

## **CAPÍTULO 2**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SUPERFICIE INTERACTIVA**

Anteriormente se mencionaron las diversas técnicas que existen para el desarrollo de superficies multitouch, sin embargo, la técnica de plano de luz láser (LLP) tiene ciertas características como son: su sencilla configuración, bajo costo, sensibilidad (cero esfuerzo) y eficiencia, por lo cual, es una técnica bastante rentable y que promete mucho en un futuro cercano.

Cabe señalar que inicialmente se probó como fuente de luz infrarroja unas tiras de leds infrarrojos (técnica FTIR) y el resultado fue que no trabajaba bien en ambientes iluminados, es decir, se veía afectada por la luz natural; ésta fue una razón más por la que se decidió emplear la técnica LLP.

#### **2.1. DISEÑO GENERAL**

##### **Principio de funcionamiento**

La técnica multitouch LLP (Plano de luz láser) es muy sencilla, usando 4 láseres infrarrojos de manera que la luz del proyector no interfiera con estos, se coloca una lente generadora de línea de  $89^\circ$  a cada láser, que permite abrir o generar un plano de luz infrarroja sobre una superficie, se coloca una cámara con un filtro que únicamente permita el paso de luz infrarroja. Cuando un objeto tiene contacto con la superficie la luz infrarroja ilumina el objeto, esto es lo que la cámara detecta como puntos de toque. A diferencia de la técnica FTIR (Reflexión interna total frustrada), no es necesario tocar la superficie con fuerza, por eso es llamada “superficie cero esfuerzo”, quiere decir que el resplandor es el criterio que se utiliza para rastrear y no depende de la presión de toque.

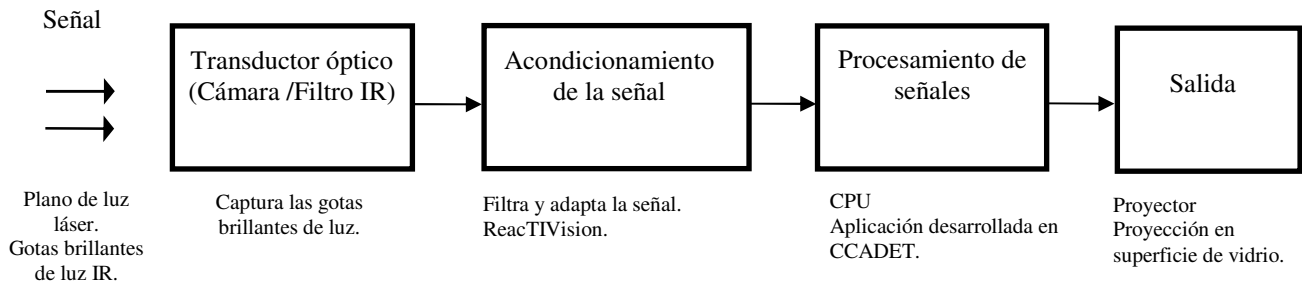


Figura 2.1. Diagrama a bloques del sistema.

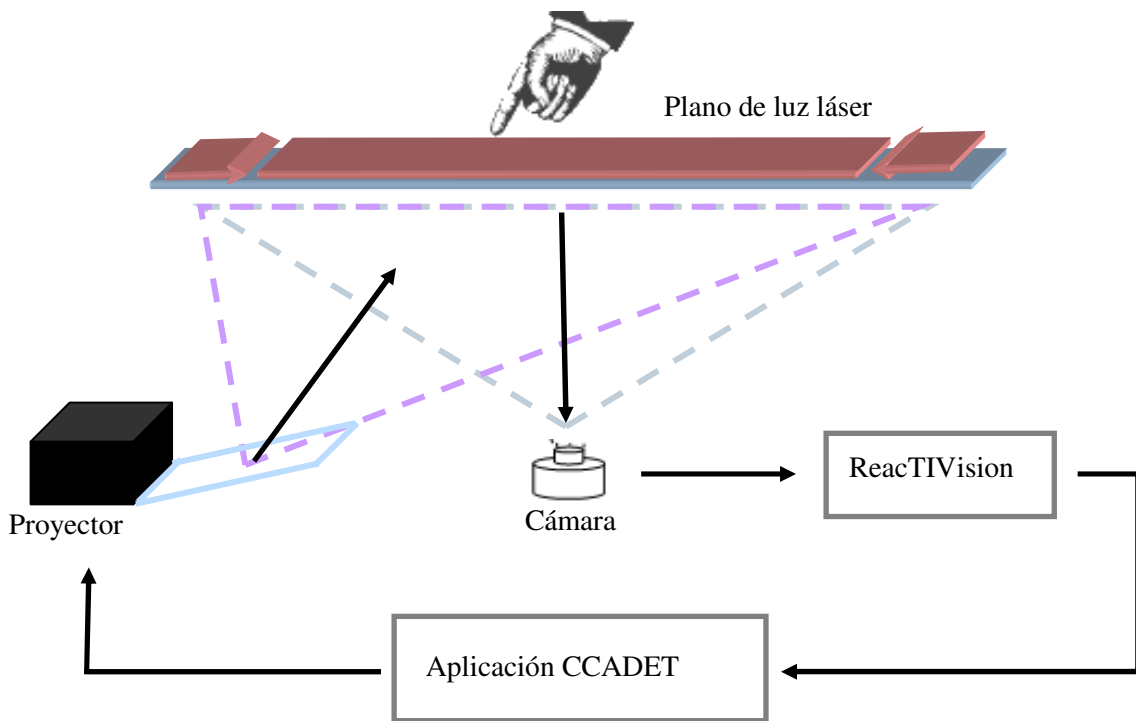


Figura 2.2. Esquema del sistema.

Nota: El número de láseres depende del tamaño de la superficie y del diseño e implementación de la técnica. El ángulo de apertura de las lentes puede variar según convenga.

## 2.2. COMPONENTES

### Láseres infrarrojos

Es importante seleccionar un láser según su aplicación. En nuestro caso existen 4 principales características que debemos tomar en cuenta para su configuración:

- El ángulo de abertura de las lentes generadoras de línea.
- El número de láseres que serán utilizados.
- La potencia de salida de los láseres (miliWatts).
- La longitud de onda de la luz que será emitida por los láseres.

Las lentes generadoras de línea generan un plano x-y de luz, el cual será visualizado por la cámara y ésta nos permitirá sensar los puntos de toque, el ángulo de abertura de dichas lentes definirá la forma y dimensión del plano.

El número de láseres es importante para evitar un problema de oclusión, ésta es una de las principales desventajas de esta técnica, ya que cuando se ocupa solamente un láser, el toque más cercano a dicho láser podría causar una oclusión total y cualquier otro objeto que toque la superficie posteriormente no tendrá luz, por lo cual, no será detectado por la cámara.

El determinar la potencia de los láseres que se ocuparán, depende del tamaño de la superficie, una superficie pequeña necesita menos potencia que una superficie más grande. Las potencias más comunes son 5mW, 10mW y 25mW.

La única restricción de la longitud de onda de los láseres es que se encuentre en el intervalo de luz infrarroja 780 y 900nm. Cualquier longitud de onda dentro de este intervalo trabajará de la misma manera, es decir, no presentará una mejora significativa. El ancho de banda del filtro de la cámara debe coincidir con la longitud de onda del láser.

Debido al diseño de la estructura se usaron 4 láseres (uno en cada perfil), lo que disminuye la probabilidad de un problema de oclusión. La superficie de contacto es un círculo de 100 cm de diámetro, por lo que se eligió que la potencia de salida de los láseres fuera de 25mW,

con el objeto de que el brillo del plano de luz infrarroja rasante a la superficie sea suficiente; las lentes generadoras de línea que se le colocaron a los láseres disminuyen la potencia óptica de éstos al hacer divergir el haz de luz en un plano, con ángulo de abertura de 89°.

