



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO  
DEPARTAMENTO DE PREGRADO  
ESCUELA DE DISEÑO  
DISEÑO INDUSTRIAL



**Q-Dot** | DOCUMENTADOR  
IMAGER | DE PROTEÍNAS EN  
TRES CANALES

:::DI-801-4 Proyecto de Título::: Prof. Guía: Rodrigo Díaz G. / Estudiante : Ana Acuña Gallardo

**Memoria para optar al título de Diseñadora Industrial**

Estudiante: Ana Karina Acuña Gallardo  
Profesor guía: Rodrigo Díaz Gronow

Universidad de Chile  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Escuela de Pregrado  
Departamento de Diseño

Semestre de Otoño, 2013.



*«... mamá, ¿qué es estudiar? - estudiar es trabajar para aprender...» (A. Morán – M. Chaskel, 2013.)*



#### Agradecimientos.

A mi mamá por su apoyo incondicional desde que decidí estudiar diseño, gracias por soportar a esta maniática, mañosa y estresada hija. A mi abuela Rosa por estar siempre, ser mi amiga y por ser la primera en revisar mis entregas de taller durante estos años de estudio. A mi familia por el esfuerzo realizado; hicieron posible que estudiase lo que me apasiona justo donde quería. A mis amigas, que a pesar de mi ausencia siempre estuvieron ahí. A Gonzalo por el apoyo y ayuda brindada para realizar el proyecto. A todas esas personas que de cierto modo me dieron su apoyo, enviaron buenas vibras, o expresaron alguna palabra de aliento en esos momentos en que la tarea de realizar el proyecto iba cuesta arriba.

Finalmente quiero agradecer al equipo de Neon Creative Labware S.A. por la colaboración y el apoyo recibido durante este proceso.



**ÍNDICE**

	Página
RESUMEN.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11
I. CONTEXTO .....	11
II. PROBLEMA / OPORTUNIDAD DE DISEÑO.....	21
III. OBJETIVOS.....	22
 Capítulo 1: Validación de componentes.....	 23
1.1 Captura de la imagen.....	23
1.2.1 Elección del dispositivo capturador de la imagen.	
1.2.2 Disposición del capturador en el sistema.	
1.2.3 Requerimientos específicos del capturador de imagen.	
1.2 Dispositivo identificador de proteínas.....	26
1.2.1 Identificación de proteínas mediante excitación lumínica.	
1.2.2 Componentes necesarios para excitación lumínica.	
1.3 Sistema de diferenciación en la captura de las distintas proteínas .....	27
1.3.1 Sistema de cambio de filtros.	
1.3.1.1 Paleta de filtros.	
1.3.1.2 Desplazamiento de los filtros.	
1.4 Ingreso de la membrana al sistema de documentación.....	29
1.4.1 Zona de recepción de membrana.	
1.4.2 Sistema de ingreso de membrana.	
1.4.3 Modo de apertura del sistema de ingreso de membrana.	
1.5 Sistema de activación de comandos y conexiones.....	32
1.5.1 Activación cambio de filtros.	
1.5.2 Conexión al computador.	
1.5.3 Alimentación energética.	



Capítulo 2: Integración de componentes.....	35
2.1 Ubicación del captador de imágenes en el equipo.....	35
2.2 Disposición sistema de ingreso de membrana en el equipo.....	36
2.3 Disposición de la fuente de excitación en el sistema.....	36
2.4 Disposición del sistema de cambio de filtros en el documentador.....	37
2.5 Identificación de zonas para activación de comandos y conexiones.....	38
Capítulo 3: Propuesta Formal.....	40
3.1 Propuesta conceptual.....	40
3.2 Génesis formal.....	41
3.3 Propuesta de Diseño.....	44
3.4 Fabricación.....	47
3.5 Costos.....	48
CONCLUSIÓN.....	49
BIBLIOGRAFÍA.....	50
ANEXOS:	
A.1: Extracto IBM. Sobre la técnica Western Blot, visitas a laboratorios, documentación in situ y estado del arte.	
A.2: Datos de muestra, prueba de pulsador bandeja de entrada.	
A.3: Planimetrías.	

## RESUMEN

El presente escrito contiene la memoria del proyecto realizado para optar a título de Diseñador Industrial de la Universidad de Chile. El proyecto en sí consta del diseño de un sistema que permite al científico documentar proteínas en tres canales de emisión a partir sólo de una membrana.

El proyecto, desde la visión macro, es resuelto por un equipo multidisciplinar formado por estudiantes de Bioquímica, Biotecnología y Diseño Industrial, dirigidos por un profesional de la ciencia para su tesis doctoral; teniendo cada uno de los integrantes una misión específica, lo que se describe como visión micro del proyecto (proyectos individuales), con el fin de hacer de las investigaciones y desarrollos realizados, un producto que se acomode a las necesidades de los científicos que trabajan día a día con proteínas, poniendo a su disposición un sistema que permite optimizar su trabajo en términos de tiempo, insumos a utilizar y calidad de resultados.

## INTRODUCCIÓN

### I. CONTEXTO

Chile definió hace algunos años una Política Nacional para el Desarrollo de la Biotecnología que se basa en la convicción de que la biotecnología abre un mundo de oportunidades para la economía del país, para mantener y elevar la competitividad de Chile respecto a sus pares y que requiere de importantes incrementos de la innovación basada en ciencia y tecnología. En este contexto, ésta Política Nacional reconoce en la biotecnología una poderosa herramienta que hará aumentos sustantivos de productividad, calidad y sustentabilidad ambiental en la producción, permitiendo al mismo tiempo, potenciar la protección y preservación del patrimonio genético e incursionar en nuevas áreas como la biomedicina.

Chile cuenta con una pequeña pero sólida comunidad de científicos e innovadores que utilizan la biotecnología como herramienta de progreso; un núcleo emergente de pequeñas empresas de biotecnología; e instituciones públicas y un sistema regulatorio que gozan de prestigio internacional y cuentan con la confianza de la ciudadanía, lo que asegura que los riesgos sanitarios y ambientales pueden ser debidamente abordados mediante el fortalecimiento de las capacidades nacionales. A su vez, el país tiene claridad en que es preciso reforzar la formación de recursos humanos de alta calidad en biotecnología; que el esfuerzo de los investigadores debe expresarse con mayor fuerza en la patente de productos; que debe fortalecerse la coordinación de los investigadores con las empresas y sus requerimientos; y que es necesario incrementar la inversión privada en I+D biotecnológico, materializando así el enorme potencial del país en este campo.

En este marco, el país se ha planteado como propósito “impulsar el desarrollo y la aplicación de la biotecnología en Chile, especialmente en los sectores productivos basados en recursos naturales, con el fin de incrementar el bienestar y la calidad de

vida de todos los chilenos y de contribuir a la generación de riqueza en el país, velando por la protección de la salud y la sustentabilidad ambiental” (Documento “Chile, la biotecnología como herramienta para el desarrollo y el bienestar; Política Nacional para el Desarrollo de la biotecnología”, Noviembre de 2003, p.6).

“La biotecnología es una herramienta crucial para aumentar la competitividad y sustentabilidad de la economía” (Álvaro Díaz, Especialista en desarrollo e innovación y ex Subsecretario de Economía).

En Chile, las instituciones que mantienen grupos de trabajo en biotecnología incluyen 50 centros dentro de universidades, 9 entidades del sector público y 2 centros privados de investigación. Del total de 61 instituciones, 24 se localizan en la Región Metropolitana, 11 en la Región del Bío Bío, 5 en la Región del Maule y 5 en la Región de los Ríos, en tanto que el resto se distribuye en otras regiones del país.

