consiste en eyectar un fotopolímero líquido desde un cabezal de impresión que es rápidamente “curado” por un haz UV, lo que lo hace solidificar y construir la pieza capa por capa.	Excelentes acabados.	Las piezas tienen baja resistencia mecánica y durabilidad. Es necesario el uso de material de relleno que brinde soporte a las piezas.
Impresión 3D por fusión de lechos de polvo.	Utiliza un láser o calor para fundir capas de polvo en la forma deseada. Los materiales que se pueden fundir son metales, cerámicos y plásticos en polvo.	Se pueden combinar materiales que posean el mismo punto de fusión.  Las piezas son capaces de conservar mejor su forma en el exterior (en comparación con la fotopolimerización), con menor probabilidad de deformación.	Las piezas impresas no tienen un buen acabado. No es posible imprimir piezas muy delgadas, pues se deforman por las altas temperaturas.

<p>Impresión 3D por extrusión de material (FDM).</p>	<p>Funciona utilizando un filamento de plástico o metal que se desenrolla de una bobina y suministra el material a una boquilla de extrusión. La boquilla se calienta para fundir el material y puede moverse mediante un mecanismo que es controlado por un software.</p>	<p>Algunos modelos de impresoras FDM son las más baratas del mercado. El enfriamiento de los materiales durante el proceso se realiza de manera rápida. Los materiales usados son abundantes y de fácil acceso en la sociedad actual. El costo de la materia prima es bajo en comparación con otras técnicas. Los materiales plásticos utilizados son reciclables. Se pueden realizar diversos post-tratamientos a las piezas impresas para mejorar su apariencia y corregir imperfecciones.</p>	<p>La textura superficial es laminada. Es necesario el uso de material de relleno que brinde soporte a las piezas. El proceso de fabricación es lento, en comparación con otras técnicas de impresión 3D. Es posible que la impresora sufra atascos de material. Existe cierto grado de inexactitud en las dimensiones, las cuales deben ser consideradas al realizar el modelo tridimensional de las piezas.</p>
--	--	--	---

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se presenta en la Figura 3.33, la información obtenida en la tabla anterior sirvió para ponderar la relación entre cada variante de impresión 3D y las características de las partes. También, ayudó para determinar la relación entre las variantes de impresión 3D, los materiales, los tipos de imanes y de uniones de la montura.

		Tecnica de imresión 3D			Unión montura con laptop			Unión pzs de montura			Materiales						
		Operaciones clave del proceso	Fotopolimerización	Moldeo por extrusión FDM	fusión de lechos de polvo	Imanes moldeados por inyección	Imanes flexibles	Imanes de alnico	Unión no permanente	Unión permanente	Unión a presión por interferencia	Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)	Ácido poliláctico (PLA)	Acrlonitrilo estireno acrilato (ASA)	Tereftalato de polietileno (PET)	policarbonato (PC)	Poliámidas
Características de las partes	Plástico	Prioridad	5	3	5	5	0	0	0	3	3	5	5	5	5	5	5
	Imanes	4	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	A presión	4	1	5	3	0	0	0	5	5	5	1	1	1	1	1	1
	Concepto 3	5	1	5	3	0	0	0	0	3	5	3	3	1	1	1	1
Puntuación absoluta			24	70	52	20	20	20	35	50	70	44	44	34	34	34	34
Puntuación relativa			3%	8%	6%	2%	2%	2%	4%	6%	8%	5%	5%	4%	4%	4%	4%
Dificultad			5	5	1	3	1	3	3	3	2	1	3	3	5	5	3
Prioridad				2			4				1	3					

Figura 3.33 Cuerpo de la tercera casa del DFC.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 3.34, el tejado de la tercera casa del DFC incluye las correlaciones entre cada una de las operaciones clave del proceso. Puede notarse que cada uno de los tipos de imanes tienen una nula relación con los demás atributos. Por otro lado, la característica “unión no permanente” tiene en general una buena relación con la FDM y “fusión de lechos de polvo”, también con los tipos de materiales plásticos. No obstante, el atributo “unión a presión por interferencia” tiene una fuerte correlación positiva con los materiales plásticos.

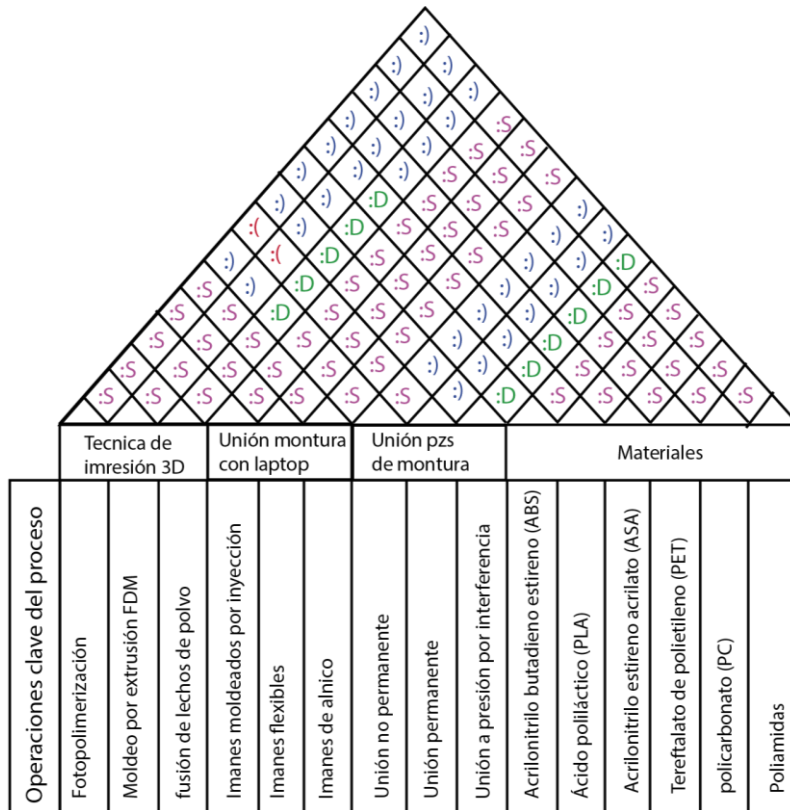


Figura 3.34 Tejado de la tercera casa del DFC.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.2 Selección de operaciones clave del proceso

De acuerdo con la información arrojada por la tercera casa del DFC, se seleccionó un elemento de cada grupo de operaciones clave del proceso. Por lo tanto, los siguientes atributos se retomaron en el desarrollo de la cuarta fase del DFC:

- Impresión 3D.
- Imanes flexibles.
- Unión a presión por interferencia.
- ABS.

### 3.6 Cuarta fase del DFC

De acuerdo a las operaciones clave del proceso seleccionado, se buscaron los parámetros de cada proceso que intervendrían durante la producción del prototipo. En la Tabla 3.9 se muestran las operaciones clave del proceso y sus correspondientes parámetros que fueron considerados.

**Tabla 3.9** Operaciones clave del proceso con sus respectivos parámetros.

Operaciones clave del proceso	Parámetros
Impresión 3D mediante FDM	<ul style="list-style-type: none"><li>• Grosor de capa.</li><li>• Tipo de relleno.</li><li>• Resolución de capas.</li></ul>
Imanes flexibles	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fuerza de sujeción.</li><li>• Ancho.</li><li>• Largo.</li><li>• Grosor.</li><li>• Peso por área.</li></ul>
ABS	<ul style="list-style-type: none"><li>• Resistencial al corte.</li><li>• Porcentaje de contracción.</li><li>• Temperatura de distorsión.</li><li>• Temperatura de ablandamiento.</li></ul>
Unión a presión por interferencia	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tolerancia.</li><li>• Ajuste.</li></ul>

**Fuente:** Elaboración propia.

Para la impresión FDM fueron considerados parámetros que pudieron configurarse en la impresora que fue ocupada para fabricar el prototipo de la montura. Por otro lado, el peso cargado por los imanes flexibles está relacionado con la fuerza de sujeción. Además, el ancho, grosor, largo y peso por área son características relacionadas con las dimensiones del iman.

De acuerdo a la investigación realizada por la tesista, en el mercado existen imanes flexibles que tienen una capacidad de sujeción de 14 a 20 g/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, entre más pesada sea la montura se deberá utilizar una mayor superficie recubierta con imanes para sujetarla. Se estimó que se necesitaría una superficie de 10 cm<sup>2</sup> recubierta con imanes para soportar un peso de 150g, lo cual corresponde al peso máximo que puede cargar la pantalla de la laptop y por ende, el peso máximo que podría tener la montura para el filtro óptico. También, se incluyeron algunas características mecánicas del ABS; así como la tolerancia y ajuste, parámetros correspondientes a la unión a presión por interferencia.

#### 3.6.1 Cuarta Matriz de la Calidad (Operaciones clave del proceso vs Parámetros claves del proceso)

En la Figura 3.35 se observa el cuerpo de la cuarta casa del DFC, se muestran las relaciones que existen entre los parámetros clave del proceso y las operaciones clave del proceso. También se presenta la puntuación relativa y absoluta de cada parámetro clave del proceso.

Operaciones clave del proceso		Prioridad	Parámetros clave del proceso														
			Imanes					Impresora		Unión		ABS					
			Valor objetivo	↓	↑	↓	↓			=	↑	↓	=	=	=	=	=
Unión a presión por interferencia	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	3	3	3	3	3	
Imanes flexibles	4	3	3	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FDM	4	0	0	0	0	0	5	5	3	1	1	0	3	3	3	0	
ABS	5	0	0	0	0	0	0	3	0	1	1	3	5	5	3	1	
Puntuación absoluta			12	12	20	4	4	20	20	12	34	34	30	52	52	42	20
Puntuación relativa			3.26 %	3.26 %	5.43 %	1.07 %	1.07 %	5.43 %	5.43 %	3.26 %	9.24 %	9.24 %	8.15 %	14.13 %	14.13 %	11.41 %	5.43 %
Prioridad			6	6	5	7	7	5	5	6	3	3	4	1	1	2	5

Figura 3.35 Cuerpo de la cuarta casa de calidad.  
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.36 se muestra el tejado de la cuarta del DFC, puede observarse que los atributos tienen en su mayoría nula correlación entre ellos. Sin embargo, la resolución y el grosor tienen una buena correlación entre ellos. Además, los parámetros de ajuste y tolerancia tienen una buena correlación con el porcentaje de contracción, la temperatura de distorsión por calor y la temperatura de distorsión por el frío.



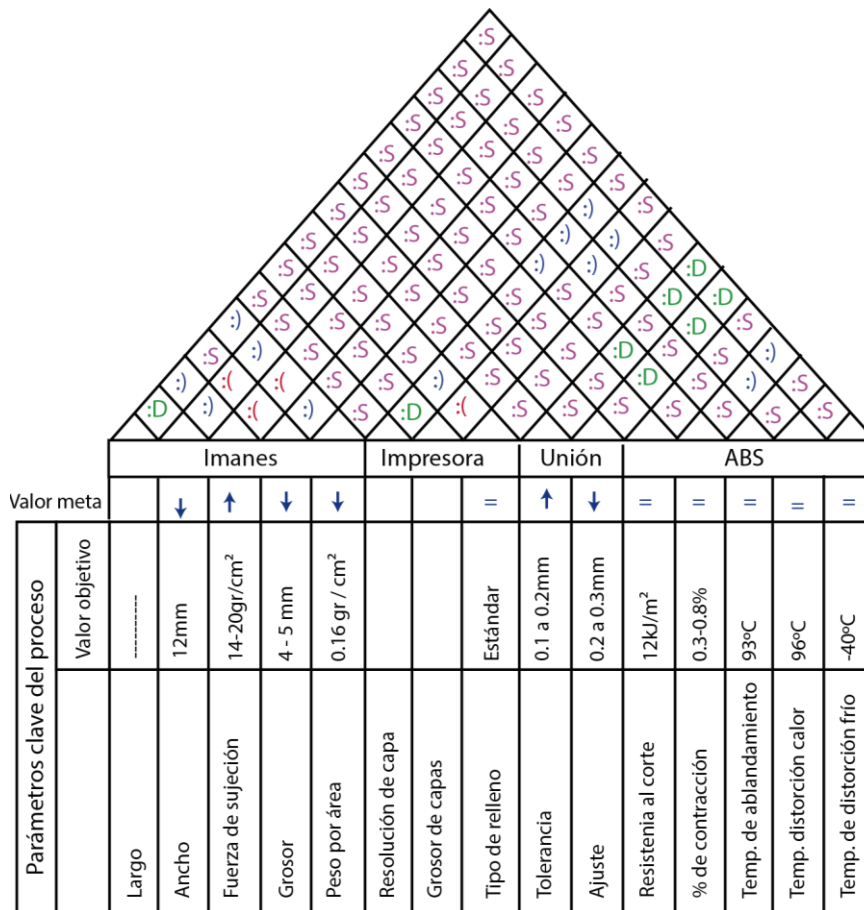


Figura 3.36 Tejado de la cuarta casa de la calidad.  
Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 3.10, luego de realizar la cuarta casa del DFC, se ordenaron los parámetros clave del proceso de mayor a menor puntuación relativa.

**Tabla 3.10** Ordenamiento de los parámetros clave del proceso.

Parámetro	Puntuación relativa
Porcentaje de contracción	14.13%
Temperatura de ablandamiento	
Temperatura de distorsión por el calor	11.41%
Tolerancia	9.24%
Ajuste	
Resistencia al corte	8.15%
Fuerza de sujeción	5.43%
Grosor de capa	
Resolución de capa	
Temperatura de distorsión por el frío	
Largo	3.26%
Ancho	
Tipo de relleno	
Grosor	1.07%
Peso por área del imán	

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.2 Selección de los parámetros clave del proceso

La información obtenida en la cuarta casa del DFC sirvió para configurar los parámetros clave del proceso para la elaboración del prototipo. La resolución de las capas y el grosor de las mismas fueron consideradas para la configuración de la impresión 3D. Por otra parte, se utilizaron imanes que tienen un rango de 14-20 g/cm<sup>2</sup> de fuerza de sujeción y un grosor menor a 5mm. Además, se consideraron parámetros de ajuste y tolerancia para la unión permanente que lograron un ensamble ideal, acorde al tipo de material y forma de la unión. Para la selección del ABS, se dio prioridad al porcentaje de contracción y a la temperatura de ablandamiento.

### 3.7 Propuestas de modelos de la montura

Siguiendo los requerimientos arrojados por las cuatro casas del DFC, se generaron 5 propuestas de modelos de la montura. Todas las propuestas están basadas en la propuesta tres, descrita en el apartado 3.4.1.1. Cada propuesta presenta una forma distinta de unión, no obstante, están basadas en el tipo de unión elegida en la tercera casa del DFC, es decir, son uniones a presión por interferencia. Además, el sistema de unión entre las monturas y la laptop es por medio de imanes. Por lo tanto, es preciso recordar que con base en lo descrito en el apartado 3.4, el imán se colocará alrededor de la pantalla, mientras que el recubrimiento metálico será puesto en la cara posterior de cada una de las cinco propuestas. El grosor de las piezas de cada propuesta está basado en los límites propuestos en la primera casa del DFC.

#### 3.7.1 Modelo Uno

Esta propuesta consiste en un ensamble formado por dos piezas a presión. Para ello, una pieza tendrá una cavidad alrededor de todo el perímetro, mientras que la otra pieza tendrá una saliente. En las Figuras 3.37 y 3.38 se presentan dichas características.

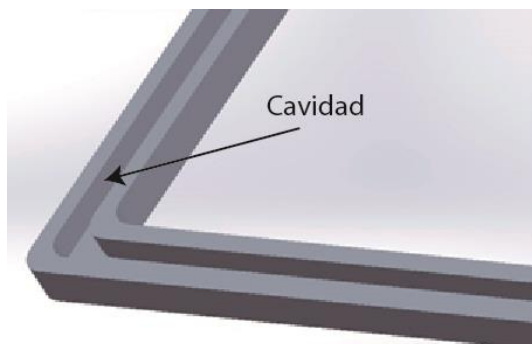


Figura 3.37 Modelo uno. Cavidad de la pieza.  
Fuente: Elaboración propia.