### Especificaciones del módulo de láseres

Modelo no.	HLM-1230-B
Longitud de onda	780 nm
Potencia de salida	25 mW
Voltaje de operación	3.2 V
Corriente de operación	70 mA
Temperatura de operación	-10 - 50 °C
Patrón	Punto
Clase	IIIb

Tabla 2.1. Características de los láseres.

### Dimensiones

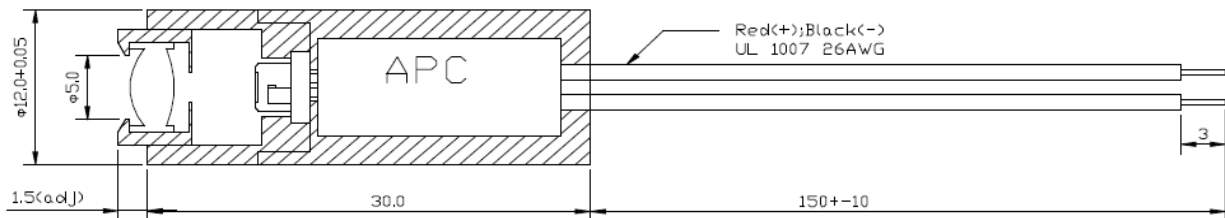


Figura 2.3. Dimensiones de los láseres.

### Tarjeta sensor infrarrojo

Newport modelo F-IRC4 Infrared Sensor Card (0.70-1.60um).

Este sensor puede ser usado para identificar y localizar radiación infrarroja emitida por un led o alguna fuente láser.



Figura 2.4. Tarjeta sensor infrarrojo F-IRC4

### Superficie

Para la selección de la superficie se debe tomar en cuenta que permita el paso de la luz IR a través de ella y que sea rígida; se eligió el vidrio porque cumple perfectamente con los requisitos anteriores. El inconveniente de usar acrílico es que este material, al ser una placa de 1m de diámetro, tiende a pandearse.

Se utilizaron dos superficies de vidrio con las siguientes características:

Superficie	Tinte	Grosor	Diámetro
Superior	Verde	6mm	90cm
Inferior	Ultra White	6mm	90cm

Tabla 2.2. Características superficies de vidrio.

El vidrio superior está esmerilado en una de sus caras para mejorar la dispersión de la luz del proyector y poder visualizar la imagen proyectada.

### Estructura de aluminio

La estructura de la superficie dependerá de la aplicación de ésta. Se debe tomar en cuenta que el contorno de la superficie debe tener una cerca no reflectiva, o un marco alrededor del área de toque, es suficiente con unos cuantos milímetros de altura, esto previene que la luz IR escape, manteniéndola confinada dentro del área de toque.

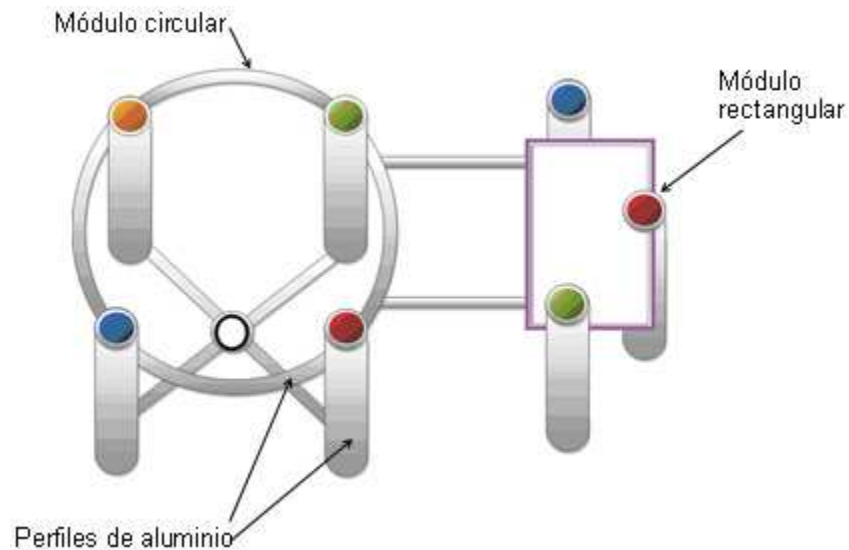


Figura 2.5. Diseño de la estructura.

La estructura la superficie es un módulo desmontable de tecnología europea llamada OCTANORM. Consta de dos módulos: uno circular que sostiene a la superficie de vidrio y un módulo rectangular que servirá de base para el CPU y el proyector. Toda la estructura es completamente desmontable, de tal manera que se compone de cuatro perfiles rectangulares curvos de aluminio que se unen con cuatro perfiles redondos para sostener la superficie de vidrio. El diseño circular de la estructura de la superficie interactiva promueve la participación en equipo, asimismo, es un diseño cómodo y divertido para niños.

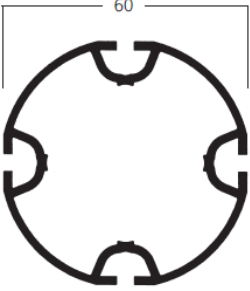
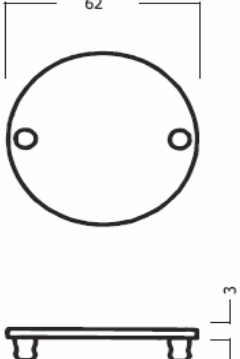
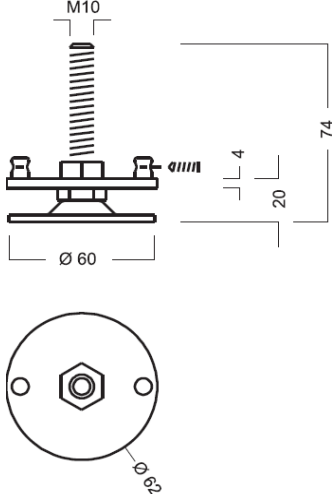
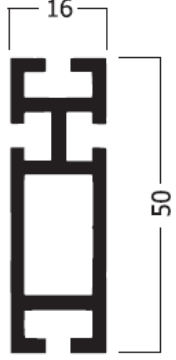
Dimensiones de la estructura completa

Ancho: 100 cm

Largo: 2 m

Alto: 63 cm

La siguiente tabla muestra los perfiles, mecanismos y accesorios de la tecnología OCTANORM utilizados para la construcción de la estructura, así como las características de cada uno [16].

Nombre	Características	Imagen (unidades en mm)
Perfil redondo Modelo M 1210  No. pzas. 7	Perfil redondo de 60mm con 4 ranuras @ 5000 mm  Aluminio. Masa del perfil completo (5000mm de largo): 6,755 kg	
Tapa metálica Modelo M 1231  No. pzas. 7	Tapa metálica para extrusiones redondas de 60 mm  Acero para perfil redondo de Ø 60 mm  Masa: 0,073 kg	
Pie ajustable Modelo M 1232  No. pzas. 7	Pie ajustable para extrusiones redondas de 60 mm  Acero para perfil redondo de Ø 60 mm  Masa: 0,207 kg	
Perfil horizontal Modelo Z 460  No. pzas. 8	Perfil horizontal de 50 x 16 mm con 4 ranuras @ 5000 mm  Aluminio Profundidad de ranura: 7,5 mm  Masa del perfil completo (5000mm de largo): 4,24 kg	