La Región Metropolitana, si bien concentra una proporción importante de las capacidades que trabajan en biotecnología en el país, constituye un núcleo de investigación cuyo impacto irradia hacia el resto de las regiones, además de que varios de sus proyectos se realizan efectivamente en las regiones de aplicación o impacto directo.

Tradicionalmente estos grupos de investigación han trabajado en el marco de proyectos de I+D+i (Investigación + Desarrollo + Innovación) financiados con recursos principalmente nacionales provenientes de fondos públicos concursables como FONDEF, FONDECyT, Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología (PBCT) de CONICYT, INNOVA Chile (CORFO), Iniciativas Milenio (Ministerio de Planificación). A su vez, las universidades cuentan con fondos internos dependientes de sus direcciones de investigación para financiar proyectos.

Dentro del sistema de financiamiento de proyectos por parte del sector público, cabe destacar la iniciativa de consorcios tecnológicos empresariales de investigación por parte del PBCT de CONICYT e INNOVA Chile de CORFO, debido a que estos se constatan como un acercamiento significativo entre la ciencia y la empresa, donde las capacidades científicas se integran fuertemente con los requerimientos de la industria.

Dentro del trabajo realizado por los científicos en los laboratorios de investigación es posible señalar el trabajo recurrente con proteínas, específicamente con el trabajo de identificación de proteínas. Para la identificación de proteínas existen variadas técnicas, entre las que es posible mencionar: la inmunoelectroforésis, inmunoprecipitación, inmunodifusión doble de Ouchterlony, Cromatografía de exclusión, Western Blot, entre otras.

“El Western Blot es una de las técnicas de identificación de proteínas de uso más frecuente en los laboratorios por ser la de menor complejidad, la que menos tiempo demora en realizarse y la de menor costo económico sea en equipos, insumos y reactivos utilizados” (Pablo Barra, titulado de Bioquímica, 2012).

El trabajo dentro de un laboratorio de investigación se encuentra segmentado en su mayoría acorde a funciones jerárquicas. Entiéndase ésto como una organización en que un «jefe de laboratorio» dirige una investigación y diversos estudiantes «tesistas» se ocupan de dar solución a una parte de la investigación general realizando el trabajo experimental dentro del laboratorio (espacio de trabajo), por lo que el sujeto de estudio (público objetivo) serían los tesistas, quienes realizan la técnica del Western Blot directamente. Se hará mención a «científicos» como nombre genérico de los tesistas antes mencionados ya que una investigación de carácter científico requiere de la participación de diversas disciplinas para lograr los objetivos planteados. Este grupo de científicos se identifica

principalmente por el segmento etéreo al que pertenecen, inscrito principalmente entre los 25 y 30 años.

Con la finalidad de identificar una oportunidad de diseño, un equipo multidisciplinar compuesto por estudiantes de Bioquímica (Pablo Barra, Universidad de Chile), Biotecnología (Ignacio Valderrama, Universidad Andrés Bello) y Diseño Industrial (Ana Acuña, Universidad de Chile) dirigidos por un profesional de la ciencia que prepara su tesis doctoral con el presente proyecto (Matías Gutierrez, Universidad de Chile/ Universidad Andrés Bello) (ver Figura 1), observaron las etapas principales del Western Blot con el fin de localizar una etapa crítica (donde se presentan mayores problemas) de ésta técnica a fin de intervenirla y darle solución.



Fig. 1: Organización del equipo de trabajo. Fuente: elaboración propia.

Tal como se menciona anteriormente se procedió a realizar las observaciones de las etapas principales de método mencionado, obteniendo los siguientes resultados:

- Etapas principales del Western Blot (ver Figura 2):

- 1.- Preparación de la muestra.
- 2.- Electroforesis en Gel.
- 3.- Electrotransferencia.
- 4.- Documentación.

La etapa 1 trata sobre como es posible obtener una muestra a analizar, que generalmente es un lisado de proteínas (solución concentrada de proteínas obtenidas de determinado tejido).

La etapa 2 consta de la realización de una electroforesis vertical, la cual cumple la función de separar las proteínas mediante la exposición a electricidad de las mismas dentro de un gel.

En la etapa 3 se realiza una electrotransferencia, la cual permite traspasar las proteínas separadas a una membrana, también mediante el uso de la electricidad.

La etapa 4 trata básicamente sobre como obtener una imagen del resultado de la identificación de proteínas (teniéndolas separadas en una membrana) para ser analizada por los científicos.

Acorde con la observación de las distintas etapas del Western Blot, las etapas identificadas como 1,2 y 3 no presentan mayores problemas para el científico, las herramientas y/o implementos utilizados permiten la realización de estas etapas sin dificultar el trabajo del mismo en el laboratorio, no así la etapa 4 que desde su concepción presenta dificultades tales como la catidad de proteínas posibles de identificar, calidad de la imagen resultante para analizar, además del tiempo e insumos utilizados en esta etapa (para mayor detalle ver Anexo 1).

Para poder dar solución a las situaciones problemáticas generales de esta etapa del Western Blot es necesario determinar específicamente cual sería la solución de entrada

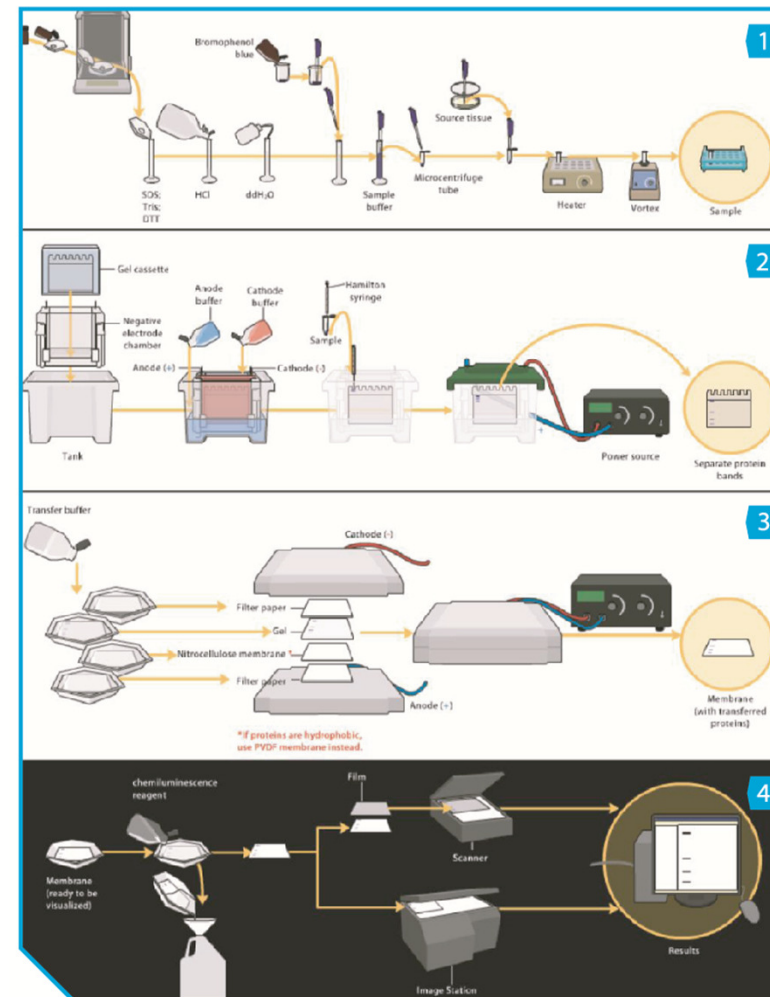


Fig. 2: Etapas de Western Blot. Fuente: A Guide to Methods in the Biomedical Sciences.