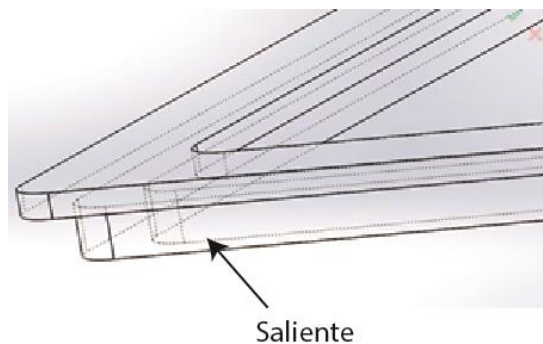


Figura 3.38 Modelo uno. Saliente de la pieza.  
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.39 se muestra la forma del marco, el cual es rectangular con vértices redondeados. Para sujetar el filtro óptico se utilizaría el área interior de las ranuras y la unión de la laptop con el marco se realizaría a través de imanes. Como se presenta en la Figura 3.40, un área del marco se recubriría con metal, mientras que el imán con calibre de 1 mm y espesor de 10 mm se colocaría en la computadora por utilizando un adhesivo.



Figura 3.39 Modelo uno. Forma del marco.  
Fuente: Elaboración propia.

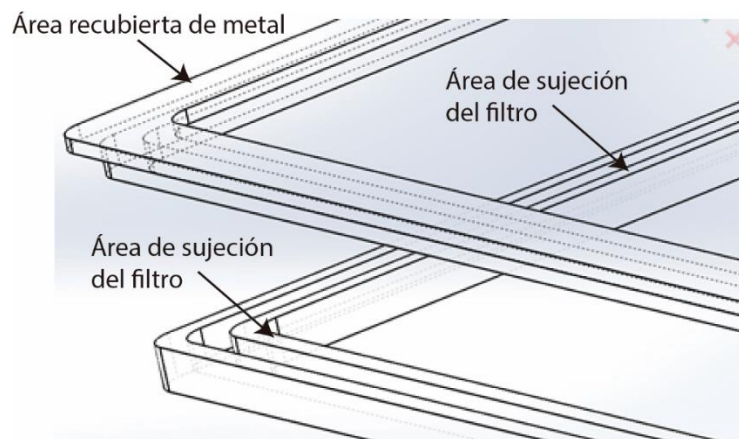


Figura 3.40 Modelo uno. Área de sujeción del filtro.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.7.2 Modelo Dos

Como se observa en las Figuras 3.41 y 3.42, para esta propuesta la unión entre las piezas se realizaría por medio de ensambles a presión por interferencia agujero-eje, o también llamado masa-eje.

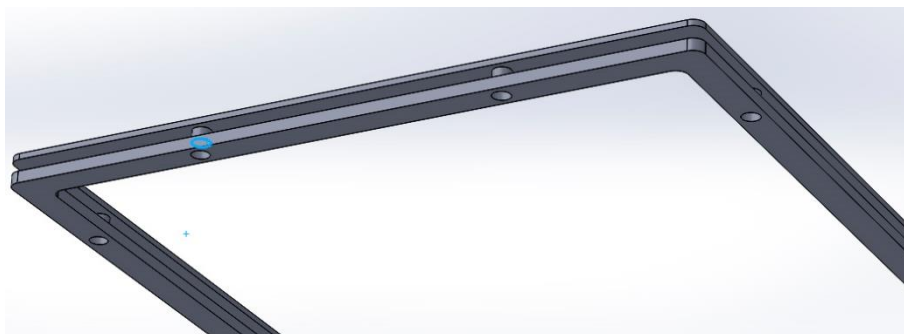


Figura 3.41 Modelo dos. Ensamble a presión por interferencia agujero-eje.  
Fuente: Elaboración propia.

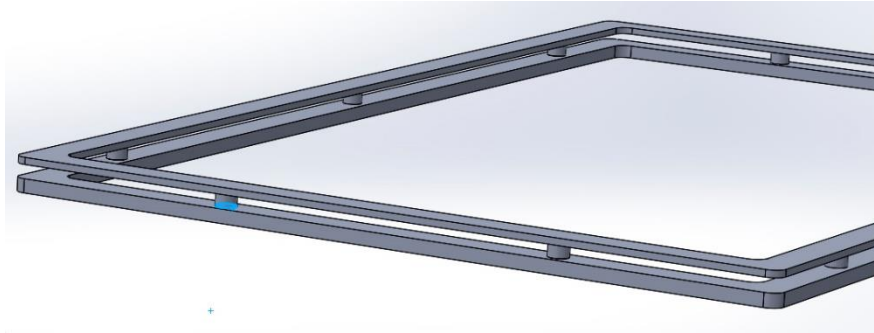


Figura 3.42 Modelo dos. Ensamble a presión por interferencia agujero-eje.  
Fuente: Elaboración propia.

Como se presenta en las Figuras 3.43 y 3.44, esta propuesta posee una saliente con la que se cubriría todo el ancho de la pantalla.



Figura 3.43 Modelo dos. Saliente del soporte.  
Fuente: Elaboración propia.

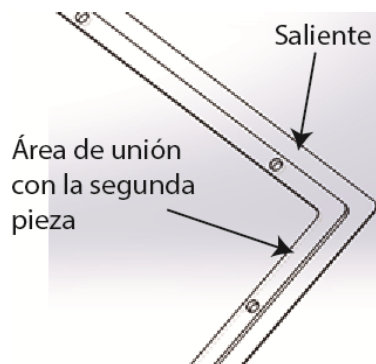


Figura 3.44 Modelo dos. Saliente del soporte.  
Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 3.45, una cara de la pieza sin saliente se recubrirá de metal para unir el soporte con la computadora. Además, el filtro óptico se fijaría por la presión de las dos piezas, de manera similar a la propuesta del Modelo Uno.

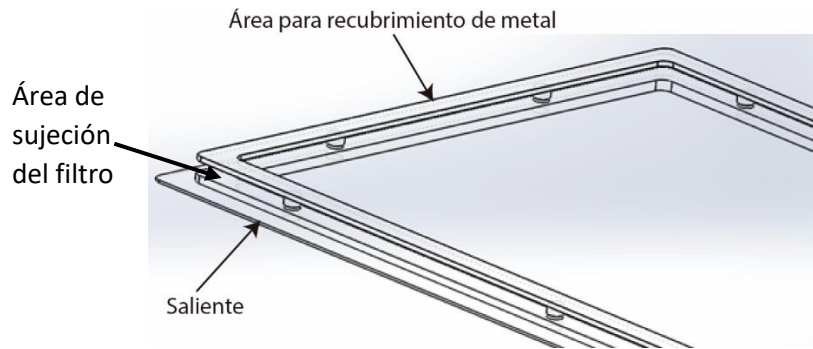


Figura 3.45 Modelo dos. Área a recubrir de metal.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.7.3 Modelo Tres

En este modelo, la unión a presión entre piezas estaría a cargo de las mismas. Es decir, en esta propuesta la forma de la pieza generaría la presión al unirse con su contraparte, como se presenta en las Figuras 3.46 y 3.47.

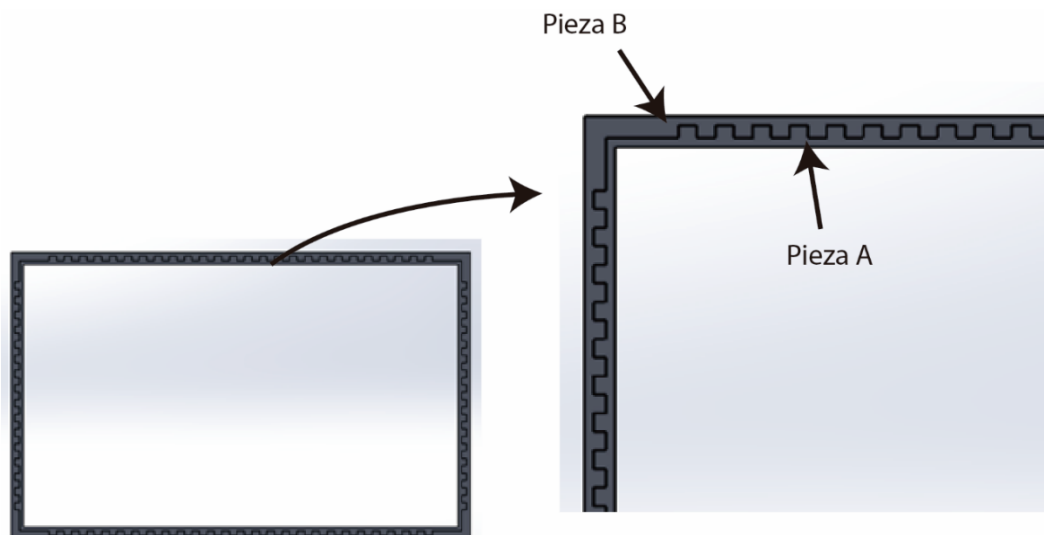


Figura 3.46 Modelo tres. Unión de piezas.  
Fuente: Elaboración propia.

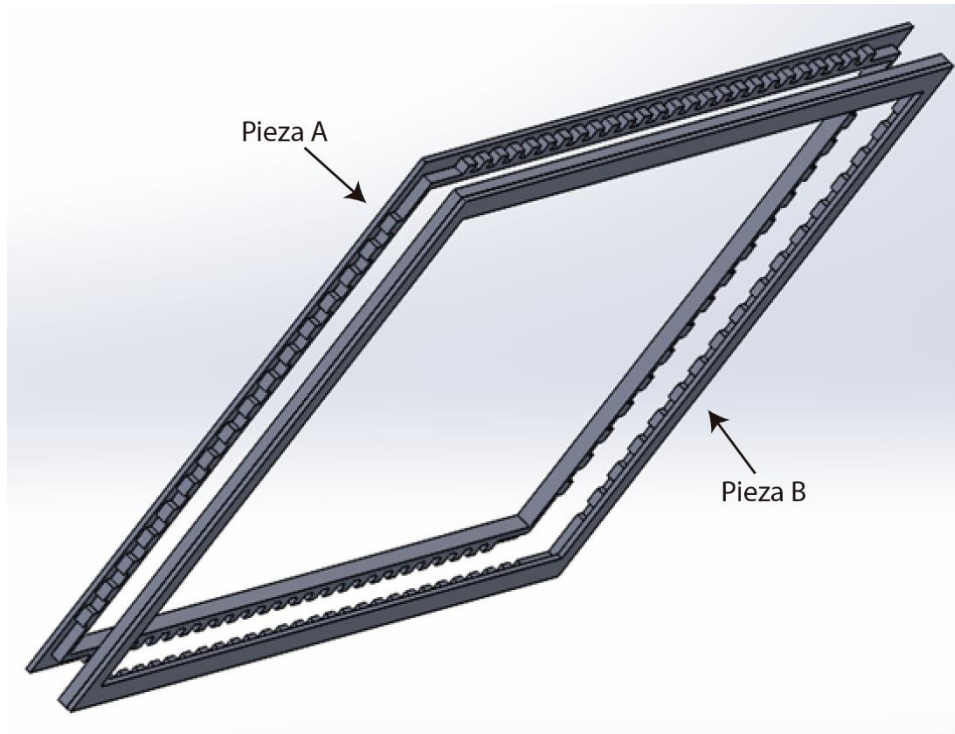


Figura 3.47 Modelo tres. Unión de piezas.  
Fuente: Elaboración propia.

En las Figuras 3.48 y 3.49 se observan las piezas “A” y “B”; la pieza A tiene los dientes externos y la pieza B tiene los dientes en dirección interna. Ambas piezas tienen un ancho idéntico y al unirse, sus dientes quedan ocultos dejando un relieve liso exterior. El filtro óptico estaría sujeto por la presión de ambas piezas, evitando que se maltraten las láminas que lo conforman.

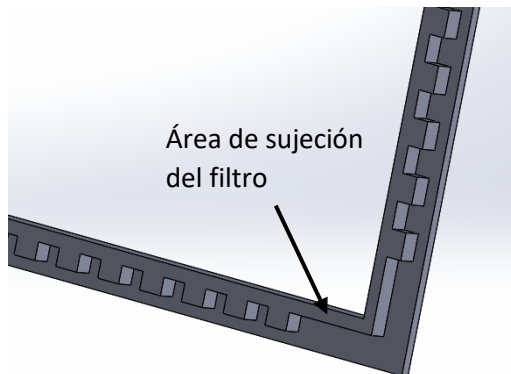


Figura 3.48 Modelo tres. Pieza A.  
Fuente: Elaboración propia.

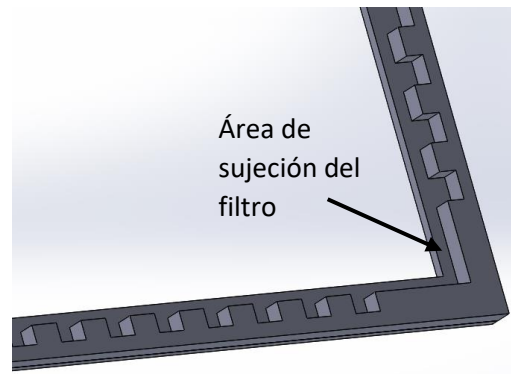


Figura 3.49 Modelo tres. Pieza B.  
Fuente: Elaboración propia.

La superficie lisa de la pieza A se recubriría con metal para lograr la unión con los imanes, los cuales estarían fijados a la computadora, permitiendo así la unión soporte-laptop.

### 3.7.4 Modelo Cuatro

Como se observa en la Figura 3.50, en esta propuesta se propuso una unión tipo full perimeter snap in. Como se presenta en las Figuras 3.51 y 3.52, ambas piezas de la montura sujetarían al filtro óptico.

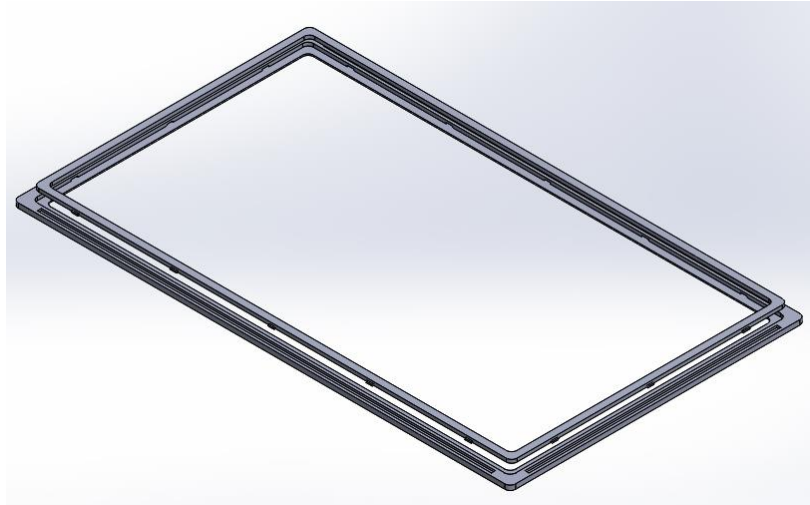


Figura 3.50 Modelo cuatro.  
Fuente: Elaboración propia.

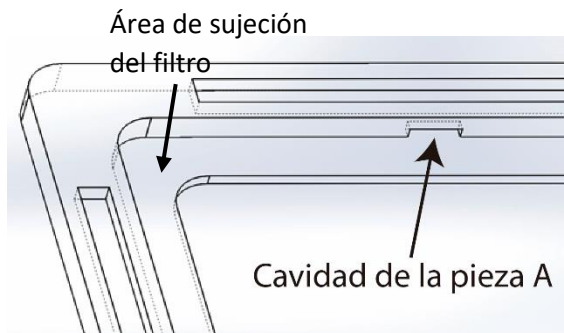


Figura 3.51 Modelo cuatro. Cavity pieza A.  
Fuente: Elaboración propia.

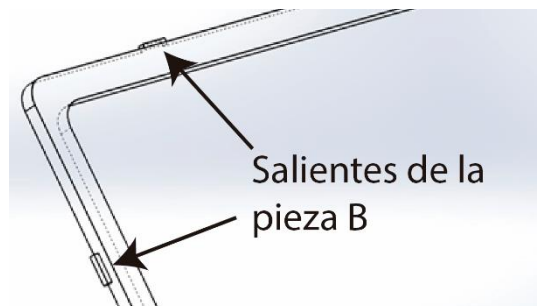


Figura 3.52 Modelo cuatro. Saliente pieza B.  
Fuente: Elaboración propia.