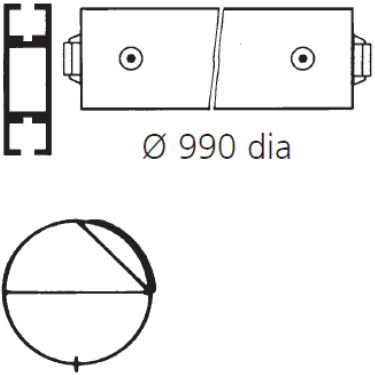
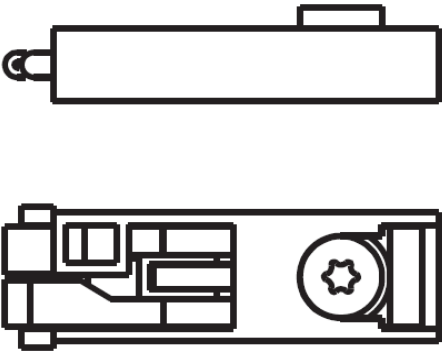
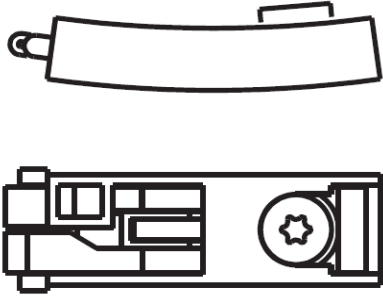
<p>Perfil Curvo Modelo Z 450</p> <p>No. pzas. 4</p>	<p>Perfil curvo 50 mm</p> <p>Aluminio con 2 tensores integrados Z 962/13 Ø 990 mm</p> <p>Masa: 0,722 kg</p>	 <p>Ø 990 dia</p>
<p>Tenso chapa recta Modelo Z 961/13</p> <p>No. pzas. 13</p>	<p>Tenso chapa de 13 mm / acero-zinc</p> <p>Fundición inyectada de cinc/acero para todo tipo de perfiles de marco, con cámara de 21x12 mm para tensor y también en combinación con adaptador Z 161/A para perfiles de marco, con cámara de 39x12 mm para tensor</p> <p>Masa: 0,052 kg</p>	
<p>Tenso chapa curva Modelo Z 962/13</p> <p>No. pzas. 8</p>	<p>Tenso chapa de 13 mm para curva / acero-zinc</p> <p>Fundición inyectada de cinc/acero para todos los marcos curvados dotados de cámara de 21x12 mm para tensor, y también en combinación con el adaptador Z 161/A para todos los marcos curvados de perfiles de marco, con cámara de 39x12 mm para tensor</p> <p>Masa: 0,052 kg</p>	

Tabla 2.3. Elementos de la estructura OCTANORM.



## Cámara Optitrack SLIM V100

La cámara es uno de los dispositivos más importantes en este tipo de técnicas, es el sensor óptico que nos permite rastrear los puntos de toque. Las características más importantes de la cámara para esta aplicación son:

La resolución. Nos da la calidad en los puntos de toque, es decir, cuanto mayor sea la capacidad del objetivo de mantener como individualizados en la imagen los detalles sutiles del objeto, mayor será el poder de resolución. Una mayor resolución supone más detalles. Más detalles significan mejores posibilidades de identificación. Ejemplo: si tenemos un teclado en la superficie y la resolución es baja, la precisión del dispositivo será mala y cuando toques una tecla se registrará más de una.

Velocidad de cuadros por segundo. Nos permite rastrear u obtener mayor información de los puntos de toque. Acopla los rápidos movimientos a una respuesta rápida del sistema. Para nuestra aplicación, mientras mas FPS (Cuadros por segundo) tenga la cámara, el intervalo de tiempo que se presenta entre la entrada (un toque) y la salida (la acción que se realiza al detectar el toque) será menor.

---

### Características [13]

---

Frame Rate	100 Hz
Resolución	640x480
Modo de imagen	Pre-procesado, en escala de grises, con tratamiento previo de objetos
Interfaz	USB 2.0 de alta velocidad, mini USB tipo B
Montaje	Caja opcional con trípode estándar 20 hilos
Latencia	10 ms
Precisión	2D sub milímetro, en función de marcador de tamaño y la distancia a la cámara
Rango de operación	15 cm – 6 metros, en función de marcador de tamaño y la lente.
Montaje de lente	M12
Corriente de consumo	150 mA

---

Tabla 2.4. Características de la cámara.

Lente 3.5mm con montaje M12, sin filtro, baja distorsión, campo de visión 57.5°.



Figura 2.6. Cámara Optitrack SLIM V100.

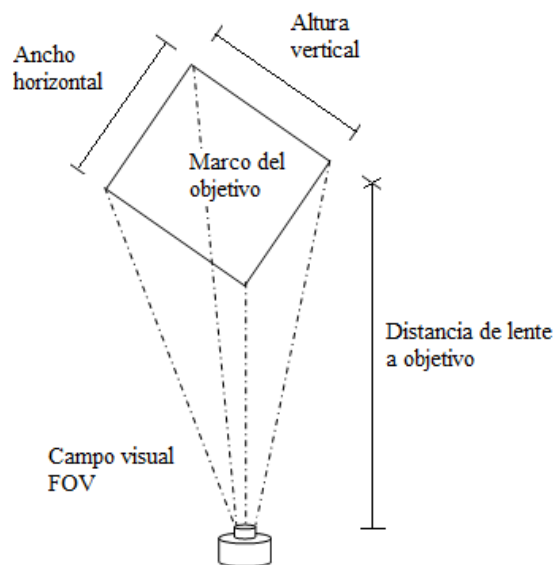


Figura 2.7. Campo visual de la cámara.

### **Proyector NEC modelo WT610**

El proyector es el dispositivo que retroalimenta la superficie con imágenes que provienen del CPU, lo que permite la interacción entre el sujeto y la superficie interactiva.

Para nuestra aplicación el proyector necesita tener ciertas características como son: proyección de tiro corto porque la distancia entre el proyector y la superficie es pequeña y a la salida tener un espejo que nos permita reflejar y dar dirección a la proyección.

El WT610 es un equipo capaz de proyectar imágenes de 40 pulgadas a una distancia de sólo 5.5cm, conseguido gracias a un innovador y altamente complejo sistema de espejos patentado por NEC. Este innovador método de proyección se basa en utilizar 4 espejos esféricos que funcionan como la lente de un proyector del tipo convencional que utiliza una lente. Los rayos de luz se reflejan sucesivamente en los espejos, con lo que se amplía la imagen proyectada.



Figura 2.8. Proyector.

<b>Proyector NEC WT610 [12]</b>	
Diagonal de imagen máxima	254 cm (máx 100 pulgadas)
Contraste	3500:1
Dimensiones (An x Al x Prof)	380 x 313 x 313 mm (en funcionamiento)
Peso	6.4 kg
Funciones especiales	Proyección ultra corta (5.5cm = 40" de imagen), 3D Reform, compatible con HDCP, corrección de color de pared, corrección Keystone vertical, LAN (con o sin cables), sRGB, visor PC card, almacenamiento USB, seguridad, ratón USB, función de control de PC, función ayuda, plug and play.

Tabla 2.5. Características del proyector.

### Fuente de alimentación de DC

En el diseño o elección de la fuente es importante considerar el voltaje de alimentación de los láseres para no dañarlos y que operen adecuadamente. La fuente debe ser capaz de proveer la corriente suficiente para todos los láseres, es recomendable que la fuente suministre más corriente que la requerida para no forzarla.

La fuente proporciona un voltaje de 1.2 a 12 V y un máximo de corriente de 1A. Los láseres operan en su voltaje nominal o típico (3.2V) y cada láser requiere o consume 70mA, el consumo mínimo total de corriente son 280mA. La corriente es limitada dependiendo de la intensidad que queremos que tenga el plano de luz. En el apéndice A se presenta el diseño de la fuente que alimenta a los láseres.



Figura 2.9. Fuente de alimentación

### Los conectores

Las características de los conectores utilizados para conectar los láseres se describen a continuación:

Conector de audio hembra (jack) de 3.5 mm, estéreo. Fabricado en plástico color negro.