(hipótesis para los testistas del área científica), la que se enmarca directamente en temas netamente del área científica, por lo que se procederá a explicar de manera breve la solución de entrada que permitirá guiar el trabajo del equipo multidisciplinar. Como solución de entrada se propone variar el

mecanismo por el cual se identifican comúnmente las proteínas por un método que permita identificarlas sin perder calidad en la imagen final, ahorrar tiempo dando cabida a la posibilidad de identificar más de un tipo de proteína por experimento realizado y hacer llegar la información gráfica del resultado a un computador para su posterior análisis utilizando la mínima

cantidad de insumos para ello. A partir de esta solución de entrada los integrantes del equipo desarrollan avances en su área de manejo dando paso esto a definir lineamientos para el desarrollo de sus proyectos de título o tesis, según corresponde. En el siguiente diagrama se evidencia el aporte de de cada disciplina para poder realizar el proyecto general.

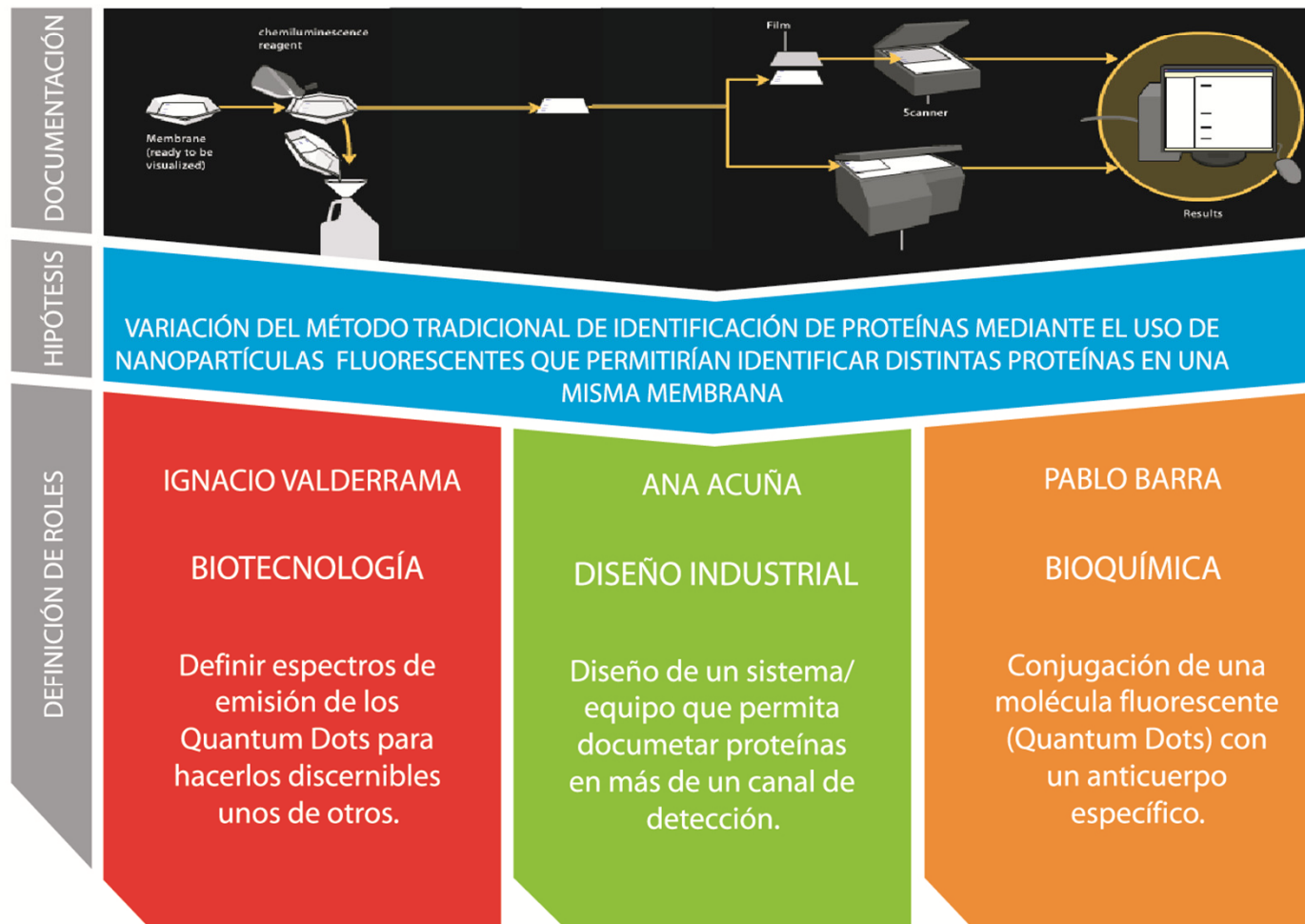


Fig. 3: Definición de roles en el proyecto. Elaboración propia con apoyo de diagrama «Etapas de Western Blot. Fuente: A Guide to Methods in the Biomedical Sciences.»

Observado desde el punto de vista de la disciplina del Diseño Industrial, ésta solución de entrada implica el trabajo directo con el científico a fin de brindar apoyo en la validación de los componentes que permiten conformar un sistema capaz de cumplir con los requerimientos dados por los resultados científicos, por lo que en este proyecto se pone énfasis en el apoyo que significa para el científico la validación de su técnica. Dicha validación fue dividida temáticamente por elementos a

resolver dentro del sistema de identificación de proteínas propuesto, siendo basada en las etapas de experimentación de los dos científicos integrantes del proyecto.

A continuación se exponen diagramas que describen las etapas de intervención del diseño industrial para la validación de la técnica desarrollada por los científicos, definiendo los requerimientos que deben ser tomados en cuenta y sentar las bases para el desarrollo del documentador de proteínas