Como se presenta en las Figuras 3.53 y 3.54, la forma general de la montura es de un rectángulo con vértices redondeados. La cara exterior de la pieza A es lisa, mientras que en su interior existirían cavidades para unirla con la pieza B. Además, una parte de las cavidades se recubrirían con metal para permitir la entrada de los imanes exteriores.

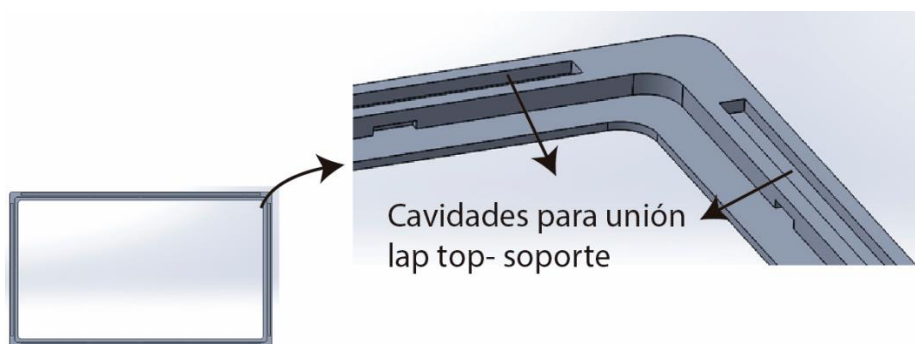


Figura 3.53 Modelo cuatro. Cavity de unión laptop-soporte.  
Fuente: Elaboración propia.

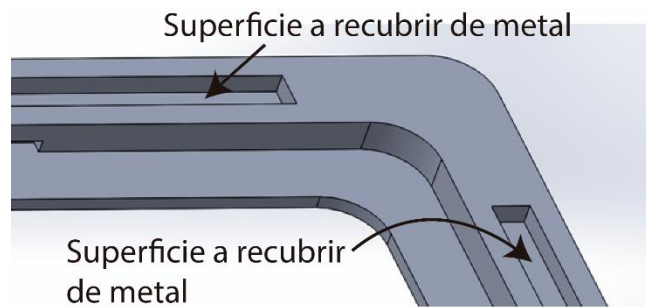


Figura 3.54 Modelo cuatro. Cavity de unión laptop-soporte.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.7.5 Modelo Cinco

Como se muestra en la Figura 3.55, las dimensiones de este modelo fueron determinadas considerando que el tamaño de la pantalla de la computadora del cliente es de 34.5 x 19.5 cm, por lo tanto, el tamaño interior de la montura debió ser el mismo. Sin embargo, se tuvieron que fragmentar las dos piezas principales, debido a que la mesa de la impresora uPrint SE Plus localizada en el Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura de la Universidad Tecnológica de la Mixteca permite imprimir piezas con un tamaño máximo de 20 x 20 x 15 cm.

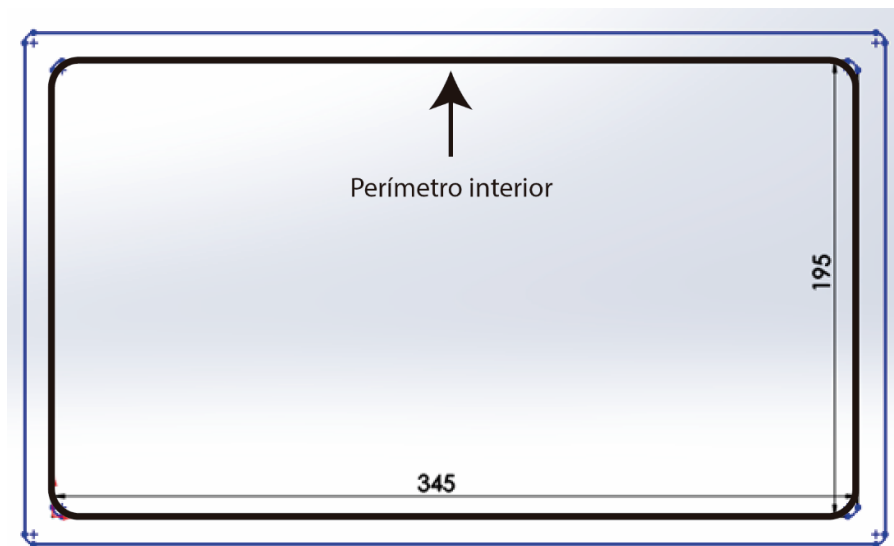


Figura 3.55 Modelo cinco. Perímetro interior.  
Fuente: Elaboración propia.

La estructura del Modelo Cinco parte de la forma tipo sandwich, la cual incluye dos piezas principales (A y B), al igual que en los cuatro modelos anteriores. Sin embargo, como se observa en la Figura 3.56, la pieza A estaría conformada por 4 elementos.



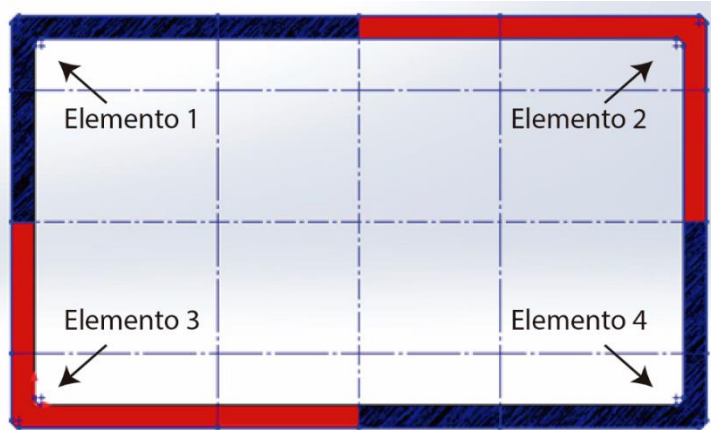


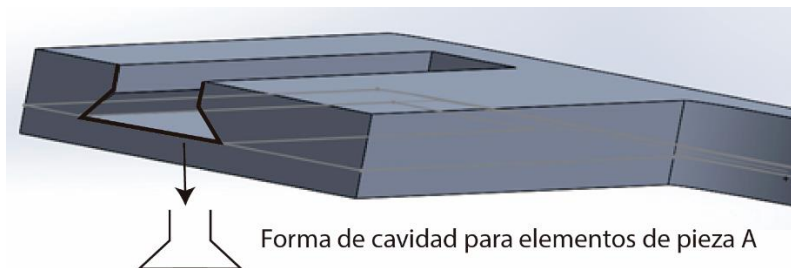
Figura 3.56 Modelo cinco. División en 4 elementos de la pieza A.  
Fuente: Elaboración propia.

Se propuso que el ensamble de los elementos de la pieza A se efectuaría a través de una unión snap-fit, en conjunto con los elementos de la pieza B. Como se presenta en las Figuras 3.57 y 3.58, los elementos de la pieza A tendrán una cavidad de entrada para los elementos de la pieza B.



Cavidades de elemento perteneciente a la pieza A

Figura 3.57 Modelo cinco. Cavidad de elementos de la pieza A.  
Fuente: Elaboración propia.



Forma de cavidad para elementos de pieza A

Figura 3.58 Modelo cinco. Forma de cavidad de elementos pertenecientes a la pieza A.  
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, como se presenta en la Figura 3.59, la pieza B se constituirá por seis elementos, los cuales se unirán con las partes de la pieza A por medio de salientes.

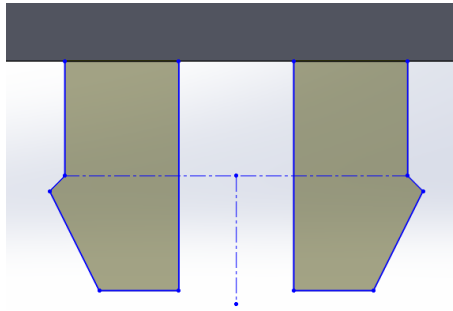
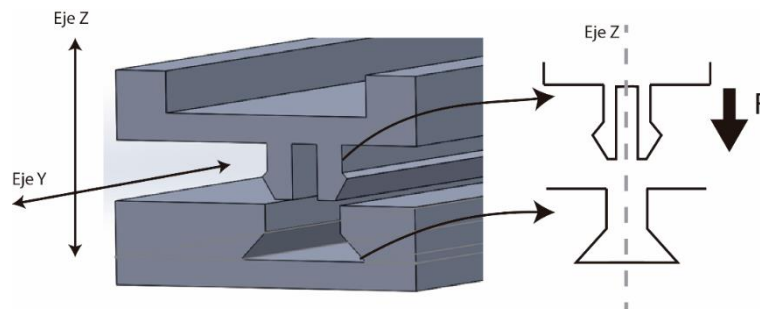


Figura 3.59 Modelo cinco. Forma de saliente de elementos pertenecientes a la pieza B.  
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.60 se muestra la unión snap-fit de los elementos de la pieza A con los de la pieza B, para realizar el ensamble se tiene que aplicar una fuerza vertical en dirección del eje Z hacia abajo y en dirección inversa para separar las piezas. Se estipuló una tolerancia de 1 mm para efectuar la unión a presión. La unión snap-fit tiene como principales ventajas la restricción del movimiento en dirección del eje Y de las piezas que conforman el modelo y la presión ejercida en dirección del eje Z entre los elementos A y B que sirve para sujetar al filtro.



### Unión tipo snap-fit

Figura 3.60 Modelo cinco. Unión tipo snap-fit.  
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.61 se presentan el área de sujeción para el filtro óptico y la cavidad que poseerían los elementos de la pieza B para colocar un recubrimiento metálico.

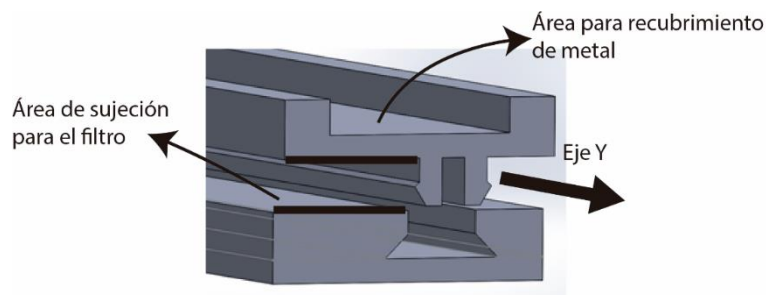


Figura 3.61 Modelo cinco. Se muestra el área destinada a sujetar el filtro y el área que sería recubierto de metal.  
Fuente: Elaboración propia.

En las Figuras 3.62 a 3.64 se muestran los seis elementos que conforman la pieza B.

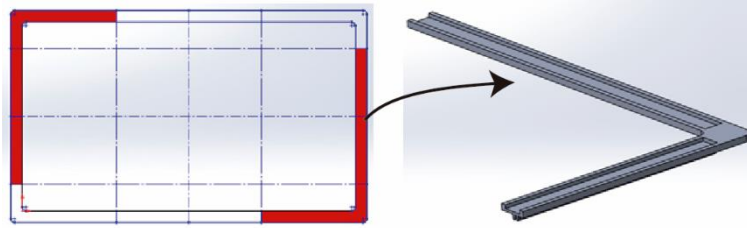


Figura 3.62 Modelo cinco. Elemento de pieza B.  
Fuente: Elaboración propia.

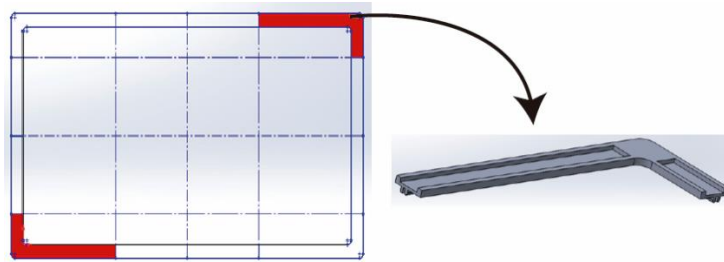


Figura 3.63 Modelo cinco. Elemento de pieza B.  
Fuente: Elaboración propia.

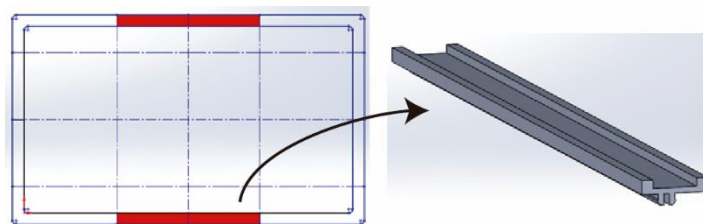


Figura 3.64 Modelo cinco. Elemento de pieza B.  
Fuente: Elaboración propia.

Las piezas A y B fueron fragmentadas de tal forma que al unirse se brindarán soporte entre ellas y conformarán la montura que sujetará al filtro óptico. En las Figuras 3.65 a 3.68 se presentan algunos modelos que fueron impresos previamente a la generación del prototipo de la montura, los cuales sirvieron para comprobar la factibilidad para su fabricación.

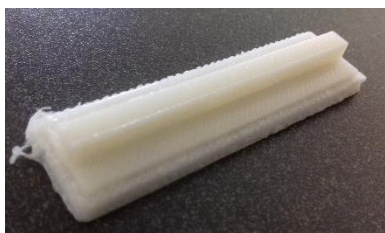


Figura 3.65 Imagen de la muestra impresa en ABS, la cual representa al elemento B del modelo 5.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.66 Imagen de la muestra impresa en ABS, la cual representa al elemento A del modelo 5.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.67 Imagen previa a la unión de la pieza A y B.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.68 Imagen previa a la unión total de la pieza A y B.  
Fuente: Elaboración propia.

La totalidad de los modelos propuestos para el diseño de la montura tienen como propiedad común que en caso que se requiera sustituir el filtro óptico por sufrir alguna avería o por alguna mejora hecha en su estructura, podrá realizarse sin requerir reemplazar la montura. Por otro lado, hasta el momento no se ha estimado la duración de la vida útil del filtro óptico, debido a que es una tecnología de reciente creación (INAOE, 2017).

### 3.8 Selección del modelo de montura

En la Tabla 3.11 se muestran los datos correspondientes al volumen total de cada modelo de montura, su peso total, costo de fabricación cotizado en distintas empresas mexicanas y tiempo de fabricación.

**Tabla 3.11** Datos de volumen total, peso total, costo y tiempo de fabricación de los cinco modelos propuestos para el soporte desarrollado en esta tesis.

Nombre	Volúmen	Peso	Costo	Tiempo de fabricación
<b>Modelo 1</b>	92960 mm <sup>3</sup>	89 g	ION Industries: \$900.00 Concepto 3D: \$855.00 Ideaz del Noroeste: \$972.00	ION Industries: 2-3 días hábiles. Concepto 3D: 7.13 hrs + tiempo de envío. Ideaz del Noroeste: 2-3 días hábiles.
<b>Modelo 2</b>	82117 mm <sup>3</sup>	79 g	ION Industries: \$980.00 Concepto 3D: \$942.00 Ideaz del Noroeste: \$1085.32	ION Industries: 2-3 días hábiles + tiempo de envío. Concepto 3D: 7.85hrs + tiempo de envío. Ideaz del Noroeste: 2-3 días hábiles + tiempo de envío.

<b>Modelo 3</b>	92960 mm <sup>3</sup>	89 g	ION Industries: \$1100.00 Concepto 3D: \$912.00 Ideaz del Noroeste: \$1026.66	ION Industries: 2-3 días hábiles + tiempo de envío. Concepto 3D: 7.6 hrs + tiempo de envío. Ideaz del Noroeste: 2-3 días hábiles + tiempo de envío.
<b>Modelo 4</b>	42655 mm <sup>3</sup>	41 g	ION Industries: \$630.00 Concepto 3D: \$549.00 Ideaz del Noroeste: \$573.33	ION Industries: 2-3 días hábiles + tiempo de envío. Concepto 3D: 4.58hrs + tiempo de envío. Ideaz del Noroeste: 2-3 días hábiles + tiempo de envío.
<b>Modelo 5</b>	58533 mm <sup>3</sup>	56 g	ION Industries: \$712.00 Concepto 3D: \$624.00 Ideaz del Noroeste: \$696.98	ION Industries: 2-3 días hábiles + tiempo de envío. Concepto 3D: 4.58hrs + tiempo de envío. Ideaz del Noroeste: 2-3 días hábiles+ tiempo de envío.