Conector de audio macho (plug) de 3.5 mm, estéreo. Fabricado en plástico color negro.



Figura 2.10. Conectores plug (a) y jack (b)

## El CPU

El CPU empleado es de la marca DELL, modelo 530S, Pentium D 2.8, disco duro de 160 G, 1 G en memoria RAMM, lector de tarjetas SD, 2 Puertos USB frontales.



Figura 2.11. CPU DELL.

## Equipo adicional para realizar las pruebas de medición de potencia

### Fotómetro Ultima LabMaster

Este instrumento es un medidor de potencia y energía de doble canal.

Características:

- Sistema de potencia láser y análisis de energía.
- Radiómetro de dos canales.
- Mediciones de potencia de onda continua (CW) de 10nW-5kW.
- Mediciones de energía de pulsos de 100uJ-95J.
- Mediciones de relación radio/diferencia, ruido RMS y la posición del haz.

El Ultima LabMaster™ es un sistema de medición de potencia y energía para CW, de un pulso único y pulso de repetición [17].



Figura 2.12. Fotómetro Ultima LabMaster.

### **Visor de infrarrojos**

El ElectroViewer 7215 es un visor de infrarrojos de mano de alto rendimiento, diseñado para satisfacer las necesidades de visualización de longitudes de onda en el IR cercano. El ElectroViewer ofrece una imagen que es muy brillante; tiene capacidad de enfoque a una distancia de 3 pulgadas.

Características:

- Acepta lentes de montaje C
- Brillo y contraste de imagen de alto
- Convierte 0.4-1.5 micras a visible
- Se enfoca a una distancia mínima de 3 pulgadas [18]



Figura 2.13. Visor ElectroViewer 7215

## **2.3. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO**

### **Seguridad y medidas preventivas**

En el capítulo anterior se mencionó tanto la clasificación de los láseres como el riesgo que existe al manejar cada una de ellas. Los láseres empleados pertenecen a la clase IIIB, lo que implica un peligro notable para el ojo humano si el haz incide puntualmente en él. Antes de describir el proceso de construcción del prototipo, es necesario hacer mención de las medidas de seguridad que tomamos en cuenta al trabajar con láseres.

Al realizar los procesos de caracterización, ajuste, enfoque y alineamiento de los láseres fue fundamental utilizar lentes de seguridad para evitar cualquier tipo de daño, sobre todo al momento de girar el anillo de montaje, ya que en ese momento el plano giraba 360°; esta medida fue suficiente porque, al no ser un haz de luz infrarroja puntual, sino un plano generado por las lentes que les colocamos, no hay peligro alguno para la piel.

Una vez terminados los procesos mencionados los láseres quedaron totalmente fijos, por lo que ya no fue necesario el uso de los lentes de seguridad al realizar las pruebas de funcionamiento el sistema completo, es decir, al trabajar en conjunto hardware (láseres y cámara) y software (reactIVision) para la detección de los puntos de toque, ya que como se describirá más adelante, la potencia que se irradia al ambiente no representa peligro alguno para la salud de los usuarios.

### **Ensamblado de las lentes generadoras de línea**

El módulo láser está constituido por tres partes: las lentes generadoras de línea, el montaje para éstas y el propio láser. El proceso de ensamblado se describe a continuación:



Figura 2.14. Anillo de montaje, lente generadora de línea y lente colimadora.

1. Se desatornilló la lente de colimación del cuerpo del láser. La lente tiene dos lados. El lado más estrecho (del punto) de la lente se inserta siempre hacia el diodo láser en la caja o cuerpo del módulo.



Figura 2.15. Lente colimadora y modulo láser.

1. La lente generadora de línea tiene dos lados, uno áspero y otro liso. El lado áspero debe apuntar hacia el diodo láser, el lado liso es la abertura o la salida del láser, si se coloca al revés, la línea del plano de luz infrarroja proyectado por los láseres será ondulada e irregular.



Figura 2.16. Ensamble de elementos.

2. Al montar la lente generadora de línea en el anillo de montaje, el lado liso se debe insertar primero. Cuando se atornilló la lente de colimación, la abertura ancha se colocó hacia la lente generadora de línea en el montaje de la lente o anillo de montaje.



Figura 2.17. Módulo láser.

3. La parte final consistió en accionar el láser y ajustar la lente para hallar el mejor punto del foco de la colimación.



Figura 2.18. Enfoque de los láseres con tarjeta sensor infrarrojo F-IRC4.



### Pruebas con los láseres

Ya accionado el láser, se ajustó la lente para hallar el mejor punto del foco de la colimación a una distancia de 1m y después de observar el plano que proyectan los láseres para determinar su comportamiento con las lentes generadoras de línea, se estableció que las ranuras de las lentes generadoras de línea deben colocarse de forma vertical y ser perpendiculares a la superficie, para que el plano de luz infrarroja que proyecten sea horizontal, es decir, paralelo a la superficie, de esta manera obtuvimos el plano de luz IR como lo requerimos.

### Ensamblado de la estructura

Una vez que contamos con todo el material de OCTANORM necesario, procedimos al ensamble de la estructura. Colocamos los pies ajustables en los perfiles redondos como se muestra en la figura 2.19. Estos pies ajustables nos sirven para variar la altura de los perfiles redondos de 0 a 8cm.

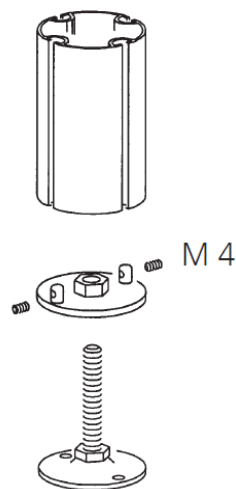


Figura 2.19. Pie ajustable OCTANORM.

Se realizó el ensamble de las tenso chapas en los perfiles horizontales rectos (en los horizontales curvos ya vienen integradas), este proceso se muestra en la figura 2.20.

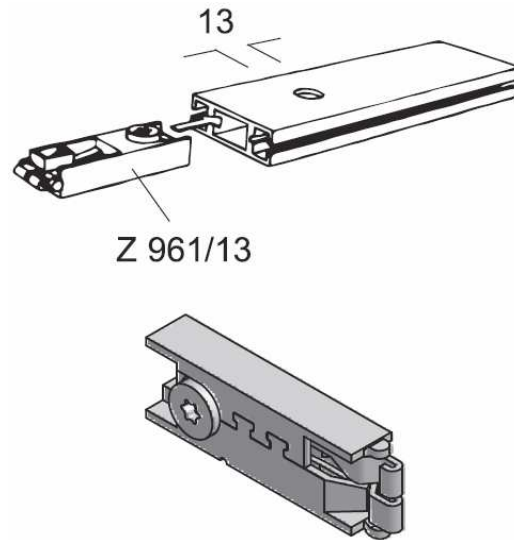


Figura 2.20. Colocación de las tenso chapas en los perfiles horizontales rectos.

Mediante el uso de las tenso chapas se ensamblaron cuatro perfiles horizontales curvos con cuatro perfiles redondos para formar el primer módulo de la estructura. De igual forma se ensamblaron los perfiles horizontales rectos con tres perfiles redondos para formar el módulo de soporte para el CPU y el proyector (figura 2.21.).