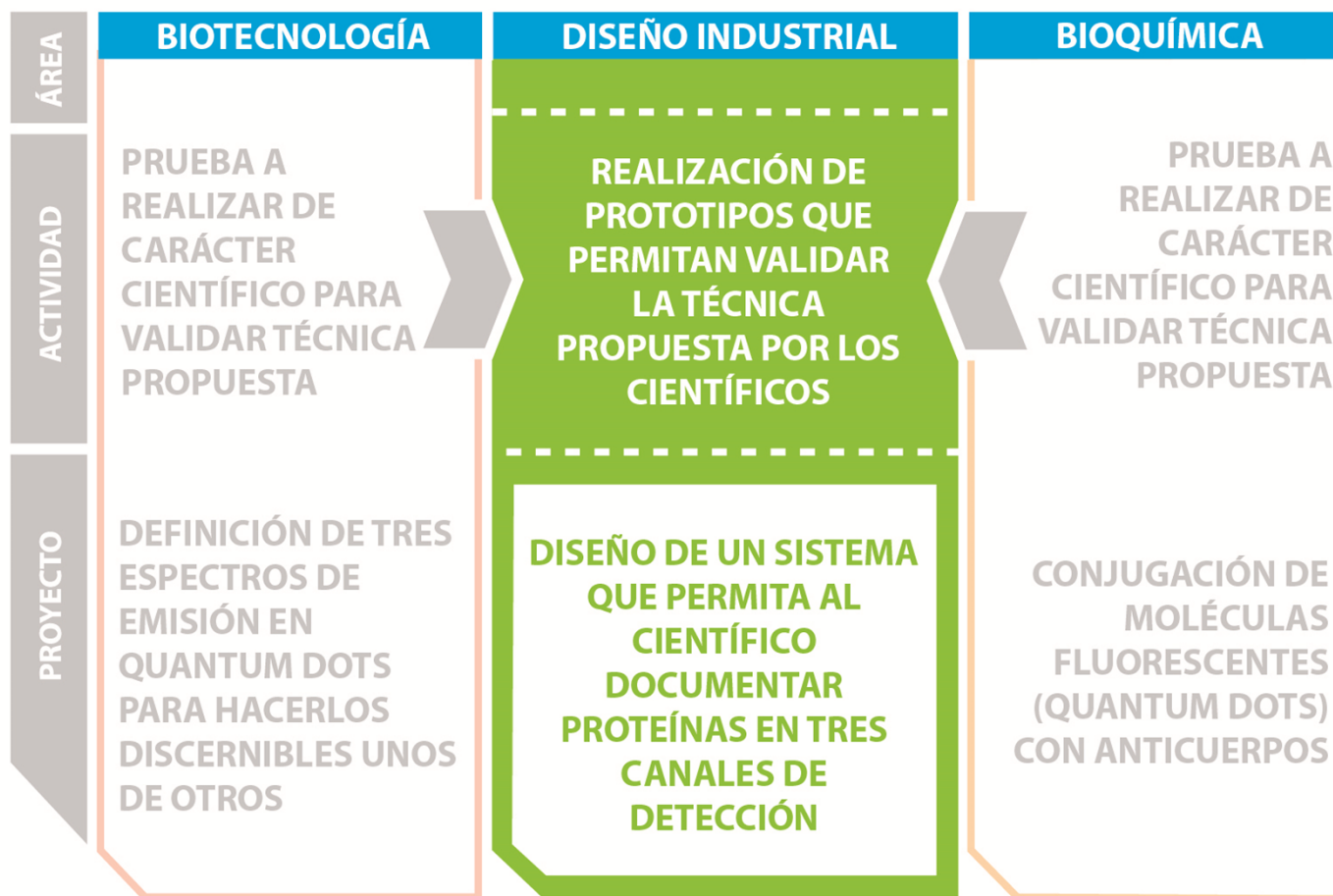


Fig. 4: Diagrama general «Intervención del diseñador industrial en la validación de la nueva técnica de documentación de proteínas». Fuente: elaboración propia.

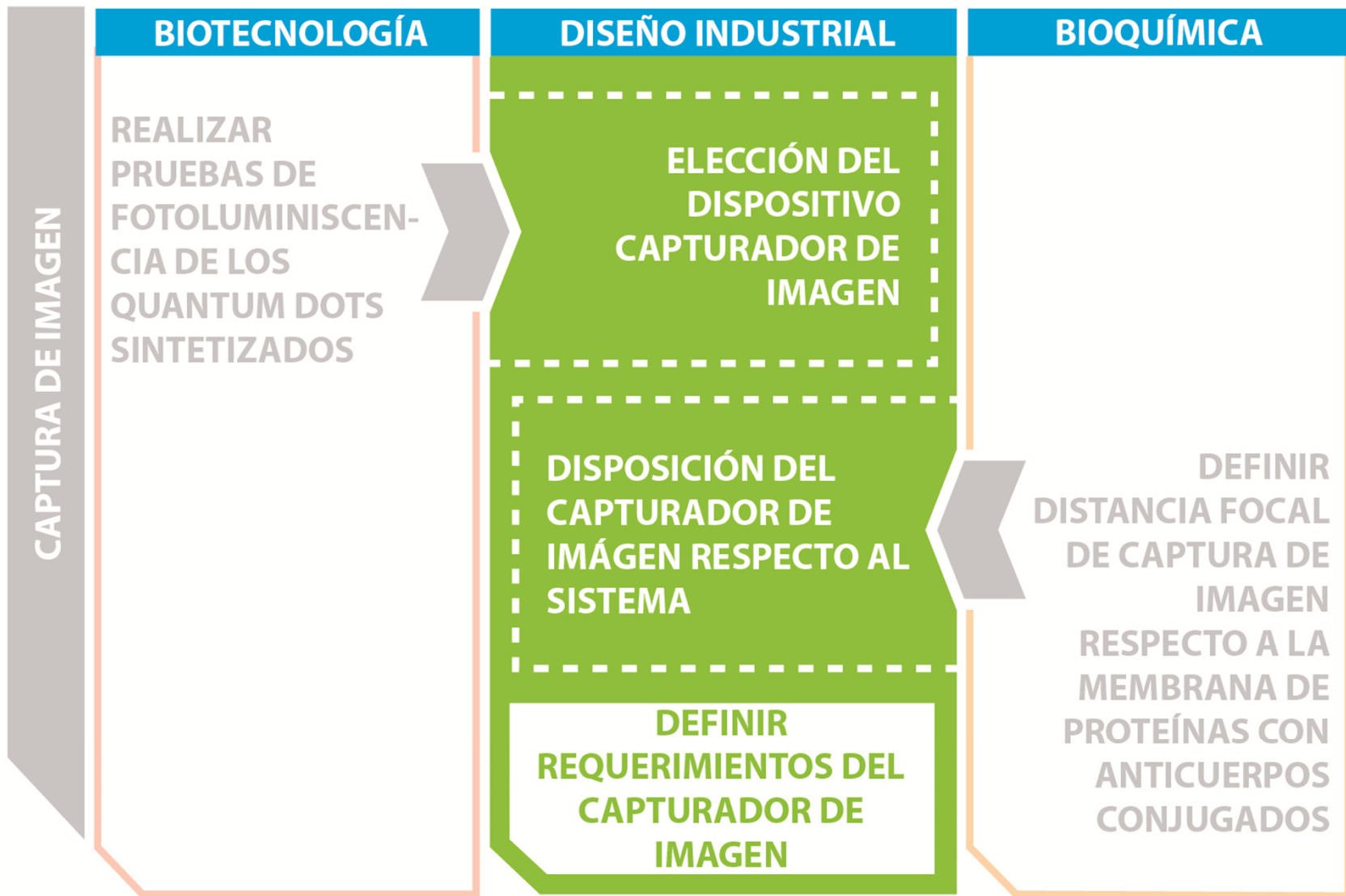


Fig. 5: Diagrama «Intervención del diseñador industrial en la validación de la nueva técnica de documentación de proteínas, captura de imagen». Fuente: elaboración propia.