**Fuente:** Elaboración propia.

De acuerdo al apartado 3.3, en la primera fase del DFC, los requerimientos que fueron determinados para el diseño de la montura del filtro óptico fueron:

1. No debe cambiar de tamaño.
2. Debe ser de peso ligero.
3. Que la colocación del filtro en el soporte sea de forma sencilla.
4. Debe permitir el cambio del filtro para ocasiones excepcionales, las cuales ya fueron ejemplificadas en apartados anteriores.
5. Debe ser rígido.
6. Vida útil larga.
7. Debe ser discreto.
8. Debe ser desmontable de la laptop.
9. Debe impedir el paso de la luz exterior en el contorno del filtro.

Es importante mencionar que los cinco modelos propuestos de la montura cumplen con la totalidad de los requerimientos. Los modelos cumplen con el primer requerimiento, ya que no se deformarán porque se planteó usar ABS para su producción. Debido a la naturaleza del material propuesto, también se cumplen con los requerimientos 2, 5 y 6; debido a que el peso del ABS es bajo, además, es un plástico rígido que tiene una vida larga útil y es reciclable. Por otra parte, la unión a presión propuesta difícilmente permitirá que se separen las piezas, al menos que se aplique un esfuerzo en la dirección adecuada, por lo tanto, se cubre con el requerimiento 4. También, la unión a presión permite que el cliente ensamble de forma fácil e intuitiva las piezas de la montura, cubriendo así con el requerimiento 3. Asimismo, la ligereza del material utilizado y la geometría de los modelos permiten cumplir con los requerimientos 7 y 8. Finalmente, con el uso de imanes para la unión de la montura con la pantalla se cubre con el requerimiento 9.

Como se muestra en la Tabla 3.12, se realizó una evaluación de los modelos propuestos de la montura, tomando como parámetros de referencia a los requerimientos del filtro óptico.

**Tabla 3.12** Se muestra la evaluación de los cinco modelos propuestos con sus respectivas ventajas y desventajas.

<b>Modelo</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Modelo 1</b>	Cubre con todos los requerimientos del filtro. El costo de fabricación está dentro del límite propuesto.	La montura tiene un peso de 89 g, al agregar el peso del recubrimiento metálico se sobrepasaría el límite establecido en la primera casa del DFC. No tiene una cavidad que oculte al imán al unirse con la montura.
<b>Modelo 2</b>	Cubre con todos los requerimientos del filtro. El costo de fabricación está dentro del límite propuesto.	No tiene una cavidad que oculte al imán al unirse con la montura.
<b>Modelo 3</b>	Cubre con todos los requerimientos del filtro. El costo de fabricación está dentro del límite propuesto.	La montura tiene un peso de 89 g, al agregar el peso del recubrimiento metálico se sobrepasaría el límite establecido en la primera casa del DFC. No tiene una cavidad que oculte al imán al unirse con la montura.
<b>Modelo 4</b>	Cubre con todos los requerimientos del filtro. El costo de fabricación está dentro del límite propuesto.	
<b>Modelo 5</b>	Cubre con todos los requerimientos del filtro. El costo de fabricación está dentro del límite propuesto. Se podría imprimir en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, lo cual reduciría el tiempo de obtención del modelo, en comparación con las otras propuestas.	El número total de piezas es mayor en comparación a los otros modelos.

**Fuente:** Elaboración propia.

Con base en la información presentada en las Tablas 3.11 y 3.12, se seleccionó fabricar el prototipo del Modelo Cinco, ya que cumple con todos los requerimientos del usuario. Además, posee el segundo peso más ligero y es el modelo tendría el menor tiempo de fabricación, en comparación a las otras propuestas.

### 3.9 Descripción del proceso de fabricación del prototipo

Como se observa en la Figura 3.69, inicialmente se utilizó el software Solidworks para elaborar las piezas que conforman el modelo virtual 3D de la montura.

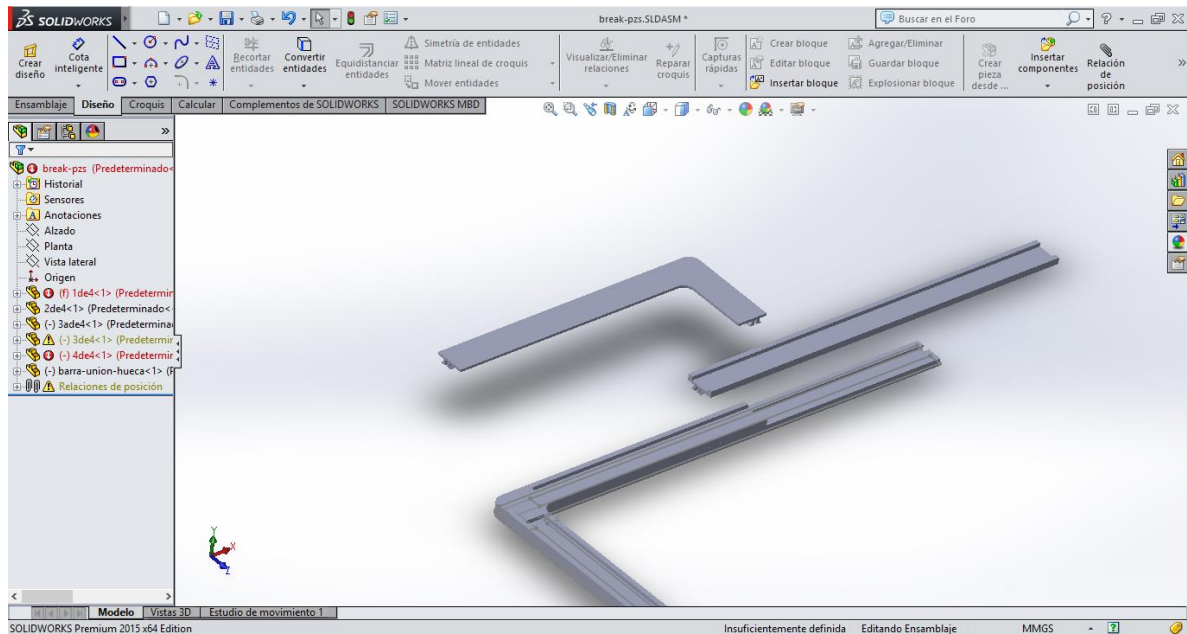


Figura 3.69 Elaboración de piezas en Solidworks.  
Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, como se presenta en la Figura 3.70, se exportaron al formato .STL los archivos de las piezas que conforman a la montura para que pudieran ser editados en el software CatalysEx, las cuales aparecieron colocadas en posición vertical primeramente. Sin embargo, como se muestra en la Figura 3.71, se reorientaron las posiciones de las piezas mediante algunos comandos antes de ser impresas.

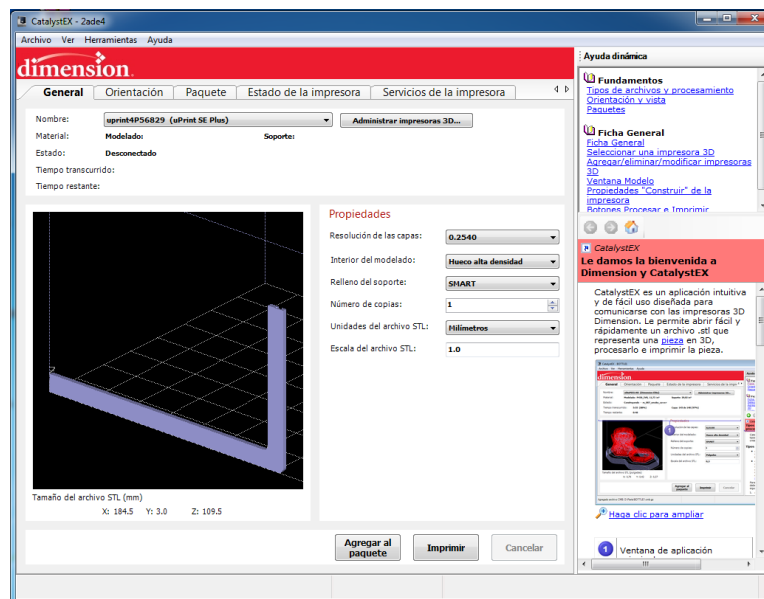


Figura 3.70 Colocación digital de la pieza.  
Fuente: Elaboración propia.

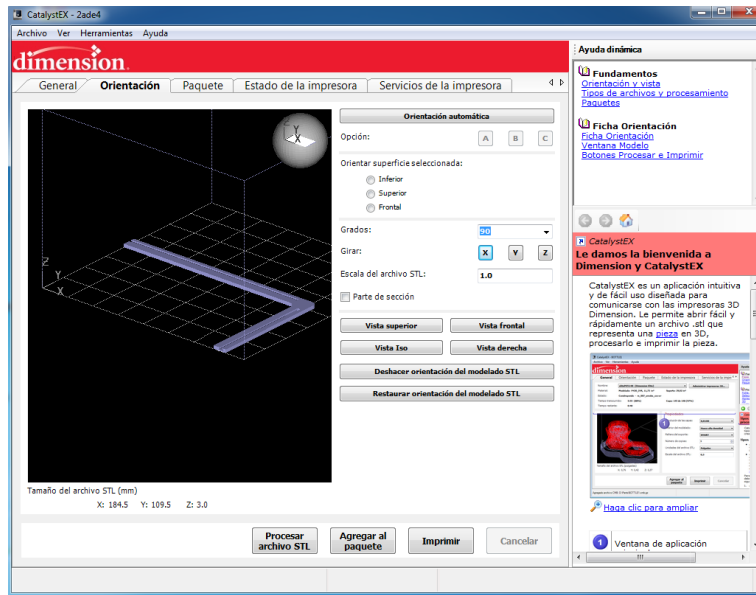


Figura 3.71 Colocación digital de la pieza.  
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se crearon archivos con formato .CMB, extensión con la cual trabaja la impresora 3D Uprint SE Plus 3D. Como se observa en la Figura 3.72, cada una de las piezas se fueron colocando en la interfaz gráfica del área de impresión.

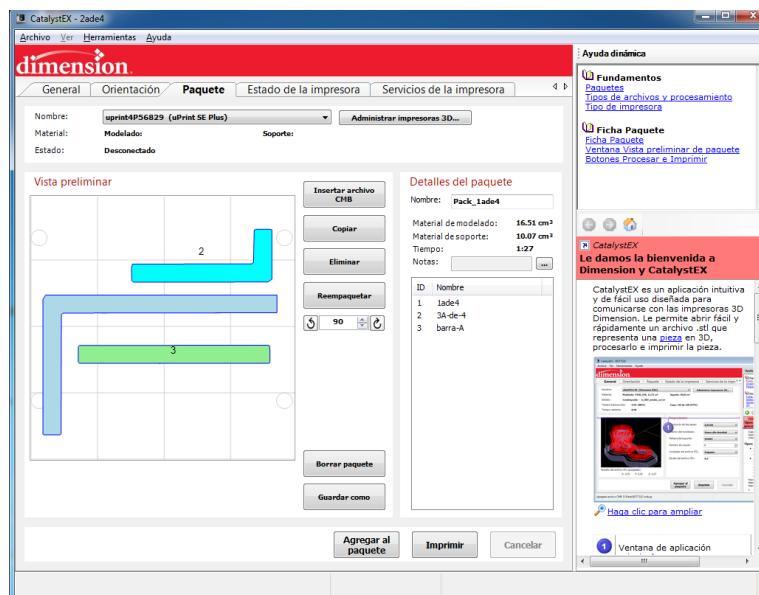


Figura 3.72 Colocación digital de las piezas en el área de impresión.  
Fuente: Elaboración propia.



Después, como se presenta en las Figuras 3.73 y 3.74 se comenzó con el proceso de impresión 3D.



*Figura 3.73 Impresora Uprint SE Plus 3D.  
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 3.74 Impresora Uprint SE Plus en funcionamiento. Fuente: Elaboración propia.*

En la Figura 3.75 se observan algunas de las piezas impresas del prototipo, las cuales fue necesario colocarlas en un baño de sosa durante 4 horas para quitar el material sobrante, como se muestra en las Figuras 3.76 a 3.78.



*Figura 3.75 Piezas impresas previas al baño caliente de sosa.  
Fuente: Elaboración propia.*



Figura 3.76 Piezas impresas previas al baño caliente de sosa.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.77 Baño caliente de sosa.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.78 Piezas limpias.  
Fuente: Elaboración propia.

Después de la impresión y limpieza de las piezas, se procedió a pintarlas con un spray marca IPESA color negro mate, para luego dejarlas secarlas al sol, como se observa en las Figuras 3.79 a 3.82. La pintura en aerosol utilizada es de fácil aplicación y secado rápido, además, ofrece un acabado homogéneo y su costo es accesible.



Figura 3.79 Aerosol marca IPESA.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.80 Proceso de pintado de las piezas.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.81 Secado de las piezas.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.82 Piezas pintadas y secas.  
Fuente: Elaboración propia.

Se ordenaron las piezas como se muestra en las Figuras 3.83 a 3.85, posteriormente se ensamblaron las piezas que conforman la montura y el filtro óptico.

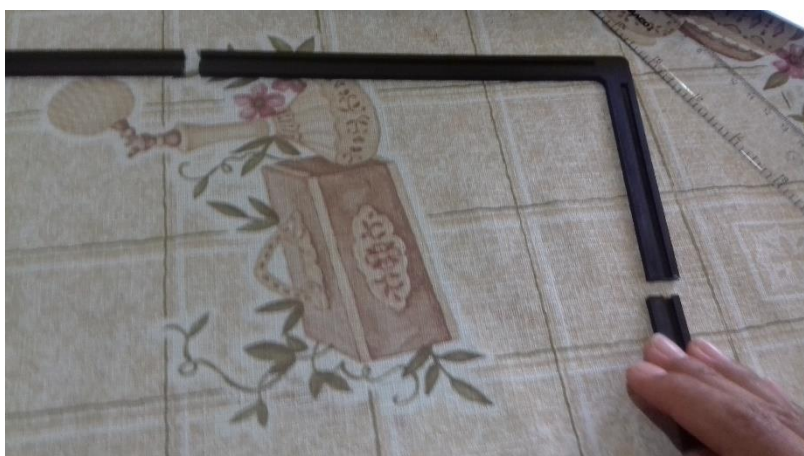


Figura 3.83 Ordenamiento de las piezas.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.84 Colocación del filtro.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.85 Colocación de las piezas restantes sobre el filtro.  
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se colocó una tira de lámina lisa calibre 22 en los espacios de la montura destinados para este fin, tal como se muestran en las Figuras 3.86 a 3.87. Cabe mencionar que el resistol se utilizó únicamente para pegar la lámina en las áreas específicas de cada pieza.



Figura 3.86 Pegamento usado marca Resistol 5000. Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.87 Recubrimiento del pegamento en las superficies de contacto.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.88 Colocación de la lámina en el área designada de la pieza.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.89 Imagen del soporte con el recubrimiento de metal en las áreas designadas.  
Fuente: Elaboración propia.

Además, como se observa en la Figura 3.90, se colocaron imanes de 1.2 mm de grosor en el contorno de la pantalla de la laptop del cliente, acorde a lo descrito en la propuesta del Modelo Cinco.



Figura 3.90 Imagen de los imanes en laptop y el filtro dentro del marco.  
Fuente: Elaboración propia.

Por último, como se muestra en la Figura 3.91, se instaló la montura con el filtro óptico en la pantalla de la laptop.