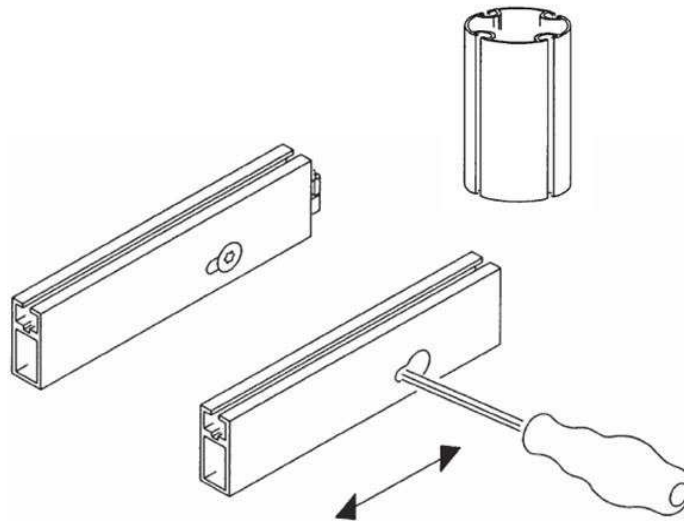


Figura 2.21. Ensamble de los perfiles a través de las tenso chapas

Para finalizar el ensamble se colocaron las tapas metálicas en cada uno de los perfiles redondos como se aprecia en la figura 2.22.

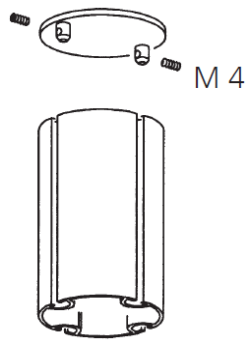


Figura 2.22. Colocación de la tapa OCTANORM en el perfil redondo.

### Montaje láseres

Procedimos a la colocación de los láseres.

La estructura de la superficie tiene 4 perfiles redondos huecos, cada perfil tiene un orificio de 1.3cm de diámetro ligeramente mayor al de los láseres a una altura de 60cm. Dentro del perfil se colocó un soporte rectangular de tal manera que el módulo del láser descansa sobre este. Esto permite dar mayor estabilidad a cada láser, el colocarlos internamente evita que puedan ser manipulados por cualquier persona. Los láseres fueron colocados en los orificios mencionados con la orientación de las lentes adecuada.

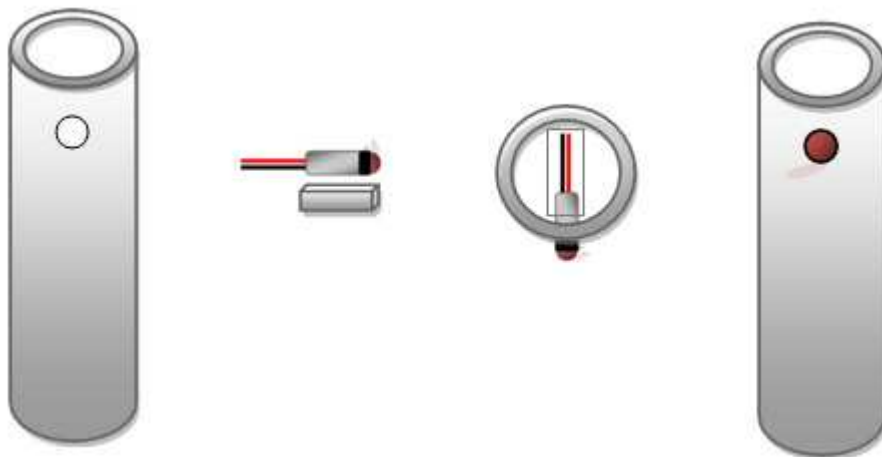


Figura 2.23. Esquema de montaje de láseres.

### Conexión de los láseres

Los circuitos conectados en paralelo tienen múltiples ramas a través de las cuales fluye corriente, de modo que la resistencia del circuito en general es menor que si hubiera una

sola rama. La resistencia más baja significa que la corriente será mayor y los láseres podrán brillar más que si estuvieran configurados en un circuito serie.

Las ramas de los circuitos paralelos son independientes entre sí, pues cada una está conectada directamente a la fuente de alimentación, recibiendo su carga total. Por lo tanto, si una rama está abierta o falla, las otras ramas continuarán trabajando.

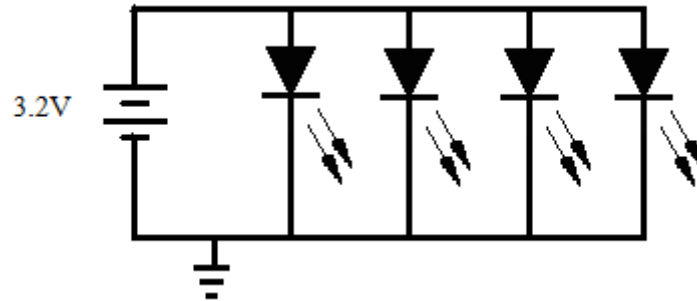


Figura 2.24. Configuración de conexión en paralelo de los láseres.

Los láseres están conectados con una configuración en paralelo mediante conectores plugs y jacks de audio que nos permiten desconectarlos y poder desarmar completamente la estructura, permitiendo que sea una superficie flexible y de fácil manejo

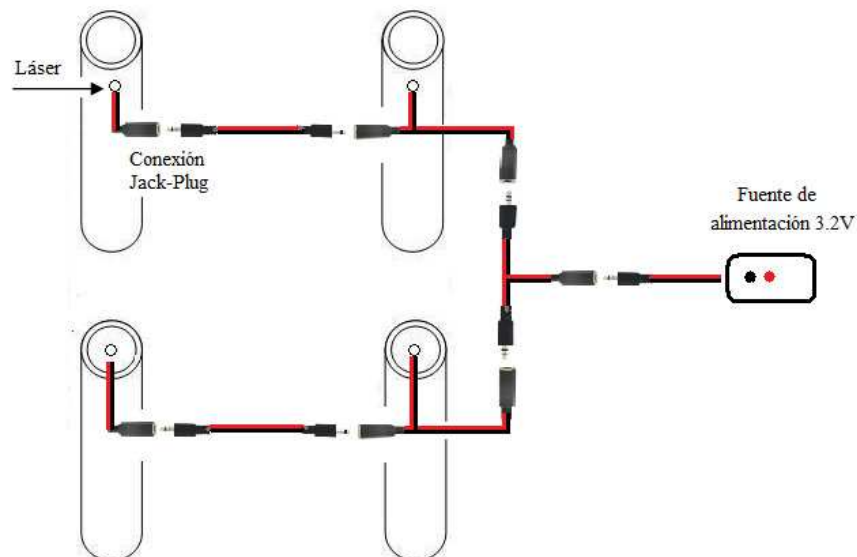


Figura 2.25. Esquema de conexiones.

El alambrado de los láseres se encuentra oculto dentro de los perfiles. En los perfiles redondos se encuentra la conexión entre láser y conector jack, en los perfiles horizontales curvos se encuentra el cable de la conexión plug-plug que nos permite conectar los láseres con la fuente de alimentación y a su vez, conectar los láseres entre sí.

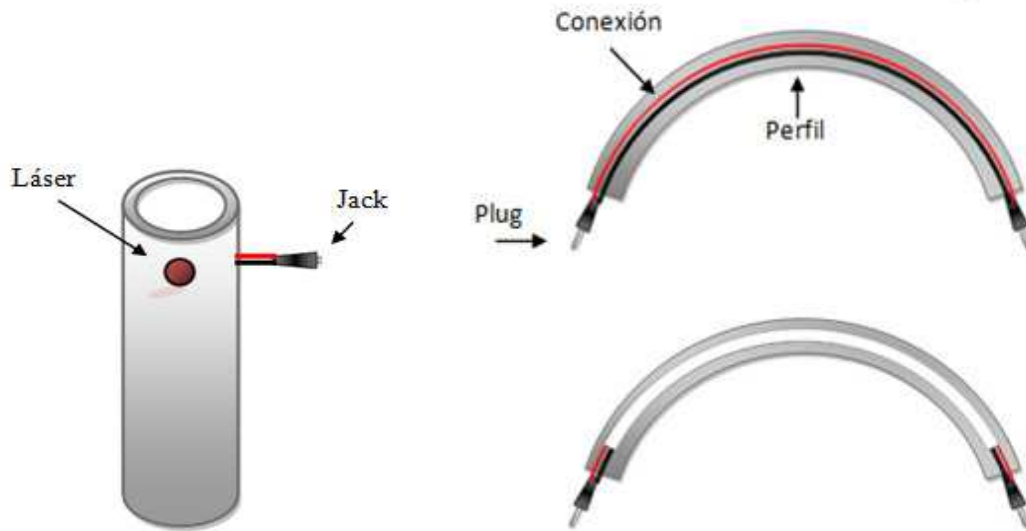


Figura 2.26. Conexión de los láseres.