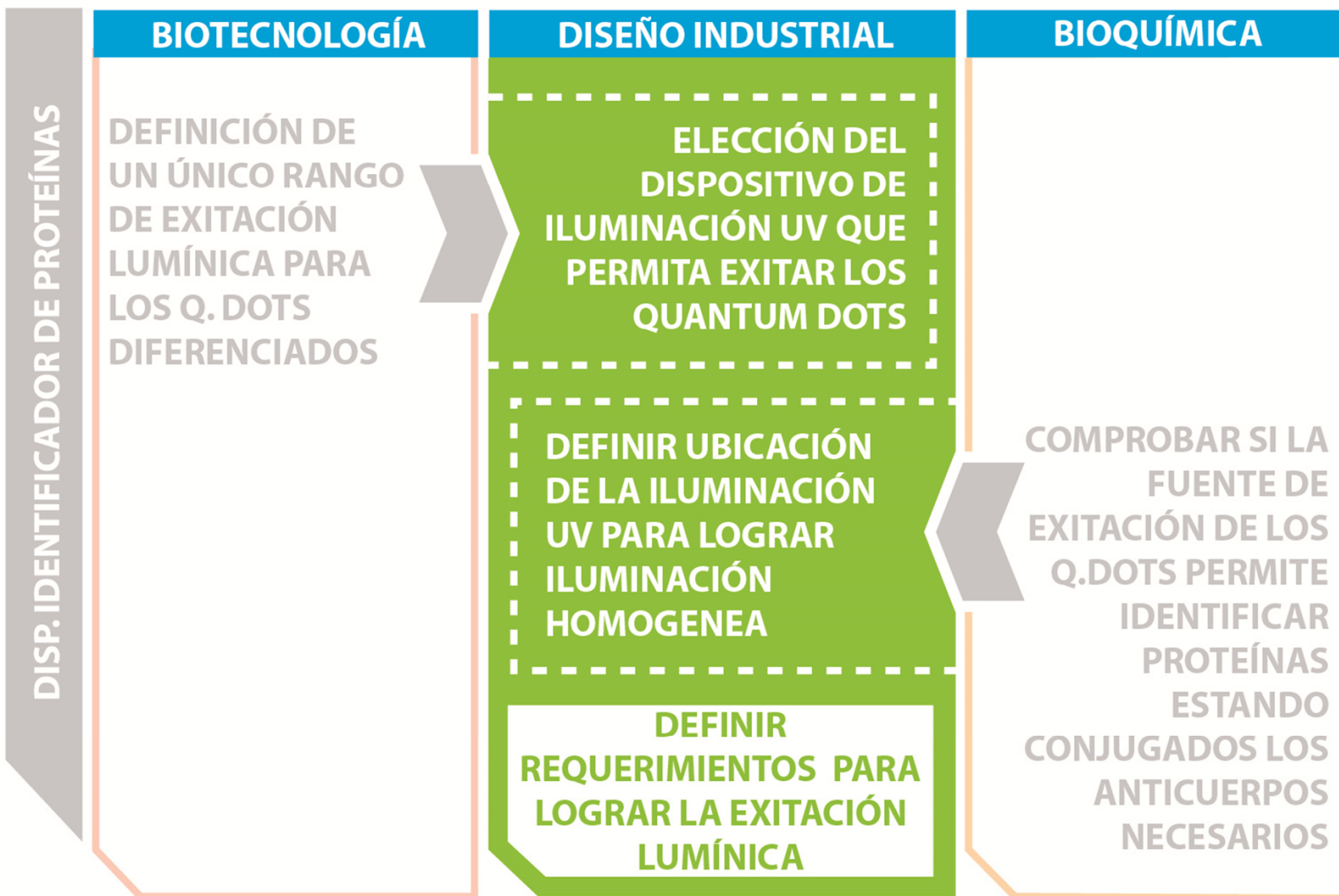


Fig. 6: Diagrama general «Intervención del diseñador industrial en la validación de la nueva técnica de documentación de proteínas, disp. Identificador de proteínas». Fuente: elaboración propia.

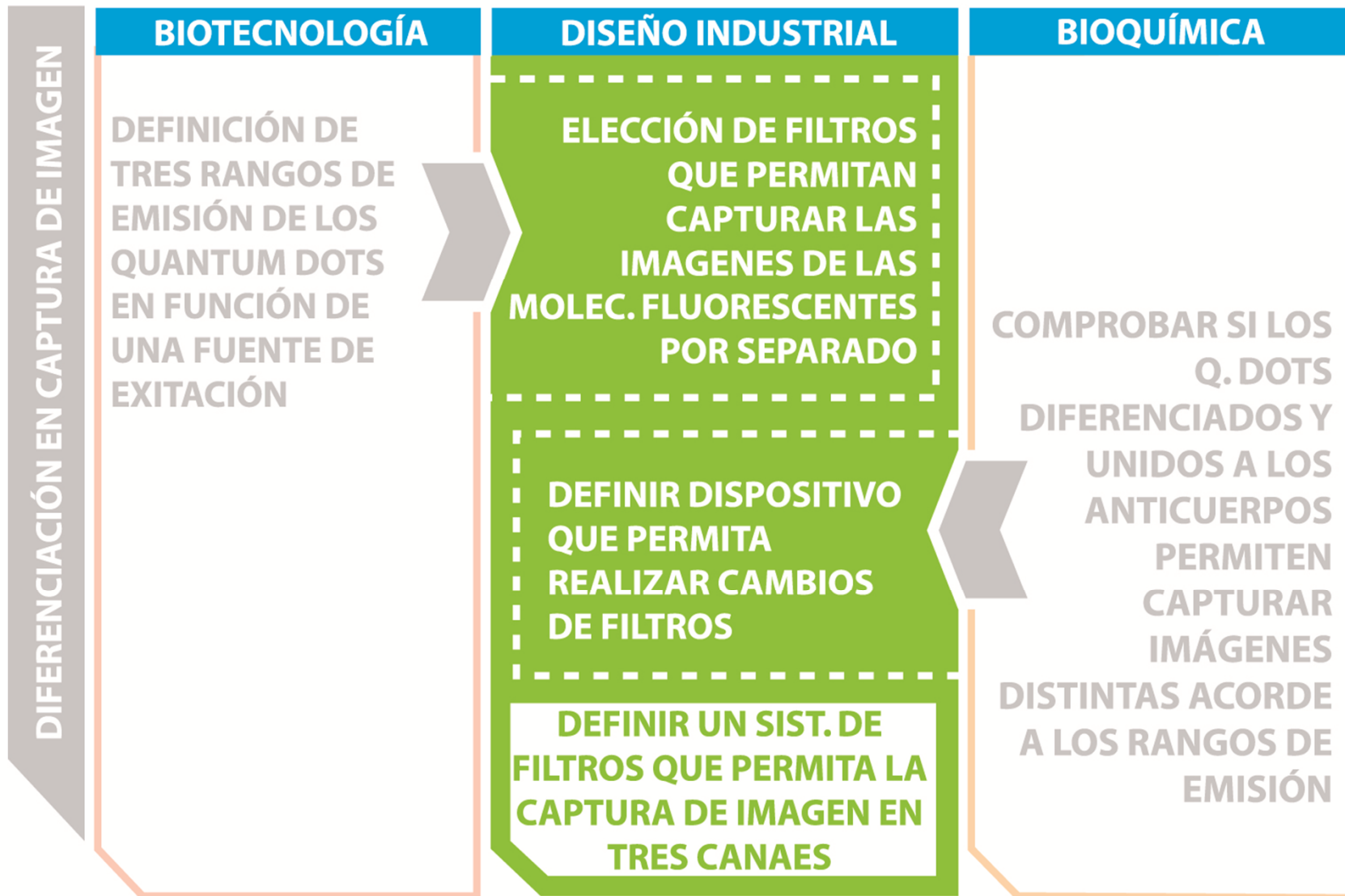


Fig. 7: Diagrama general «Intervención del diseñador industrial en la validación de la nueva técnica de documentación de proteínas, dif. en captura de imagen». Fuente: elaboración propia.