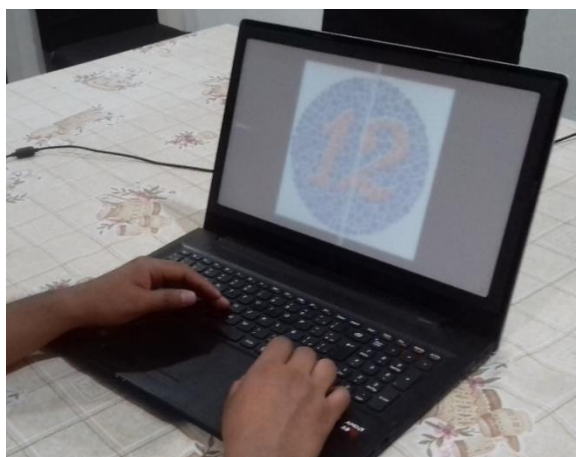


Figura 3.91 Imagen del soporte colocado en una laptop.  
Fuente: Elaboración propia.



## Capítulo 4 Resultados

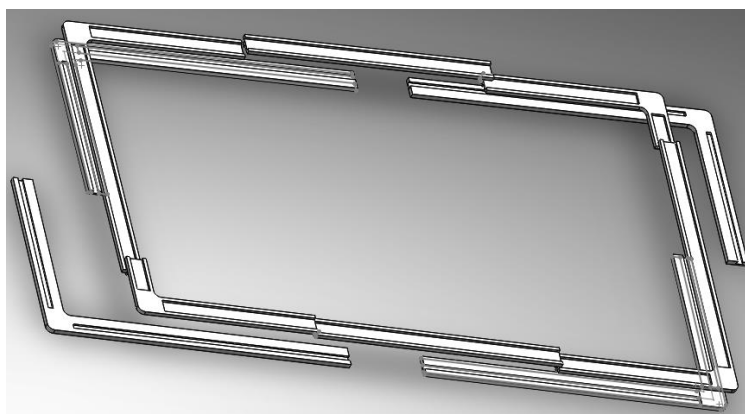
En este capítulo se realiza una descripción del prototipo de la montura que fue diseñada para el filtro óptico. Además, se presentan los resultados obtenidos al aplicar el test de Ishihara al cliente, utilizando el prototipo de la montura con el filtro óptico. Finalmente, se incluyen las conclusiones obtenidas de esta investigación.

### 4.1 Planos constructivos

Para describir de forma precisa las dimensiones y características geométricas de la montura, se elaboraron los planos necesarios de cada una de las piezas, los cuales se presentan en el Anexo IV. Además, se incluye una vista en explosivo, lo cual ayuda a visualizar todos los elementos que constituyen a la montura. También, se adjunta un plano de conjunto o ensamblaje, en el cual se muestra cómo realizar el ensamblaje de la montura.

### 4.2 Modelos tridimensionales en software

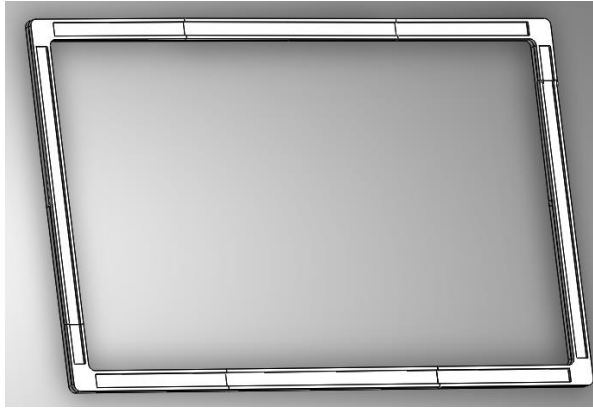
En las Figuras 4.1 a 4.3 se observa el modelo tridimensional de la montura.



*Figura 4.1 Render del soporte en 3D con vista en explosivo.  
Fuente: Elaboración propia.*



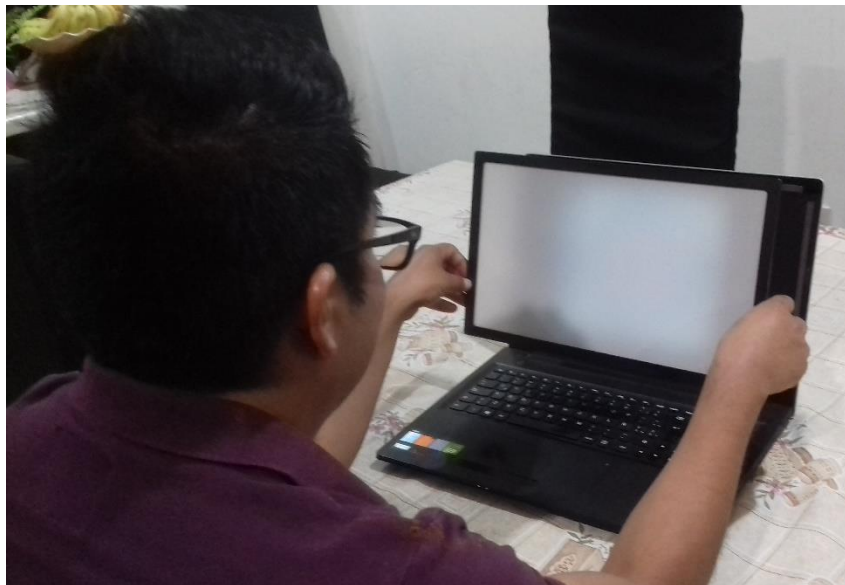
*Figura 4.2 Imagen frontal del soporte en modelo tridimensional.  
Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 4.3 Imagen posterior del soporte en modelo tridimensional.  
Fuente: Elaboración propia.*

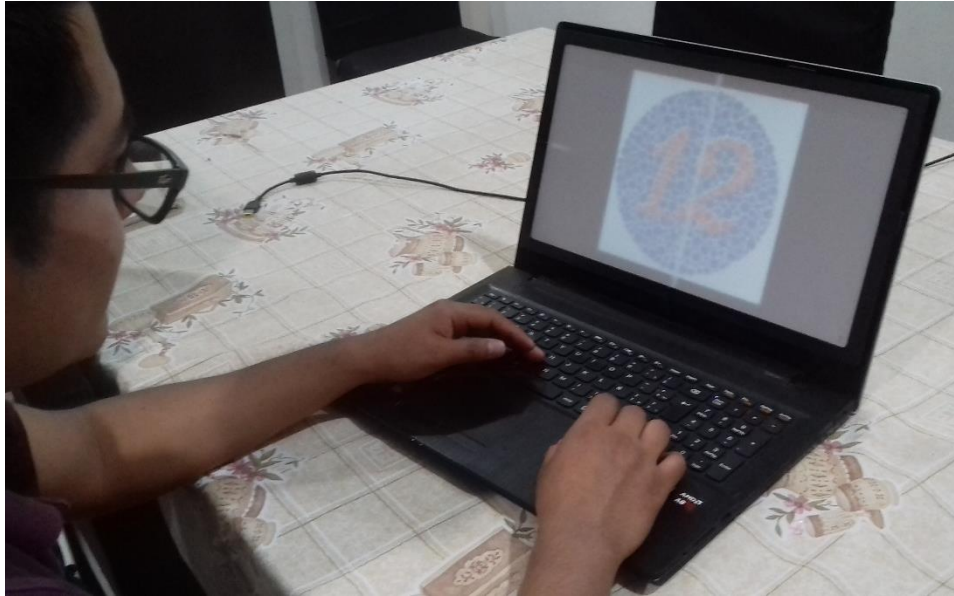
### 4.3 Imágenes del prototipo

En las Figuras 4.4 y 4.5 se muestra al cliente colocando y utilizando la montura con el filtro óptico. Puede observarse que la montura es visualmente discreta, siendo poco perceptible cuando se instala en la pantalla de la laptop.



*Figura 4.4 Cliente colocando el soporte en la laptop.  
Fuente: Elaboración propia.*





*Figura 4.5 Cliente usando la montura en la laptop.  
Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.4 Aplicación del test de Ishihara

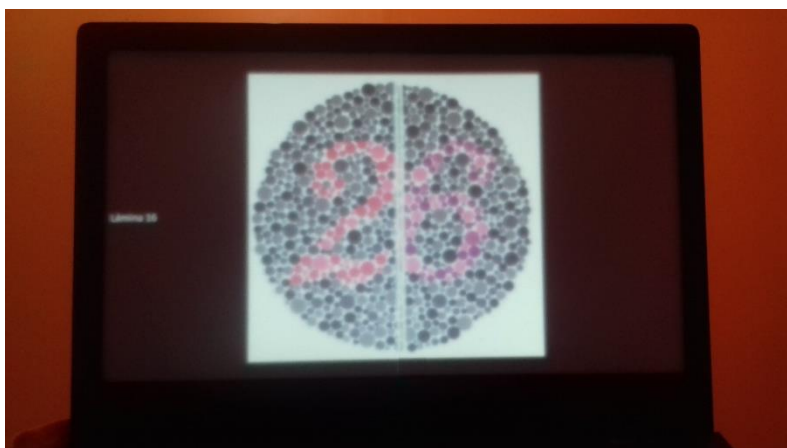
Se aplicó el test de Ishihara para contrastar los aciertos que obtendría el cliente al visualizar algunas imágenes en la pantalla de su computadora, con y sin el uso de la montura con el filtro óptico. Las pruebas se efectuaron bajo la supervisión del oftalmólogo Marco A. Rayón. Como resultado, se obtuvo una notable mejora en la apreciación de las imágenes utilizando la montura con el filtro óptico, lo cual implicó que el cliente lograra el 63% de los aciertos del test de Ishihara. Por su parte, el cliente solo pudo conseguir el 8% de los aciertos de la prueba sin utilizar la montura con el filtro óptico. Al término del test de Ishihara, el médico destacó que la montura se adaptó a las necesidades del cliente y resultó fácil de manejar. Además, mencionó que el color de la montura permite delimitar el área de observación del cliente, evitando reflejos que podrían perjudicar la estructura orgánica de los ojos, lo cual podría ocasionar algunos daños a futuro como la aparición temprana de cataratas, queratopatías superficiales o degeneración macular asociada a la edad. La entrevista completa hecha al oftalmólogo Marco A. Rayón se localiza en el Anexo I.

Por otro lado, la unión laptop-montura por medio de imanes aminoró la entrada de la luz exterior, cubriendo uno de los requisitos mostrados en el apartado 3.3. También, se pudo apreciar que el ensamble entre las piezas de la montura permitió ejercer una fuerza uniforme en el perímetro del filtro, lo cual eliminó la distorsión del color que se describió en el apartado 1.4. Esta característica resulta importante, ya que en la opinión del doctor Ángel S. Cruz, especialista en Física-Óptica de la Universidad Tecnológica de la Mixteca; servirá en futuras investigaciones para la elaboración de diversos objetos ópticos derivados del filtro.

Además, se efectuó una entrevista con el cliente posterior a la aplicación del test de Ishihara para conocer el grado de satisfacción que le provocó utilizar la montura con el filtro óptico. El cliente destacó lo sencillo que le fue colocar la montura en la pantalla de su computadora, también enfatizó su ligereza y discreción visual. Dicha entrevista se encuentra en el Anexo II.

Asimismo, se dejó que el cliente usará durante una semana la montura con el filtro óptico y después se le realizó una última entrevista, la cual se localiza en el Anexo III. El cliente mencionó que el único problema que tuvo fue que debió destinar un área para guardar el dispositivo,

mismo que solucionó pocos días después. Además, corroboró que la montura es lo suficientemente resistente para proteger el filtro y no deformarse. No obstante, él considera que el dispositivo debe ser tratado con delicadeza y evitó en todo momento situaciones que pudiesen dañarlo, como golpearlo o rayarlo con algún objeto punzo cortante. Por lo tanto, el cliente consideró que es factible utilizar el dispositivo con otras personas que tengan el mismo padecimiento.



*Figura 4.6 Imagen de la pantalla con la montura y el filtro.  
Fuente: Elaboración propia.*

Aparte del test de Ishihara, se hizo un estudio para medir la cantidad de luxes y candelas emitida por la pantalla de la computadora del cliente, para lo cual se utilizó el luxómetro mostrado en la Figura 4.7. Las pruebas se efectuaron en el cuarto oscuro del Laboratorio de multimedios de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, donde se midió la emisión de luz en la pantalla de la laptop, con y sin la montura con el filtro óptico. En las Tablas 4.1 y 4.2 se observan los resultados de las pruebas, donde se configuró un brillo del 0% y del 100% en la pantalla.



*Figura 4.7 Imagen del luxómetro usado en esta tesis.  
Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 4.1** Medición de luxes y candelas en la pantalla sin la montura.

<b>Brillo</b>	<b>Luxes</b>	<b>Fc</b>
0%	6	0.5
100%	36	2.9

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 4.2** Medición de luxes y candelas en la pantalla con la montura.

<b>Brillo</b>	<b>Luxes</b>	<b>Fc</b>
0%	$0 < y < 1$	0.1
100%	$0 < y < 1$	0.1

**Fuente:** Elaboración propia.

En esta última prueba se concluyó que con la montura, independientemente de la cantidad de brillo en la pantalla, la medición de luxes fue inferior a 1, mientras que la cantidad de candelas fue de 0.1. Esta situación fue distinta cuando se realizaron las mediciones en la pantalla sin la montura, ya que se obtuvieron valores más altos. La información obtenida por este estudio servirá para la realización de modificación en el filtro considerando el uso de una montura.



## Conclusiones

El objetivo general de esta tesis fue diseñar una montura para un filtro óptico utilizable en pantallas LCD, dicho filtro es un trabajo de investigación que se presentó previamente en el VIII Congreso Nacional de Tecnología Aplicada a Ciencias de la Salud. Mediante el desarrollo de esta tesis se generó una montura, que forma en conjunto con el filtro un dispositivo que mejoró la percepción de los colores en una persona con tricromatismo anómalo. Para lograr el objetivo mencionado, se utilizó el método Kano y DFC, logrando así el diseño y desarrollo de la montura.

Con la finalidad de obtener los requerimientos del usuario, se aplicó un cuestionario a la investigadora y al cliente, cuyas preguntas se formularon con base en los principios del método Kano. Con los resultados del cuestionario se obtuvieron los requerimientos del filtro óptico y posteriormente se procedió a la realización de la primera casa del DFC.

Como se mencionó en el marco teórico, el DFC se caracteriza por realizar diagramas en forma de casas y para obtener los parámetros que se usarán en la elaboración de un producto o servicio. En esta tesis se desarrollaron cuatro casas. En la primera de ellas se utilizaron los requerimientos del filtro óptico obtenidos del método Kano y se obtuvieron los requerimientos de diseño. De la segunda casa se obtuvieron las características de las partes. Además, tomando como base los factores de tiempo, accesibilidad, calidad, tamaño y forma, costos y sobre todo considerando las necesidades del filtro óptico, se generaron algunas propuestas para el diseño de la montura, las cuales fueron evaluadas en la segunda casa del DFC. En la tercera casa se definieron las operaciones clave más relevantes del proceso de fabricación. Por último, de la cuarta casa se obtuvieron los parámetros clave del proceso de producción.

A partir de las cuatro casas del DFC se determinaron las características principales y parámetros más importantes que fueron necesarios para construir el prototipo, cumpliendo satisfactoriamente con los requerimientos del filtro óptico. Además, se produjo un único prototipo de la montura en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, ocupando el proceso de impresión 3D. No obstante, en el futuro podría ocuparse un proceso de manufactura distinto que permita una producción en masa de la montura generada en esta investigación.

También, se evaluó el funcionamiento del filtro óptico con la montura para verificar la mejora que hubo en la visualización de las imágenes observadas en la computadora del cliente. Por lo tanto, se aplicó el test de Ishihara al cliente con la supervisión de un oftalmólogo. El cliente logró el 63% de los aciertos en el test de Ishihara usando la montura con el filtro óptico, lo cual representó una mejora significativa; ya que solo pudo conseguir el 8% de los aciertos en la prueba sin utilizar la montura con el filtro óptico. Al término de la prueba, el médico recalcó que la montura se adecuó a las necesidades del cliente y resultó fácil de manejar. Asimismo, indicó que su color restringe el área de observación del cliente, impidiendo reflejos que podrían afectar la estructura orgánica de los ojos y ocasionar algunos daños subsecuentes.