Los láseres se conectaron en paralelo, consideramos este tipo de conexión adecuada para nuestra aplicación porque si un módulo láser llegara a dañarse, los otros tres seguirían operando.

### **Montaje de las superficies de vidrio**

Los vidrios empleados como superficie descansan sobre unos soportes de metal cubiertos por un empaque de plástico, estos soportes están sujetos a la ranura interna del perfil horizontal curvo, es por esta razón que los vidrios se desmontan fácilmente cuando es requerido.

### **Ajuste y alineamiento de la superficie y del plano de luz IR.**

Se verificó con un nivel que la superficie de vidrio estuviera completamente horizontal, así como que todos los láseres estuvieran a la misma altura, es fundamental que el plano de luz

infrarroja generado se encuentre completamente horizontal a la superficie y los láseres estén bien alineados.

La parte más importante de esta técnica es el plano de luz infrarroja ya que su buen funcionamiento depende de éste, si el plano de luz infrarroja llegara a estar muy por encima de la superficie, aún sin que ésta fuera tocada se detectarían puntos de toque o contacto.

Si algún láser estuviera ligeramente inclinado incidiría sobre la superficie produciendo una reflexión, y aunque es mínima la potencia del haz reflejado, esta situación perjudicaría el funcionamiento del sistema.

Para comprobar que el plano proyectado por los láseres pasa apenas por encima de la superficie se utilizó una tarjeta infrarroja (infrared sensor card 0.70-1.60um) y se realizó un recorrido con ella a través de toda la superficie; utilizando un flexómetro medimos la altura a la que se encontraba el plano de luz, si había zonas donde su altura no era uniforme, significaba que debíamos modificar la posición vertical del módulo láser desajustado subiendo o bajando el soporte sobre el cual descansa. Lograr que el plano que proyecta cada uno de los cuatro láseres tuviera la misma altura con respecto a la superficie fue una parte bastante delicada.

Mediante este proceso pudimos observar que la altura a la cual se encuentra el plano de luz IR es aproximadamente 1 mm por encima de la superficie, además, el plano de luz es constante, sin irregularidades y con una distorsión mínima de 1 mm, lo que significa que los láseres están colocados, alineados y enfocados adecuadamente.

El perfil horizontal curvo utilizado en el borde de la estructura tiene una altura de 1.5cm por encima de la superficie, lo que permite utilizarlo como una valla no reflectiva; como la estructura es de aluminio, se colocó alrededor de ésta un marco de fomi que impide que la luz IR se propague fuera de la superficie.



Figura 2.27. Marco de fomi colocado alrededor de la superficie.

No es necesario aplicar fuerza para que los dedos sean detectados, con un simple contacto es suficiente. Se utilizó un visor de luz infrarroja para confirmar que no hubiera fugas de haces por reflexión alrededor de la superficie.



Figura 2.28. Plano de luz láser.

Se observó que la intensidad de la luz infrarroja disminuye un poco en los bordes de la superficie, comprobaremos posteriormente que esta situación no afecta el reconocimiento de los puntos de toque por parte de la cámara.

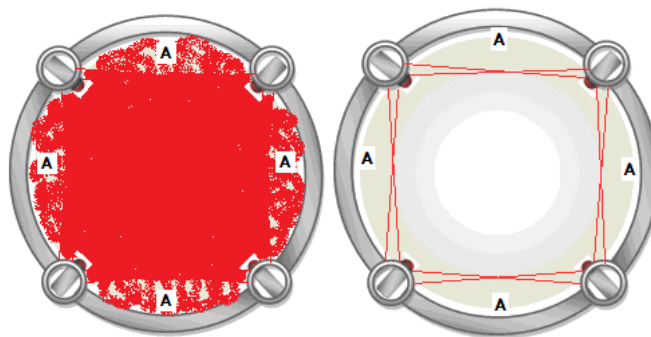


Figura 2.29. En las zonas marcadas con A la intensidad de la luz disminuye.

Posteriormente, el CPU fue puesto en el lugar de la estructura que se destinó para ello. Se colocó el proyector de tal forma que su espejo reflejara sobre la superficie la imagen proveniente del CPU, sirviendo la superficie como monitor.

Se hicieron pruebas para obtener la distancia adecuada entre el proyector y la superficie, con el objeto de evitar la distorsión de las imágenes.

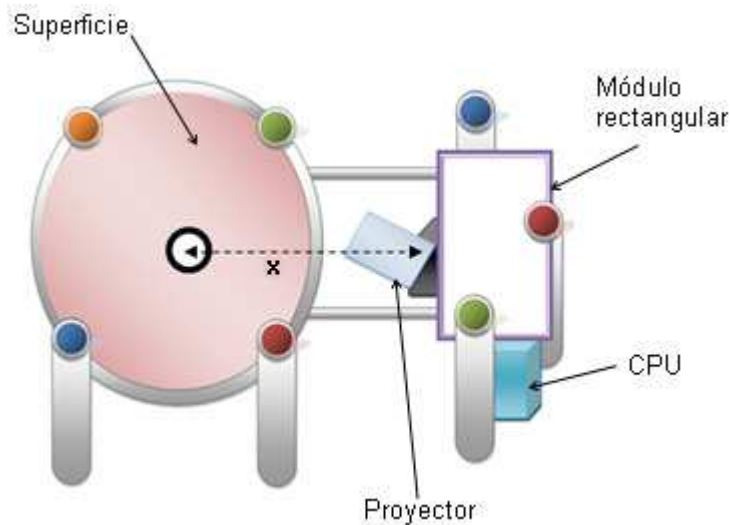


Figura 2.30. Distancia del centro de la superficie al proyector ( $x$ ).

Justamente debajo del centro de la superficie se coloca la cámara con filtro infrarrojo y previamente ajustada con un gran angular o lente ojo de pez, que permite capturar toda la superficie a una distancia muy pequeña; ya que con una lente convencional, mientras menor sea la distancia entre la lente y el objetivo el campo visual (FOV) es menor.