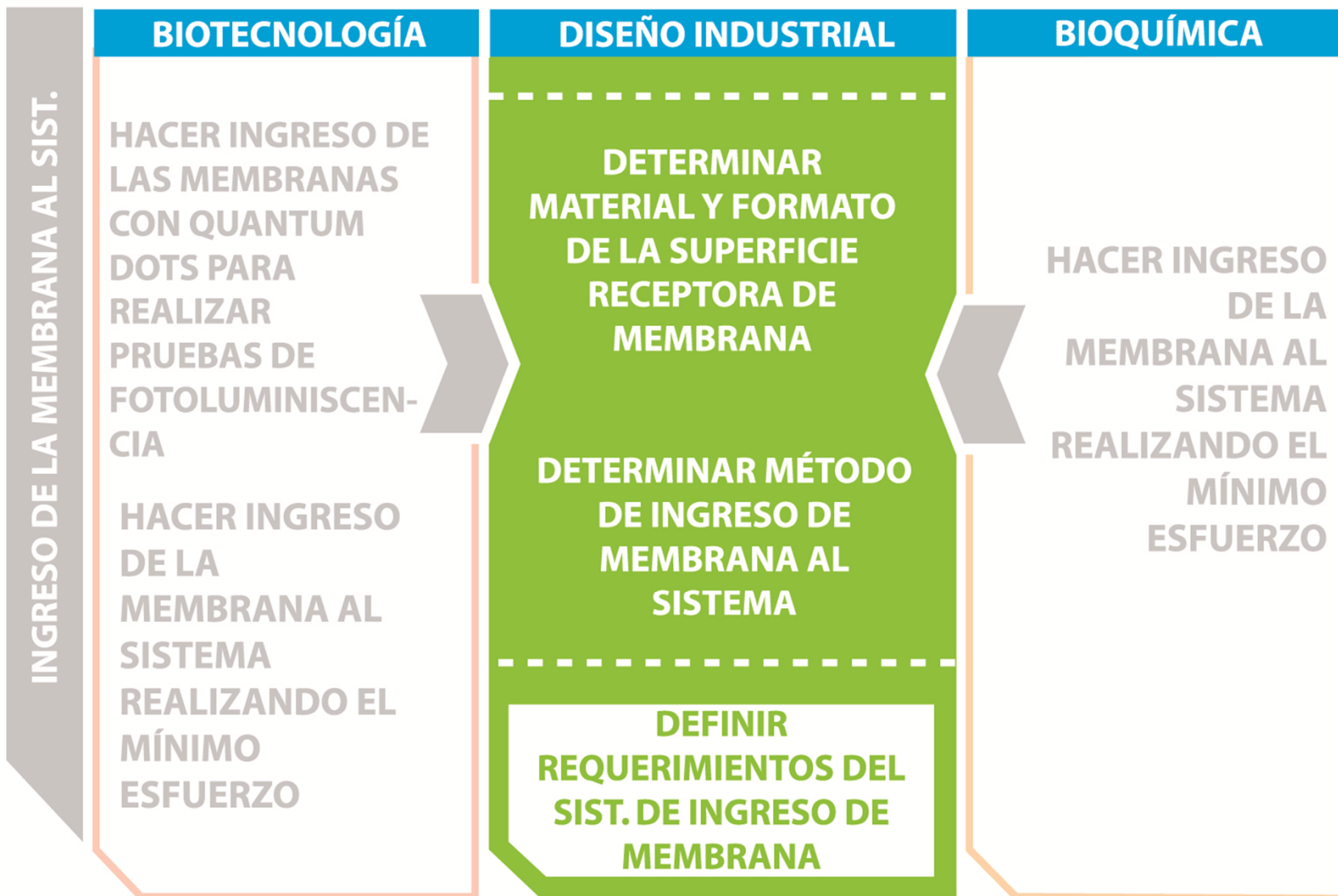


Fig. 8: Diagrama general «Intervención del diseñador industrial en la validación de la nueva técnica de documentación de proteínas, ingreso de la membrana al sistema». Fuente: elaboración propia.

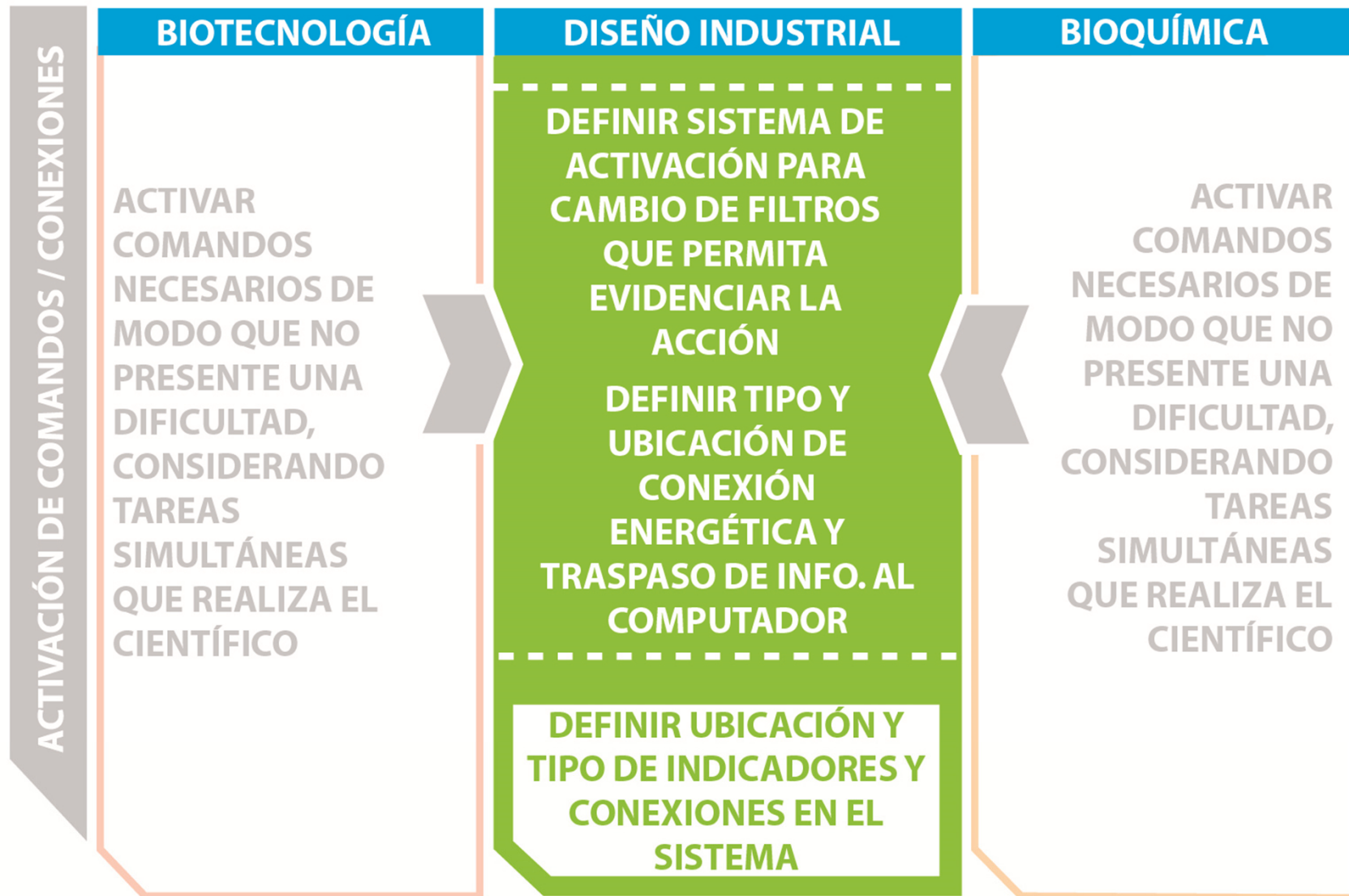


Fig. 9: Diagrama general «Intervención del diseñador industrial en la validación de la nueva técnica de documentación de proteínas, activación de comandos / conexiones». Fuente: elaboración propia.

## II. PROBLEMA

Para identificar el problema de diseño, posterior a la observación realizada (adjunta en el Anexo 1), se identificaron situaciones problemáticas a fin de esclarecer el camino respecto a la definición de un problema de diseño, sirviendo de apoyo en el desarrollo del proyecto para sentar los ejes centrales de una

posible solución de diseño: calidad de imagen, tiempo en la realización de la tarea y el esfuerzo realizado por el científico a la hora de llevar a cabo esta técnica. A continuación, en la figura 10, es posible observar el problema de diseño y los ejes de en que se encuentra inmersa la problemática acorde las situaciones problemáticas.