Por otra parte, la implementación de la montura con el filtro óptico permitió disminuir la entrada de la luz exterior y eliminar la distorsión del color durante su uso; lo cual podrá servir en investigaciones posteriores para diseñar y fabricar numerosos dispositivos ópticos que utilicen la tecnología del filtro. El cliente mostró gran satisfacción al ocupar la montura con el filtro óptico; destacó su fácil manejo, ligereza, discreción visual y resistencia.



## Bibliografía

- 3M Innovation. (2004). *Discover a world of visual comfort*. U.S.A.: 3M Innovation.
- Akao, Y. (2004). *Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design*. Productivity Press.
- Arana, J. M. (2015). *Proceso de la impresión 3D como aporte al Diseño Gráfico*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
- BASF Corporation. (2007). *Snap-Fit*. New Jersey. BASF: The chemical company.
- Berchon, M., & Luyt, B. (2016). *La impresión 3D*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Brandes, E., & Brook, G. (1992). *Smithells Metals Reference Book*. Great Britain: The Bath Press, Bath .
- Cuatrecasas, L. (2010). *Gestión Integral de la Calidad*. España: PROFIT.
- Ebewele, R. O. (2000). *Polymer science and technology*. Benin City, Nigeria: CRC Press.
- Espasa Calpe. (2005). *Diccionario de la lengua española*. España: © 2005 Espasa Calpe.
- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). (2015). *Unidad Didáctica Ciencia con luz propia. Aplicaciones tecnológicas de la luz*. España: 2 Imprenta Mundo.
- Garvía, A. A. (2014). *Diseño e impresión 3D. Aplicaciones a la docencia*. Universidad de Alicante.
- Harper, C. A. (1999). *Modern Plastics Handbook*. McGraw-Hill Professional.
- IMPI. (2017, Abril 15). *IMPI*. Retrieved from Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual: <http://www.gob.mx/impi>
- INAOE. (2017, 09 17). *INAOE.edu*. Retrieved from INAOE.edu: <https://www.inaoep.mx>
- Intel CORE i5. (2018, Julio 5). *Lenovo*. Retrieved from Lenovo: [www.lenovo.com/se/sv/laptops/c/LAPTOPS](http://www.lenovo.com/se/sv/laptops/c/LAPTOPS)
- Jacuzzi, E., & Martín, F. (2002). *Aplicación del método Kano en el diseño de un producto farmacéutico*. Argentina: Universidad de CEMA.
- Kano, s., Seraku, N., Takahashi, F., & Tsuji, S. (1984). *Attractive Quality and Must-be Quality*. Japon: Hinshitsu: the Journal of the Japanese Society for Quality Control.
- Kucher, A. (1989). *Tecnología de metales*. Moscú: Editorial Mir Moscú.
- Liang , T., Chen-Chen , T., & Chuan-Jen , S. (2013). A Study on the Braille Elevator Signage System in Public Buildings: The QFD perspective. *ASEAN Conference on Environment-Behaviour Studies* (pp. 152-164). Elsevier Ltd.
- Make Magazine. (2012). *Ultimate guide to 3D printing* . Canada: O'Reilly Media.
- Montana, J. (1989). *Cómo diseñar un producto*. Madrid: IMPI.
- Moldovan, L. (2013). QFD employment for a new product desing in a mineral water company. *The 7 International Conference Interdisciplinary in Engineering (INTER-ENG 2013)* (pp. 462-469). Elsevier Ltd.

- Norman, J. (2013, Junio 1). *Can Magnets Really Mess Up Your Computer?* Retrieved from Can Magnets Really Mess Up Your Computer?: <https://sewelldirect.com/learning-center/magnets-and-computers>
- Osswald, T. A., & Menges, G. (2010). *Material Science of Polymers for Engineers*. Munich: Carl Hanser Verlag.
- Oxford University Press. (2018, Enero 15). *Español Oxford Living Dictionaries*. Retrieved from Español Oxford Living Dictionaries: <https://es.oxforddictionaries.com/>
- Ponce, R. V. (2004). *Impresoras 3D: Marco teórico, modelos de desarrollo y campos de aplicación*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Quiroz, E. (2017, marzo 25). Oftalmólogo. (A. C. Martínez, Interviewer)
- Rayón, M. A. (2017, abril 8). Cirujano Oftalmólogo . (A. C. Martínez, Interviewer)
- Real Academia Española. (2018, Enero 15). *Real Academia Española*. Retrieved from Real Academia Española: <http://dle.rae.es>
- Riveiro, L. (2015). *Impresión 3D. El mundo de la producción a disposición del consumidor*. UDELAR.
- SUNAT. (2002). *N° INTA-CR.38.2002/SUNAT/A*. Lima: SUNAT.
- Tanenbaum, A. S. (2009). *Sistemas operativos modernos*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Tipos.co. (2018, Marzo 5). *Tipos.co*. Retrieved from Tipos.co: <http://www.tipos.co/tipos-de-imaness/>
- Uriel, E. L. (2017). *Estudio de ensambles mecánicos por interferencia*. Ciudad de México: UNAM.
- Zadry, H. R., Rahmayanti, D., & Susant, L. (2015). Identification of design requirements for ergonomic long spinal. *6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE 2015* (p. board using quality function deployment (QFD)). Indonesia: Elsevier B.V.



## Anexos

### Anexo I Entrevista a oftalmólogo

Nombre: Marco A. Rayón.

Especialidad: Cirujano oftalmólogo.

Cédula profesional: 10631033

1. ¿Considera que el dispositivo es útil a personas con tricromatismo anómalo?  
Por supuesto. Por lo que he observado es una herramienta con mucho potencial.
2. ¿Considera que la montura permite el uso eficiente del filtro?  
Según los resultados del test de Ishihara y los principios que permiten la visión según el área de la Oftalmología, el filtro funciona muy bien.
3. ¿Considera que el manejo de este dispositivo es sencillo o difícil para el cliente?  
Cuando el paciente colocó la herramienta frente a la pantalla, sus movimientos fueron rápidos y precisos. Por tanto, opino que el manejo y adaptabilidad del dispositivo fue sencillo para Gustavo.
4. ¿Cuáles son las características que considera más importantes del dispositivo?  
En principio, que permite la visión de más colores en el paciente. En segundo lugar, que es desmontable y que no pesa. Otra característica muy importante es el color negro de la montura.
5. ¿Por qué menciona que el color es importante?  
Porque permite delimitar el área de observación del paciente. Además, evita reflejos que podrían perjudicar la estructura orgánica de distintas partes del ojo, ya sean las que se encuentran en capas exteriores o en las interiores. Ya que considerando la cantidad de tiempo que en la actualidad una persona pasa frente a su computadora, los reflejos provocarían daños a futuro como la aparición temprana de cataratas, queratopatías superficiales o incluso la aparición de degeneración macular asociada a la edad.
6. ¿Recomendaría el uso de este dispositivo a otras personas?  
Claro. Sería interesante que una empresa se interesara en fabricarlo en masa. O quizás que otras personas tuvieran acceso gratuito a esta tecnología.

## Anexo II Entrevista al cliente después del uso inmediato de la montura.

Nombre: Gustavo Eduardo Rodríguez Feria

Edad: 26

Sexo: H

Ocupación: Cheff y músico.

Al cliente se le realizó el test de Ishihara con la montura en conjunto con el filtro. Para esto, se le ubicó en un espacio interior con luz moderada. En primer lugar, se le dio el dispositivo sin darle indicaciones de cómo usarlo. Cuando el cliente colocó el dispositivo de manera correcta, se procedió a realizar el test. Al finalizar se le hicieron las siguientes preguntas:

1. ¿Fue difícil colocar el dispositivo frente a la pantalla de su laptop?  
No. De hecho, aunque no me dieron indicaciones de cómo hacerlo, lo hice muy rápido. Creo que por la forma es muy obvio cómo se debe de colocar. Además, los imanes que están alrededor de la pantalla y la parte metálica de la montura ayudaron a guiarme más.
2. ¿Podría explicar a lo que se refieres cuando mencionó que “por la forma es obvio cómo se debe de colocar” el dispositivo?  
Bueno, es que es rectangular y no importaba si lo giraba 180 grados, iba a poder colocarlo en la pantalla. Además, la parte metálica resalta y tiene una cavidad que me indicó de manera intuitiva que ahí iban a poder entrar los imanes. Y como supuse desde el principio, la parte lisa era la parte visible de la montura.
3. ¿Cuáles son las características que más le gustaron de este dispositivo?  
La primera es que me permite ver mejor los colores. En segunda es que es ligero y fácil de usar. Me gusta el color porque no resalta, parece que el dispositivo es parte de la pantalla.
4. ¿Considera que el manejo de este dispositivo es sencillo o difícil para usted?  
Muy sencillo.
5. ¿En qué situaciones no utilizaría este dispositivo?  
No se me ocurre una situación. Yo diría que siempre lo usaría.
6. ¿Con qué frecuencia utilizaría el filtro?  
Cada vez que utilice mi laptop. Diría que diario.
7. ¿Se encuentra satisfecho con el dispositivo?
  - a) Nada
  - b) Poco
  - c) Moderado
  - d) Mucho
  - e) ~~Demasiado~~

### Anexo III Entrevista al cliente después de un uso prolongado de la montura.

Nombre: Gustavo Eduardo Rodríguez Feria

Edad: 26

Sexo: H

Ocupación: Cheff y músico.

Antes de realizar la siguiente entrevista, al cliente utilizó el dispositivo durante una semana.

1. ¿Se encuentra satisfecho con el dispositivo?
  - a) Nada
  - b) Poco
  - c) Moderado
  - d) ~~Mucho~~
  - e) Demasiado
2. Mencione los problemas a los que se enfrentó durante el uso del dispositivo.  
Que los primeros dos o tres días, no sabía en dónde guardar el dispositivo, pero luego decidí destinarle un espacio en el librero y a veces lo guardaba en mi mochila. Poco a poco me fui acostumbrando a usarlo y guardarlo.
3. ¿Cuál considera fue el impacto que tuvo el dispositivo durante esta semana en sus actividades cotidianas?
  - a) Muy negativo
  - b) Negativo
  - c) Ninguno
  - d) ~~Positivo~~
  - e) Muy positivo
4. ¿Qué cambiaría del dispositivo?  
Me gustaría que fuera más delgado y no tener que quitarlo cada vez que cierre mi laptop.
5. ¿Qué características no cambiaría del dispositivo?  
Que me permita ver más colores. Que es ligero. El color. La forma.
6. Explique de manera libre su impresión del dispositivo:  
Al principio, cuando dejaba de usar mi laptop y desmontaba el dispositivo, no sabía en dónde guardarlo. Pero luego de unos días, decidí hacer un espacio en el librero así solucioné el inconveniente. Además, cuando salí de viaje, pude guardar el dispositivo en la misma mochila junto a mi laptop. En ese viaje noté que la montura es lo suficientemente resistente para proteger el filtro y no deformarse. No obstante, creo que el dispositivo debe ser tratado con delicadeza, así que en todo momento evité exponerlo a situaciones arriesgadas, como tirarlo al piso, golpearlo o rayarlo con un cuchillo o cúter.
6. ¿Recomendarías este dispositivo a otras personas?  
Sí. Me gustaría que otras personas como yo puedan disfrutar de la experiencia.

### Anexo IV. Planos de la montura



4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

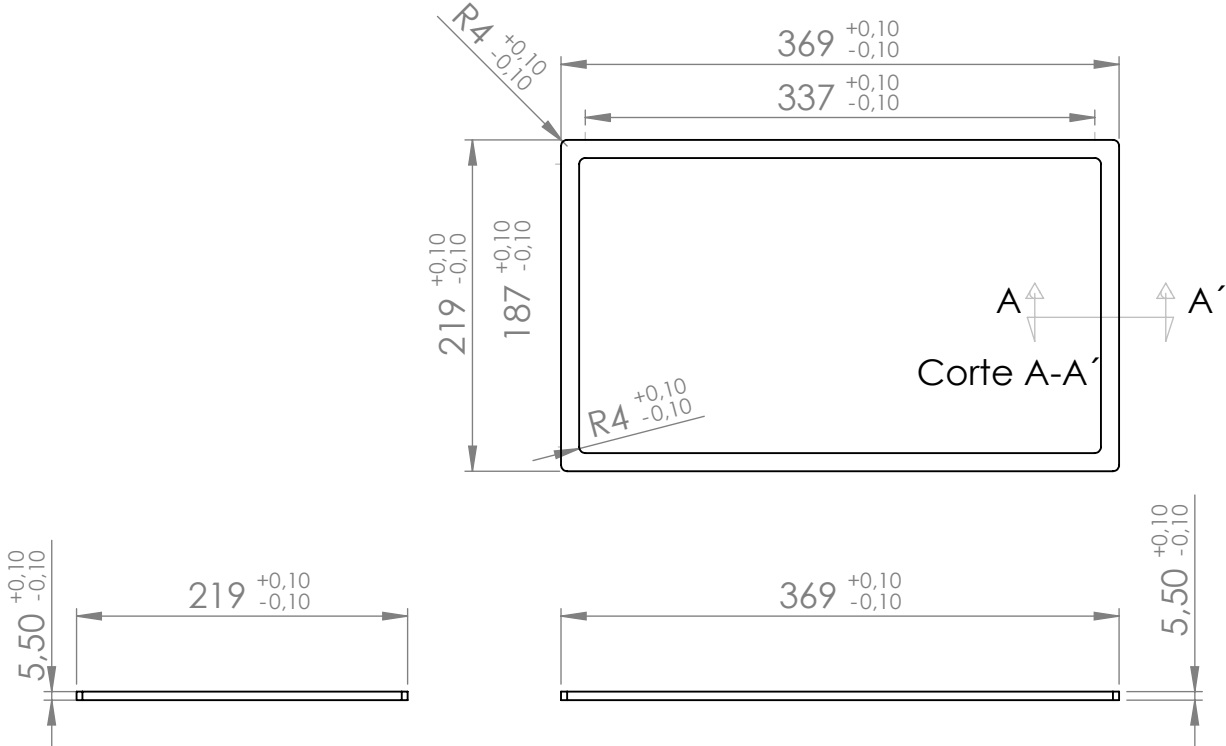
C

B

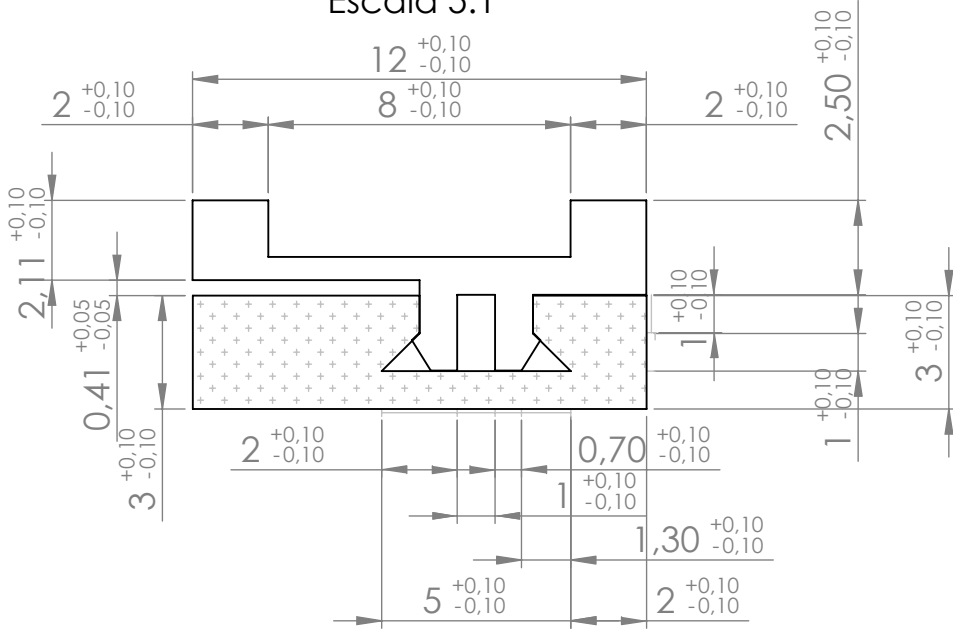
B

A

A



Corte A-A'  
Escala 5:1



Universidad Tecnológica de la Mixteca

NOMBRE DEL DIBUJO:

Vistas principales

DIBUJÓ:

Antonia Carrasco Martínez

NOMBRE DE LA PIEZA

Montura

REVISÓ:

M.T.A.M Armando Rosas González

N.º DE DIBUJO

1pza

A4

UNIDADES: MM

ESCALA:1:5

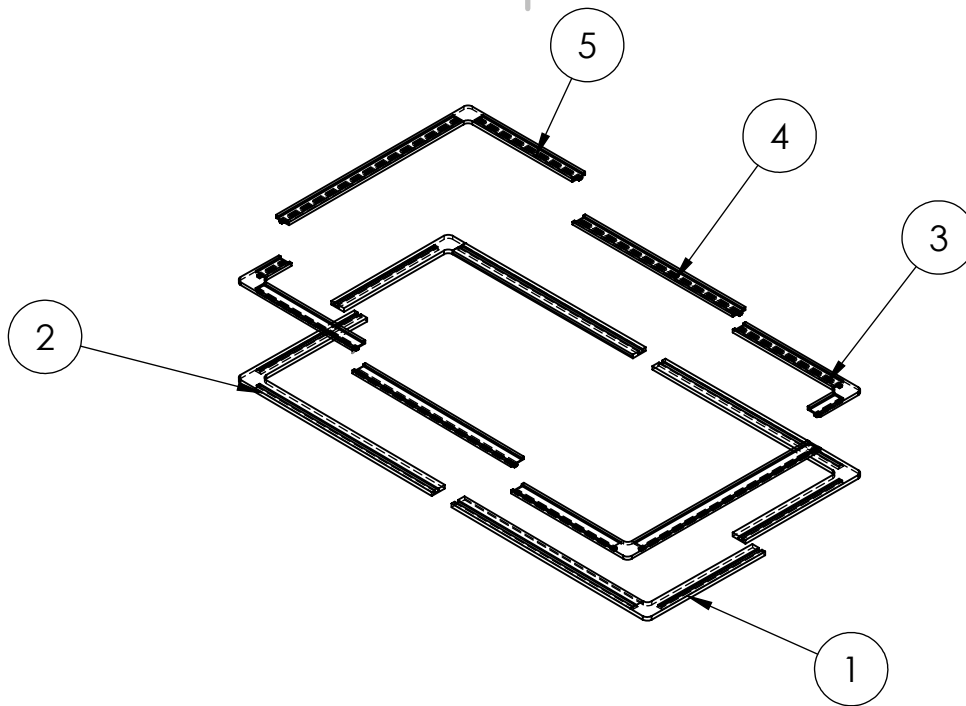
HOJA 1 DE 9

4

3

2

1



N° de pza	Descripción	Material	Cantidad
1	Pieza del elemento A de la montura	ABS	2
2	Pieza del elemento A de la montura	ABS	2
3	Pieza del elemento B de la montura	ABS	2
4	Pieza del elemento B de la montura	ABS	2
5	EPieza del elemento B de la montura	ABS	2

Universidad Tecnológica de la Mixteca

NOMBRE DEL DIBUJO:

Vista en explosivo

DIBUJÓ:

Antonia Carrasco Martínez

NOMBRE DE LA PIEZA

Montura

REVISÓ:

M.T.A.M Armando Rosas González

N.º DE DIBUJO

1 pza

A4

UNIDADES: MM

ESCALA:1:5

HOJA 2 DE 9

4

3

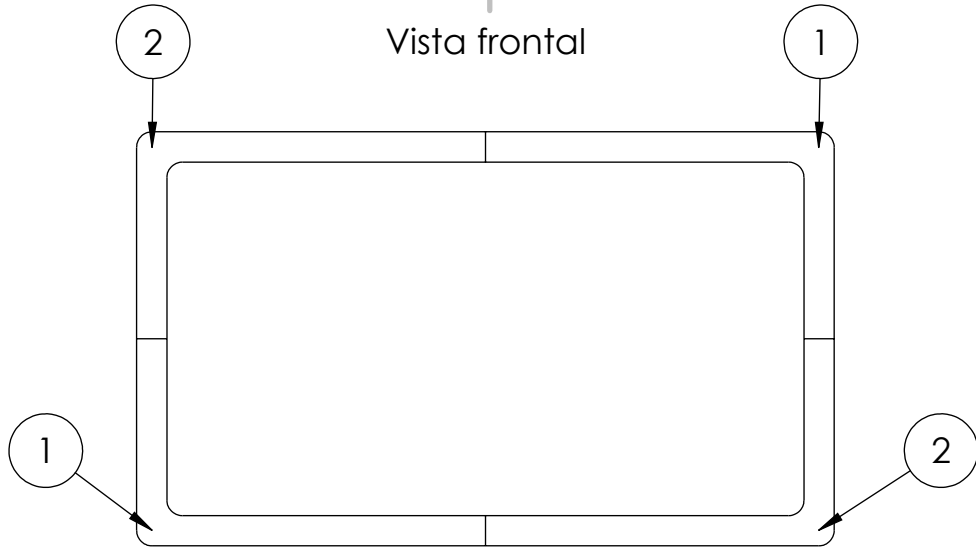
2

1

F

F

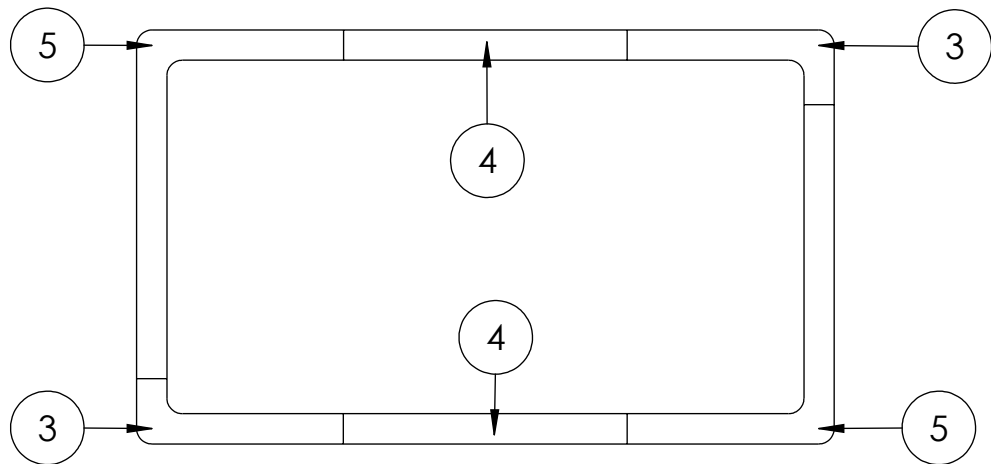
Vista frontal



E

E

Vista posterior



D

D

C

C

Nº de pza	Descripción	Material	Cantidad
1	Pieza del elemento A de la montura	ABS	2
2	Pieza del elemento A de la montura	ABS	2
3	Pieza del elemento B de la montura	ABS	2
4	Pieza del elemento B de la montura	ABS	2
5	Pieza del elemento B de la montura	ABS	2

B

B

Universidad Tecnológica de la Mixteca

NOMBRE DEL DIBUJO:

Plano de conjunto

DIBUJÓ:

Antonia Carrasco Martínez

NOMBRE DE LA PIEZA

Montura

A

REVISÓ:

M.T.A.M Armando Rosas González

N.º DE DIBUJO

1 pza

A4

A

UNIDADES: MM

ESCALA:1:5

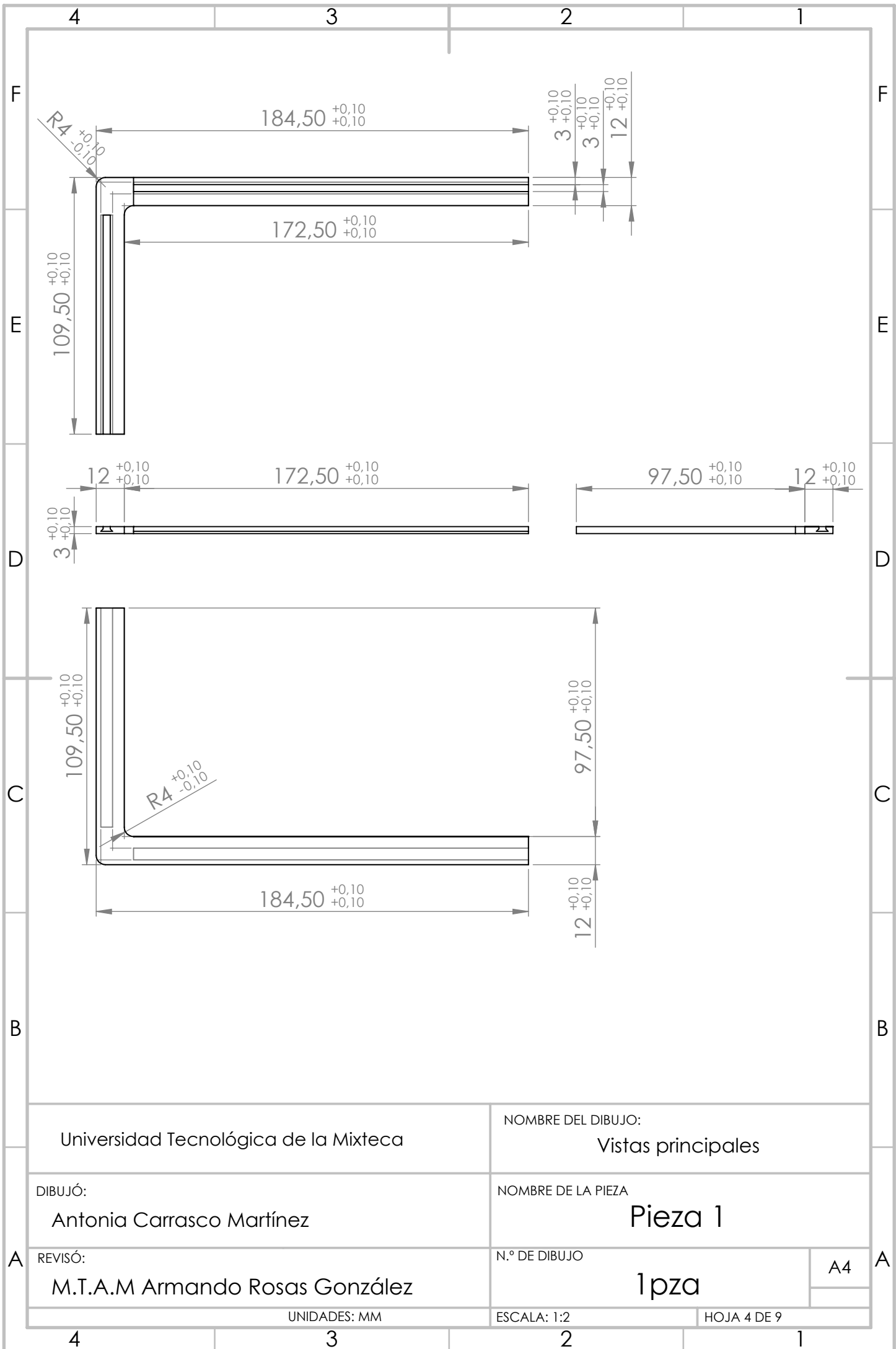
HOJA 3 DE 9

4

3

2

1



Universidad Tecnológica de la Mixteca

NOMBRE DEL DIBUJO:  
Vistas principales

DIBUJÓ:  
Antonia Carrasco Martínez

NOMBRE DE LA PIEZA  
Pieza 1

REVISÓ:  
M.T.A.M Armando Rosas González

N.º DE DIBUJO  
1 pza

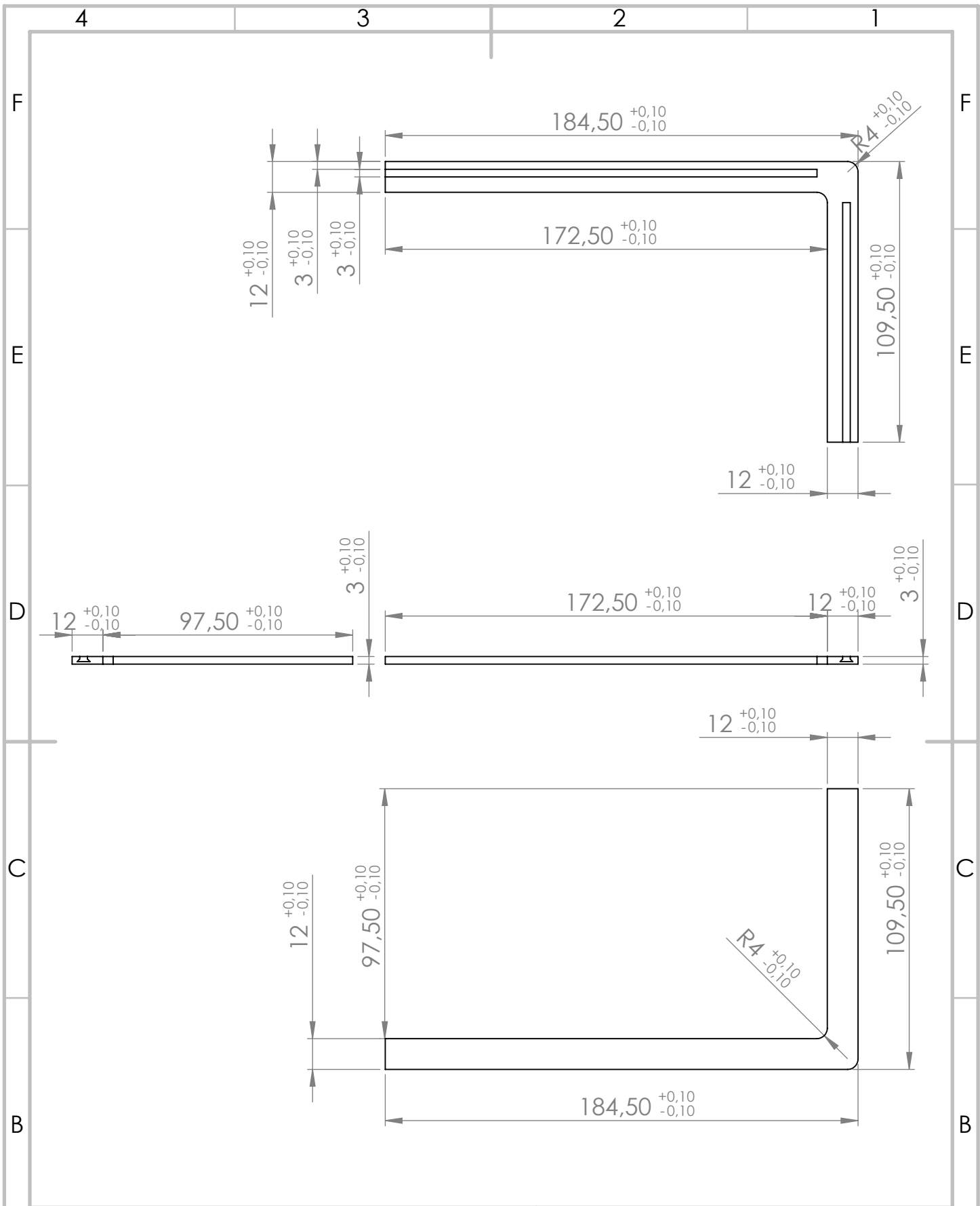
A4

UNIDADES: MM

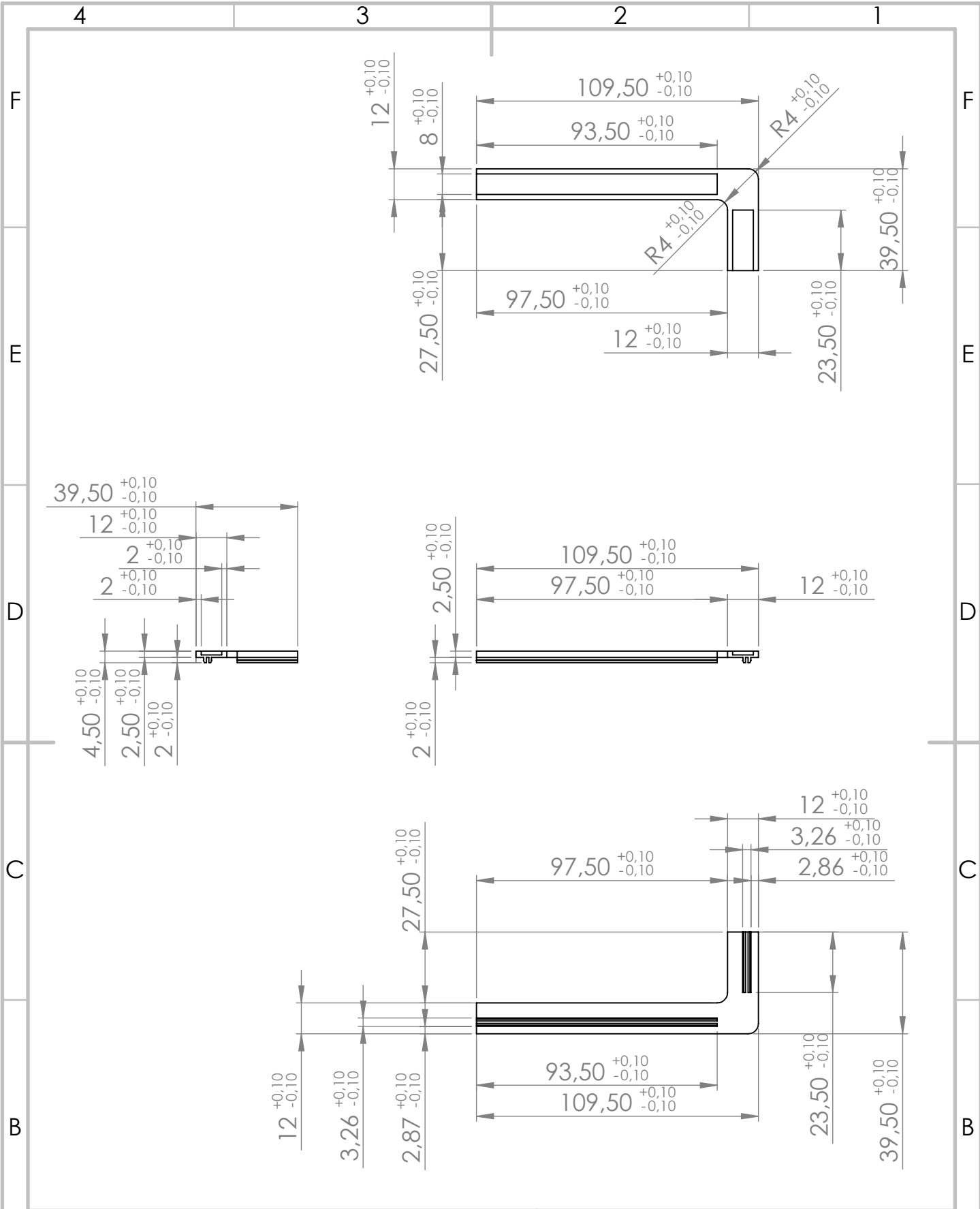
ESCALA: 1:2

HOJA 4 DE 9





Universidad Tecnológica de la Mixteca		NOMBRE DEL DIBUJO: Vistas principales	
DIBUJÓ: Antonia Carrasco Martínez		NOMBRE DE LA PIEZA Pieza 2	
REVISÓ: M.T.A.M Armando Rosas González		N.º DE DIBUJO 1pza	
UNIDADES: MM		ESCALA: 1:2	HOJA 5 DE 9



Universidad Tecnológica de la Mixteca

NOMBRE DEL DIBUJO:  
Vistas principales

DIBUJÓ:  
Antonia Carrasco Martínez

NOMBRE DE LA PIEZA  
Pieza 3

REVISÓ:  
M.T.A.M Armando Rosas González

N.º DE DIBUJO  
1 pza

A4

UNIDADES: MM

ESCALA: 1:2

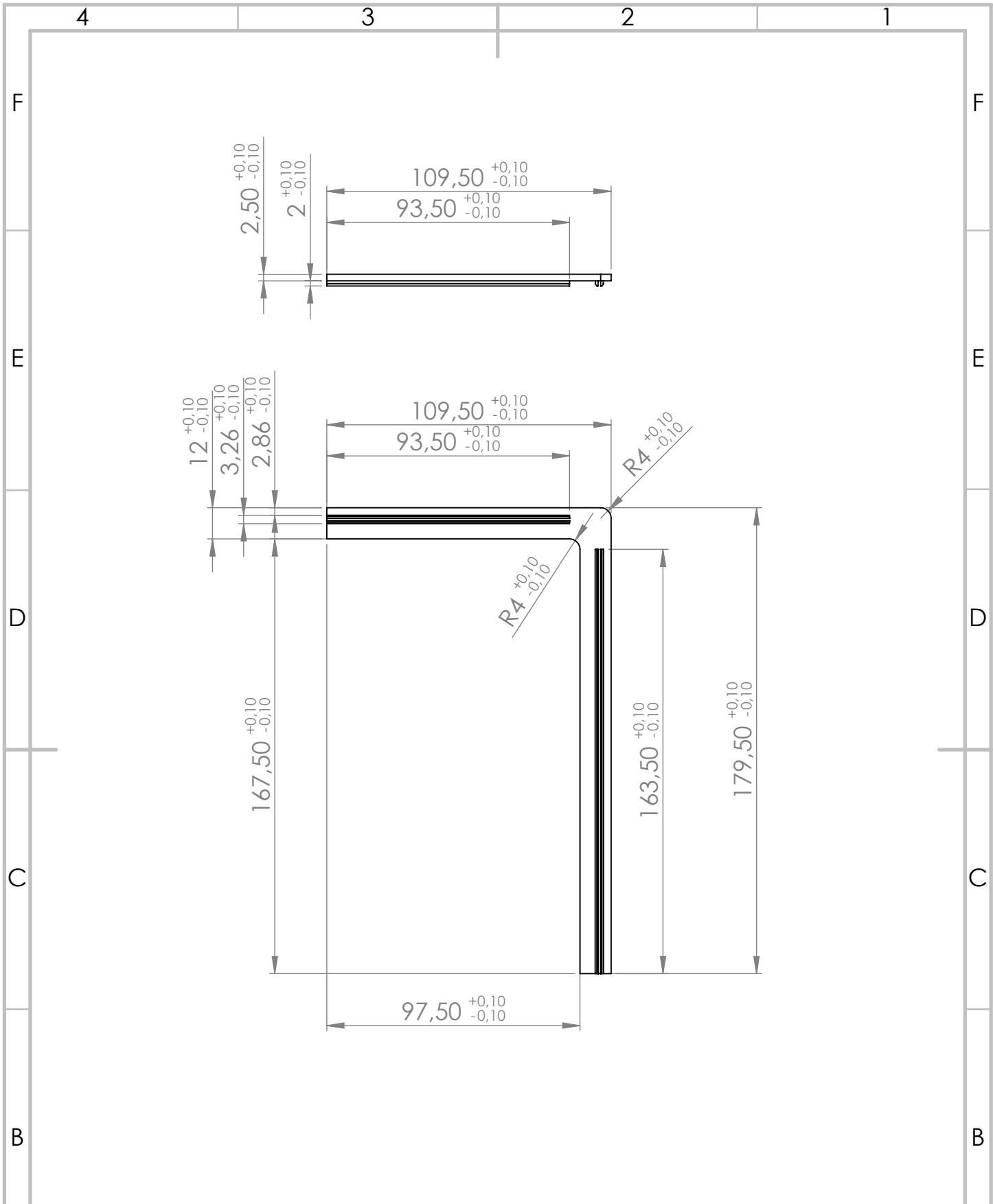
HOJA 6 DE 9

4

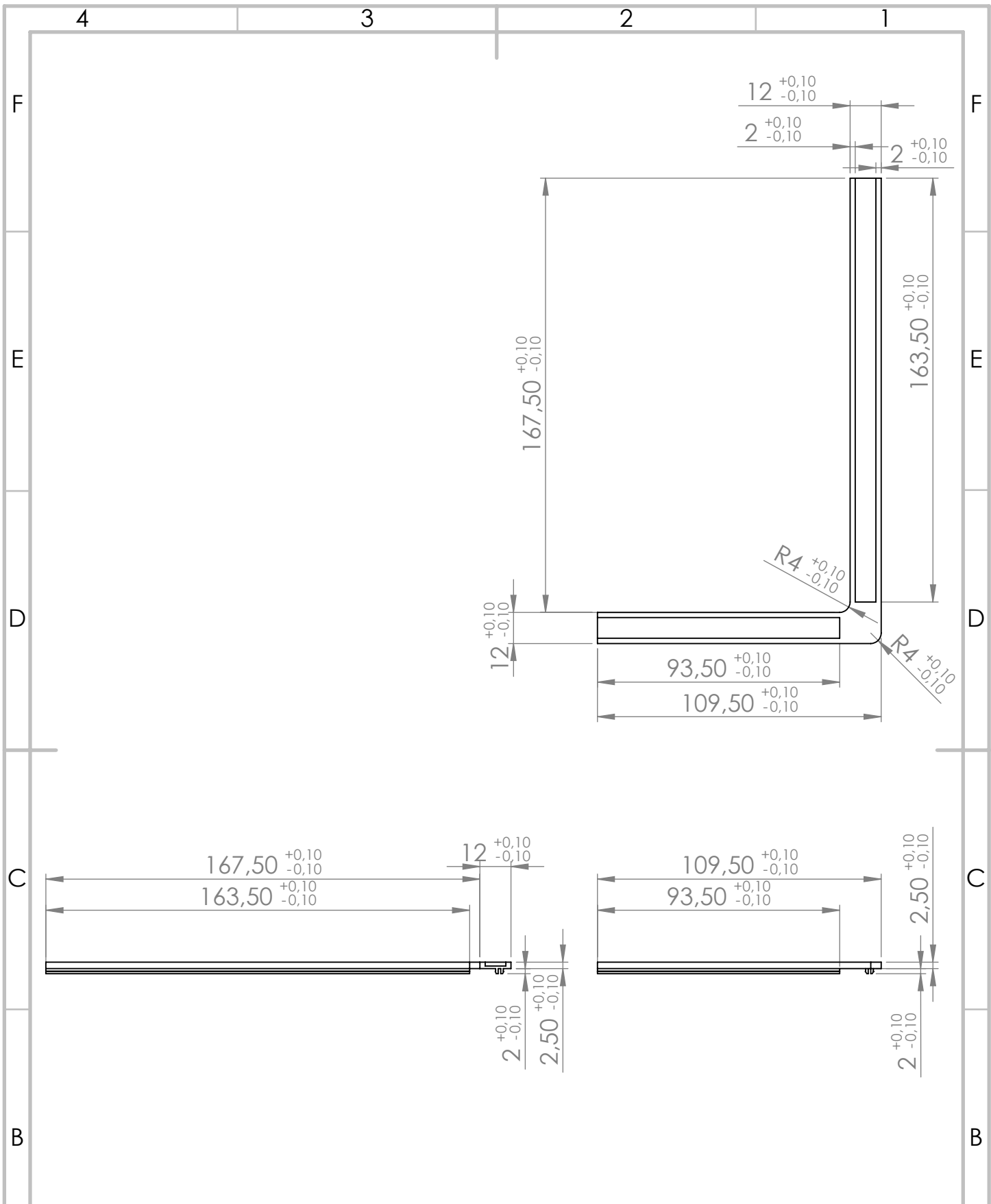
3

2

1



Universidad Tecnológica de la Mixteca		NOMBRE DEL DIBUJO: Vistas principales	
DIBUJÓ: Antonia Carrasco Martínez		NOMBRE DE LA PIEZA Pieza 5	
REVISÓ: M.T.A.M Armando Rosas González		N.º DE DIBUJO 1pza	
UNIDADES: MM		ESCALA 1:2	HOJA 7 DE 9



Universidad Tecnológica de la Mixteca

NOMBRE DEL DIBUJO:  
Vistas principales

DIBUJÓ:  
Antonia Carrasco Martínez

NOMBRE DE LA PIEZA  
Pieza 5

REVISÓ:  
M.T.A.M Armando Rosas González

N.º DE DIBUJO  
1 pza

A4

UNIDADES: MM

ESCALA 1:2

HOJA 8 DE 9

4

3

2

1

4

3

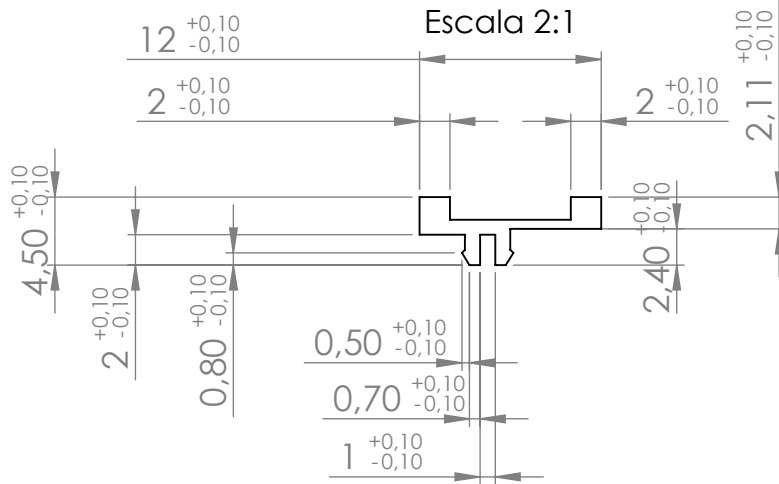
2

1

F

F

Escala 2:1

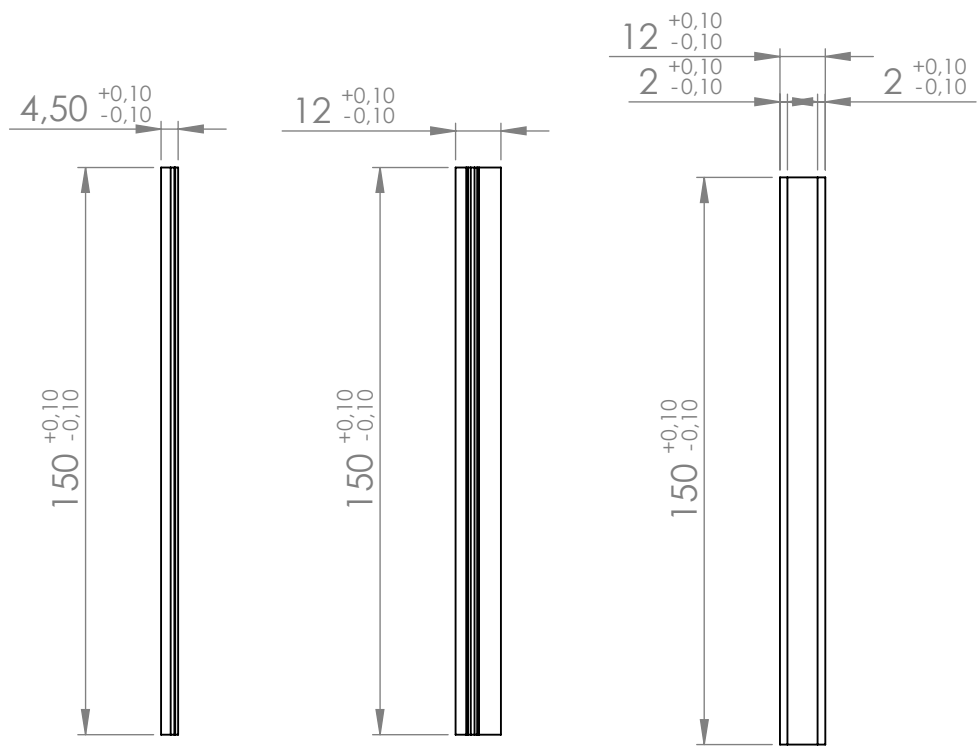


E

E

D

D



C

C

B

B

Universidad Tecnológica de la Mixteca

NOMBRE DEL DIBUJO:  
Vistas principales

DIBUJÓ:  
Antonia Carrasco Martínez

NOMBRE DE LA PIEZA  
Pieza 4

REVISÓ:  
M.T.A.M Armando Rosas González

N.º DE DIBUJO  
1 pza

A4

UNIDADES: MM

ESCALA 1:2

HOJA 9 DE 9

4

3

2

1

A

A