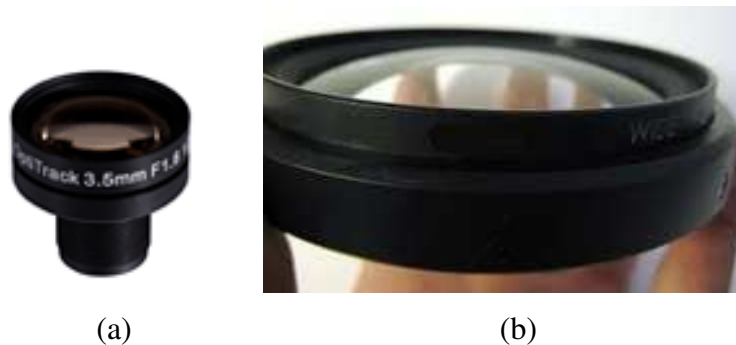


Figura 2.31. (a) Lente convencional. (b) Lente ojo de pez



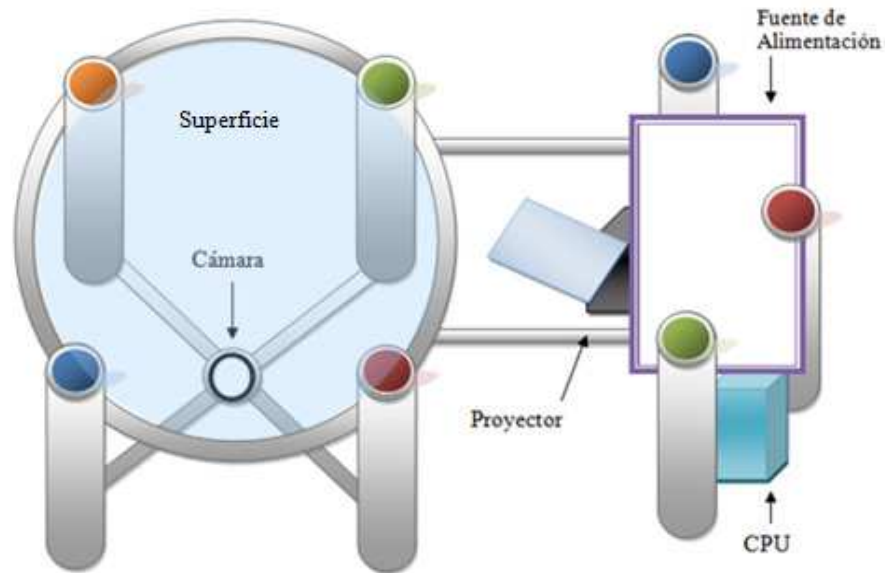


Figura 2.32. Diseño del sistema.

Todos los elementos utilizados en el proyecto se pueden transportar de manera individual: los perfiles de aluminio, la cámara, el CPU, la fuente de alimentación y el proyector (en la base donde fue montado).

## 2.4. ETAPA DE PRUEBAS

Para comprobar la seguridad y operación del hardware se realizaron diferentes tipos de pruebas.

### **Medición de la potencia óptica y pérdidas de radiación infrarroja**

Con el objeto de tener seguridad en que no hay riesgo alguno para los usuarios de la superficie interactiva hicimos mediciones tanto de la potencia óptica de los láseres como las pérdidas de radiación infrarroja en los bordes del área de trabajo, para valorar el riesgo que se tendría si llegase a estar desajustado algún láser.

Para esto empleamos un fotómetro (Ultima LabMaster), que es un instrumento de medición utilizado para medir la intensidad de la luz; en nuestro caso nos permitió cuantificar la

energía por unidad de tiempo presente en el ambiente, que se generó por la puesta en operación de los láseres.

En algunos fenómenos ópticos se presenta una cierta pérdida de luz que no es perceptible al ojo humano. Es por esta razón que medimos las pérdidas de radiación infrarroja que podrían presentarse por encima de los bordes de la superficie.

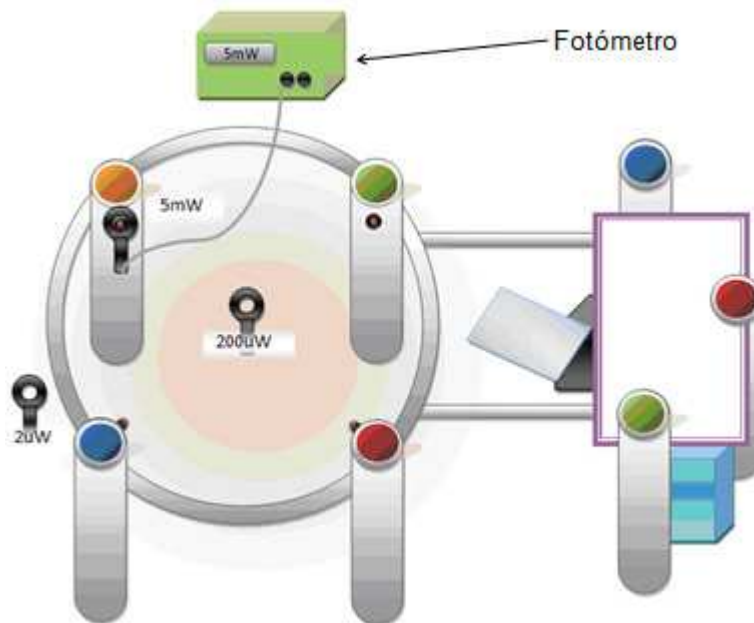


Figura 2.33. Medición de la potencia óptica.

### Calibración de la cámara

La cámara utiliza un gran angular o lente ojo de pez con el fin de aumentar la superficie visible a la cámara a una distancia mínima. Estas lentes lamentablemente distorsionan la imagen. Por lo que es necesario mediante algún software (como en este caso reacTIVision), corregir esa distorsión y la alineación general de la imagen.

Para calibrar la cámara es necesaria la impresión de una plantilla sobre la superficie, esta plantilla puede ser circular o cuadrada y la empleada se muestra en la figura 2.34; ambas plantillas las podemos obtener de la página electrónica del software [15]. Lo que sigue a continuación es hacer coincidir los puntos de intersección de la plantilla del software con los de la impresa al inicio sobre la superficie.

Para realizar lo mencionado anteriormente, ReactIVision debe estar en “modo calibración”, esto se logra presionando ‘C’ una vez abierta la aplicación. Para movernos por cada punto de la plantilla se utilizan las teclas de navegación, al presionar ‘J’ se restablece la cuadrícula como estaba inicialmente, ‘U’ restaura el punto seleccionado. Este proceso es indispensable para asociar correctamente la posición del punto de toque con la imagen que hará la acción determinada en la aplicación programada.

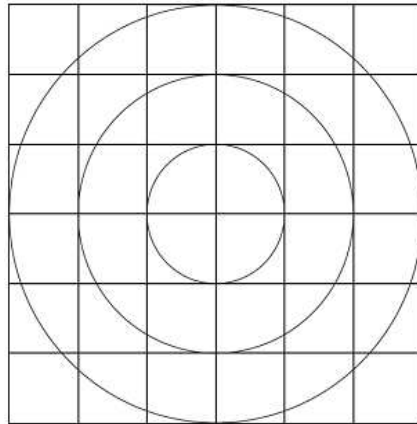


Figura 2.34. Plantilla para calibrar la cámara.

ReactIVision tiene parámetros que deben ser configurados para calibrar adecuadamente la cámara. Dichos parámetros se explican a continuación.

**Contraste:** es el efecto que permite resaltar el peso visual de uno o más elementos o zonas de una composición mediante la oposición o diferencia apreciable entre ellas.

**Valor de umbral:** es utilizado en la digitalización, determina los píxeles que serán negros y los que serán blancos.

**Brillo:** se ocupa de alterar también la gama tonal. La modificación del brillo de una imagen o fotografía digital, actúa de la misma forma que la escala de luminosidad, reducen el contraste de la imagen y la pérdida de detalle, según en el nivel que se aplique.

**Velocidad de obturación:** mide el tiempo que el obturador permanecerá abierto mientras se toma la foto. Cuanto menor sea la velocidad, mayor será el tiempo de exposición. La

velocidad de obturación junto con la abertura de diafragma, controlan la cantidad total de luz que recibe el sensor.

**Ganancia:** incremento o disminución del tamaño de gota mínimo/máximo. Cuanta mayor sea la ganancia, mayor tamaño tendrá la imagen obtenida [21].

#### **2.4.1. Funcionamiento del hardware**

##### **Proyección de imágenes**

Se usó una superficie de vidrio templado y esmerilado para dispersar la luz del proyector y poder observar las imágenes, se obtuvo una muy baja calidad de las imágenes, mala resolución y colores opacos. Más adelante se mencionarán las mejoras realizadas a la superficie, ya que éstos no fueron los resultados esperados.

##### **Funcionamiento del sistema**

Cuando el dedo interfiere con la luz del láser, la cámara recoge a continuación el punto brillante y se interpreta a través del algoritmo de procesamiento de imágenes.