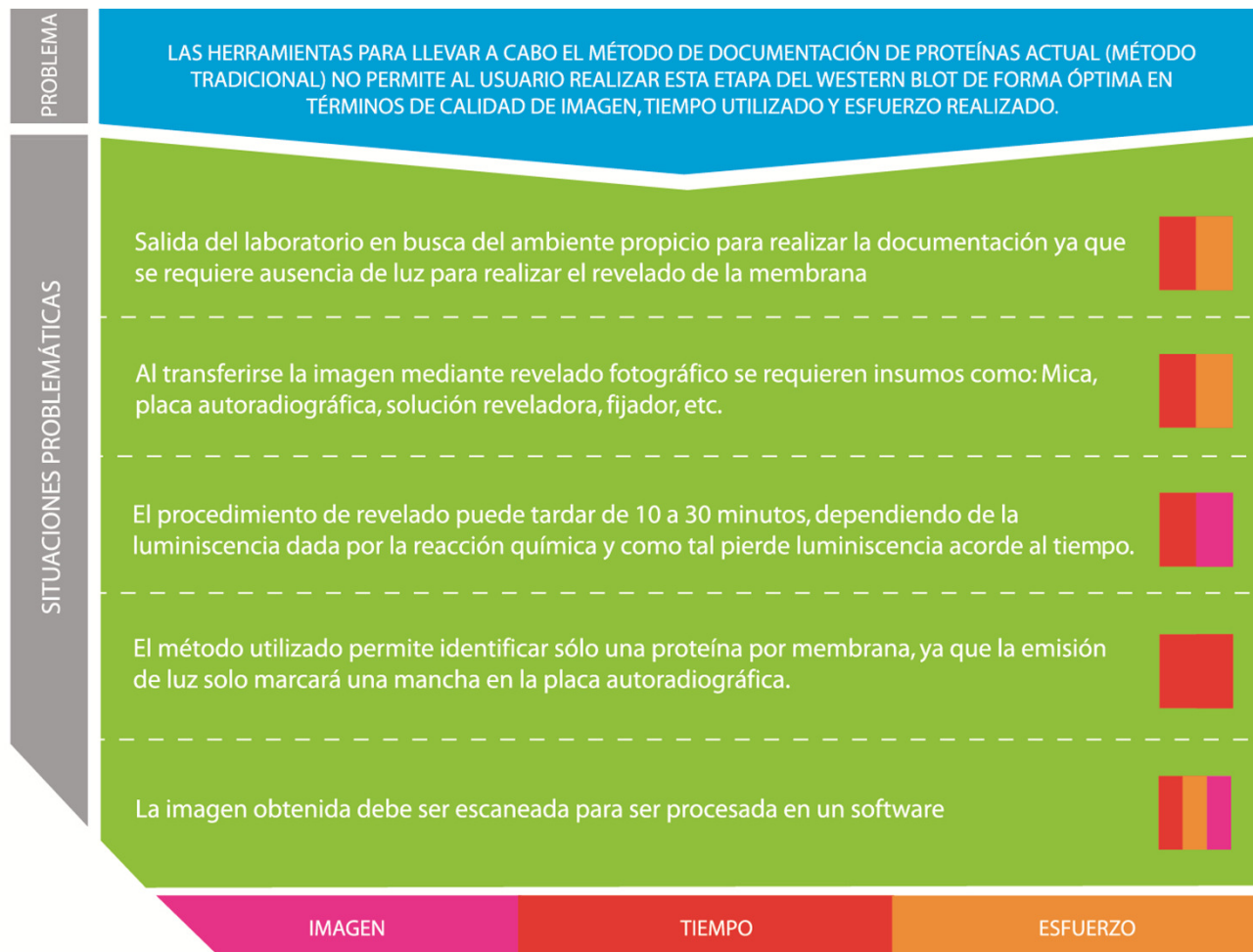


Fig 10: Diagrama «Problema y situaciones problemáticas» Fuente: elaboración propia.

### III. OBJETIVOS

#### Objetivo General

Diseñar de un sistema que permita a los científicos (usuarios) documentar proteínas de modo tal que les permita optimizar el proceso de documentación en términos de tiempo, calidad de imagen y esfuerzo realizado en la práctica de la técnica.

#### Objetivos Específicos

Objetivo n°1: Brindar apoyo a los científicos pertenecientes al equipo de trabajo proporcionándoles prototipos que les permitan realizar ensayos científicos a fin de validar la técnica de identificación de proteínas desarrollada por ellos.

Objetivo n°2: Desarrollar un sistema que permita al usuario (científico) fotodocumentar más de una proteína por membrana, en función de los espectros de emisión de cada partícula fotoluminiscente determinada (quantum dot), aumentando los canales de detección de proteínas de uno (como es posible de hacer con la técnica tradicional de documentación) a tres canales.

Objetivo n°3: Realizar el diseño de un documentador de proteínas que permita al usuario obtener un resultado gráfico de la identificación de modo tal que no represente un proceso tedioso de realizar en términos de tiempo y esfuerzo requerido para llevar a cabo la documentación de las proteínas.

## CAPÍTULO 1. VALIDACIÓN DE COMPONENTES

Tal como se mencionó anteriormente en el proyecto general se torna relevante el hecho de validar una técnica nueva, para ello se ha dispuesto de temáticas o ítems a solucionar por medio de pruebas que requieren del diseño de prototipos que permitan al científico realizar experimentos para el desarrollo y validación de la técnica propuesta por ellos

### 1.1 Captura de la imagen

Como solución a la digitalización manual de la imagen (uso de scanner) se propone el uso de una cámara de carácter digital a fin de capturar la imagen directamente de la membrana, dando paso a la disminución de tiempo y esfuerzo realizado en el revelado manual, por otro lado ya no sería necesaria la digitalización de la imagen ya que desde su origen ya lo, es por tanto no se presentarían pérdidas de calidad en la imagen.

#### 1.1.1 Elección del dispositivo capturador de la imagen.

Para realizar la elección del capturador de imagen es necesario tener en cuenta qué es lo que se quiere capturar, en este caso la imagen que se desea tener proviene de una membrana que contiene proteínas que emiten fotoluminiscencia, por lo que una cámara digital convencional no serviría para ese propósito ya que la luminiscencia saturaría la captura, para esto es necesario contar con una cámara que permita capturar fotoluminiscencia y a la vez debe capturar imágenes de alta calidad y mayor detalle que las convencionales, por lo que se optó por elegir una cámara CCD. Esta sigla significa «dispositivo de carga acoplada», que es un tipo de chip fotosensible semejante a los que se utilizan en las cámaras de video domésticas que en lugar de imágenes en movimiento estas registran exposiciones durante las cuales la luz incide sobre una serie de píxeles dispuestos en forma de cuadrícula sobre un chip. Al final de la exposición, cada píxel lee el voltaje que corresponde a la cantidad de luz que ha recibido.

Estas cifras se digitalizan, es decir, se convierten en números binarios: ceros y unos, que se envían a la computadora que muestra la imagen en la pantalla, pudiendo capturar fielmente la fotoluminiscencia proveniente de la membrana con proteínas.