Usando la aplicación reactIVision buscamos comprobar el funcionamiento del sistema. ReactIVision es un código abierto, multiplataforma de visión por computadora enfocada para el rastreo rápido y robusto de marcadores fiduciaros conectados en objetos físicos, así como para el rastreo de dedos multitoque.

ReactIVision es un software de reconocimiento de video, por medio de la cámara manda a través de red local en un protocolo propio una serie de datos como: no. del símbolo, coordenadas X-Y y ángulo de rotación del símbolo.

Esta aplicación identifica unas imágenes código mejor conocidas como fiduciaros, sin embargo, debido a la técnica usada no reconoce estos códigos pero es posible utilizarla para el rastreo de dedos o puntos de toque.

El uso de esta aplicación nos permitió verificar la sensibilidad al toque de la mesa y el campo de visión de la cámara, así como el ajuste de las dimensiones de la proyección.

Una alternativa para sustituir a los fiduciaros, sería desarrollar un software con códigos relacionados a contornos de figuras geométricas.

## 2.5. REDISEÑO Y/O MODIFICACIONES

### 2.5.1. Mejoras inmediatas

#### Proyección de la imagen

Para mejorar la calidad de la imagen proyectada se hicieron algunos cambios en la composición de la superficie. La propuesta consistió en utilizar dos superficies de vidrio en lugar de una y adicionar un papel (que por sus propiedades contribuyera a solucionar el problema) entre ambas. La elección de los tintes de los vidrios y del tipo de papel se basó en las múltiples pruebas efectuadas para hallar la combinación que nos entregara una imagen proyectada con mejor calidad. Después de observar las imágenes proyectadas probando las diferentes combinaciones, la superficie se compone ahora de un vidrio tinte ultra white, en medio papel herculene y en la parte superior el vidrio tinte verde utilizado al inicio.

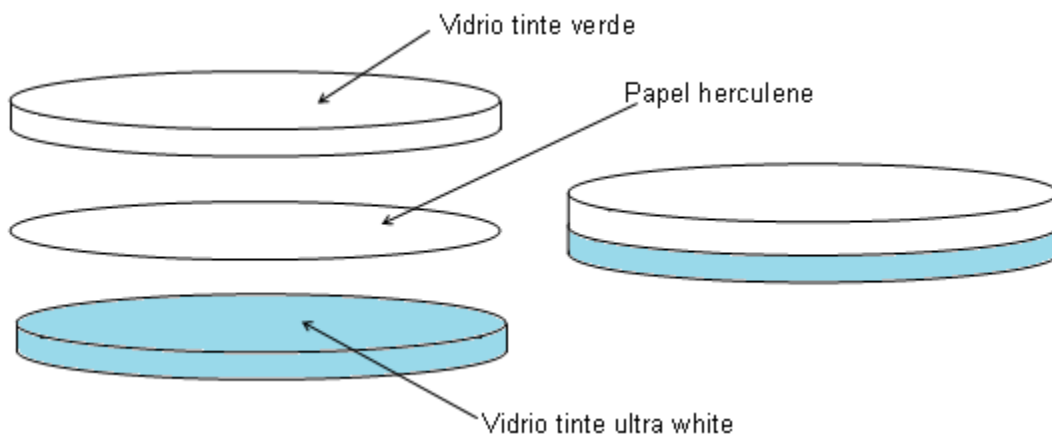


Figura 2.35. Composición de la superficie.

## 2.5.2. Mejoras a futuro

### Eliminación de sombras en la proyección

Al poner en funcionamiento el sistema completo de la superficie interactiva observamos que dos de los postes que sostienen la estructura (los que se encuentran más próximos al proyector), producían sombra en la superficie. La sombra producida, hacía que la proyección no se viera completa en la superficie, lo que ocasionaba que no se pudiera aprovechar al máximo el área de trabajo.

Para solucionar este problema hemos pensado modificar la forma de los postes que producen la sombra; la propuesta es recorrerlos hacia los costados mediante una extensión del perfil, de tal forma que no interfieran con la proyección. El esquema se muestra en las figuras.

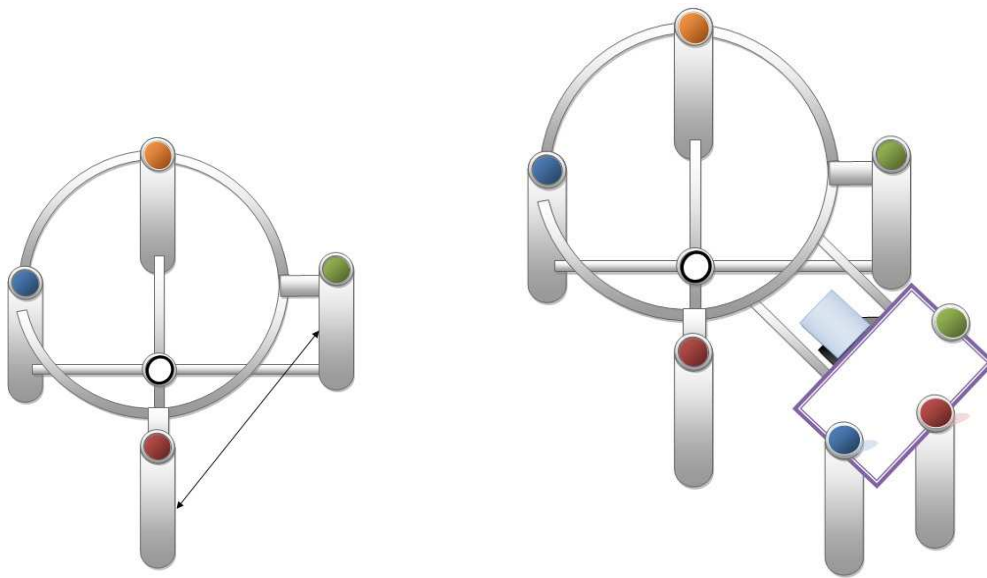


Figura 2.36. Modificación en la abertura de los perfiles redondos.

La estructura metálica no se debilita puesto que aun cuenta con los 4 soportes necesarios para una buena estabilidad, sigue siendo completamente desmontable y por otra parte no se ve afectado el funcionamiento de los láseres y la cámara, por lo que la modificación anterior no perjudica en nada al diseño previo.

### **Alimentación de los láseres por medio del puerto USB**

Otra de las mejoras consideradas es la alimentación de los láseres a través del puerto USB, ya que como sabemos éste nos proporciona un voltaje de 5V y una corriente máxima de 500mA, suficiente para el suministro de energía a cada uno de estos dispositivos. El proveedor de los láseres Aixis en sus hojas de especificaciones nos indica que el intervalo del voltaje de operación es 3.2- 5.0V y una corriente típica de 70mA. En este caso, al alimentar los láseres con un voltaje de 5V proporcionados por el puerto USB, la corriente total demandada es de 280mA. De esta manera no se necesitará una fuente externa para la alimentación de los láseres.

### **Mecanismo de ajuste para los láseres**

Los láseres están sujetos temporalmente con ligas para que se puedan manipular, se fijarían a su soporte mediante cinchos de plástico, de esta forma, ya no se podrían girar, solo existiría el inconveniente de no que se moverían verticalmente. Este tipo de movimientos nos ayudaría a hacer un fino ajuste a la posición horizontal de los láseres.

Para solucionar este problema se presenta la siguiente alternativa. Debido a que los láseres deben permanecer fijos en la posición donde proyectan el plano de luz rasante a la superficie, se pretende implementar en un futuro un mecanismo que sea de fácil manejo para ajustar la posición de los láseres si éstos se llegan a mover durante el traslado de la estructura, de manera que nos permita moverlos verticalmente con o sin ángulo de inclinación.