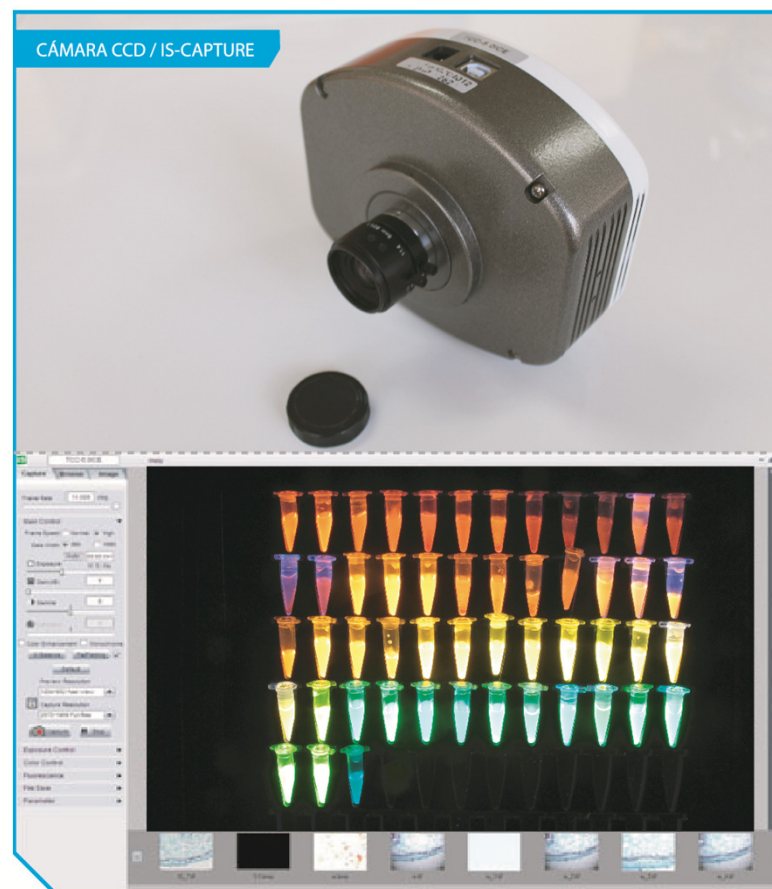


Fig 11: Cámara CCD + software de manejo. Fuente: captura propia.

Este tipo de cámaras se controla mediante un software específico, en el que se pueden regular de manera sencilla parámetros como tiempo de exposición, brillo, contraste, etc.

### 1.1.2 Disposición del captador en el sistema

Para disponer la cámara en un sistema que capture membranas con proteínas capaces de fluorescer es necesario tener en cuenta el tamaño de dicha membrana a fin de posicionar la cámara a una determinada distancia respecto al plano que acogerá la membrana, el tamaño de esta es de 50 x 80 mm, tomando en cuenta esa información la distancia entre el plano y la cámara debiese ser de 100 mm, pero se debe tomar en cuenta la distancia mínima focal de la cámara, la cual es de 280 mm desde el lente hasta el plano que se desea fotografiar, por lo que la altura del documentador en este caso guardará directa relación con la distancia mínima focal para así poder obtener una imagen nítida y de calidad.

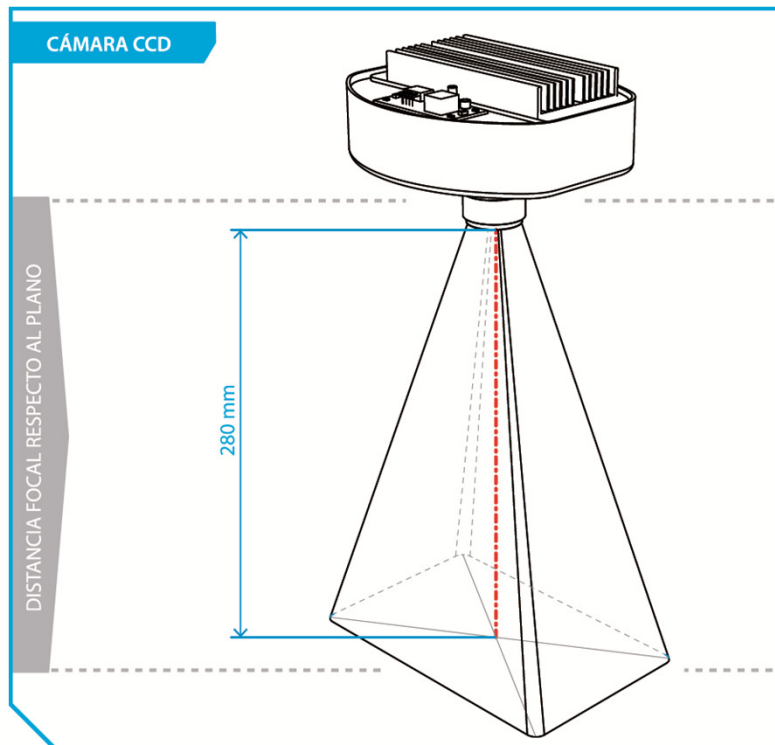


Fig 12: Distancia Focal. Fuente: elaboración propia.

### 1.1.3 Requerimientos específicos del captador de imagen

Internamente la CCD genera ruido térmico y ruido a causa de la operación de sus componentes electrónicos. Para eliminar estas fuentes de ruido se debe enfriar los componentes. Unos pocos segundos de temperatura en que se sobrepase el rango entre 20 y 25 °C son suficientes para llenar los píxeles de ruido térmico. Es imprescindible enfriar la CCD para obtener mejor calidad en las imágenes, sobre todo cuando se requiere un mayor tiempo de exposición.

Para lo anterior se propone un sistema de ventilación compuesto de dos ventiladores que harían circular el aire en una dirección a fin de mantener la cámara a la temperatura correcta de funcionamiento.

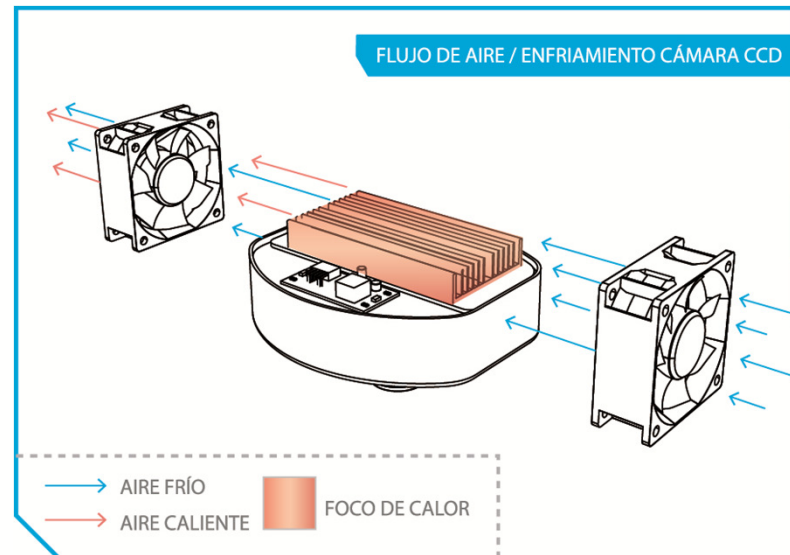


Fig 13: Sistema de ventilación- enfriamiento. Fuente: elaboración propia.

Para ello se es necesaria la generación de tomas de aire con que constará el sistema de modo tal que permitan desplazar el mayor volumen de aire desplazado, teniendo que cumplir estas con poseer el área suficiente para que esto suceda, además de no permitir la fácil visualización del contenido del sistema que posee



los componentes internos. Se realizaron prototipos de tomas de aire, en donde primaba el área por sobre la forma de la misma, además de evidenciar el grado de visualización que pueden tener para evitar la visión de la parte interna. Luego de realizar

distintas propuestas de forma se procedió a calcular el área que permite el paso del aire en cada prueba, dando paso a la elección de la toma de aire que permitiera pasar el mayor porcentaje de aire respecto al área total utilizada al realizar los orificios.

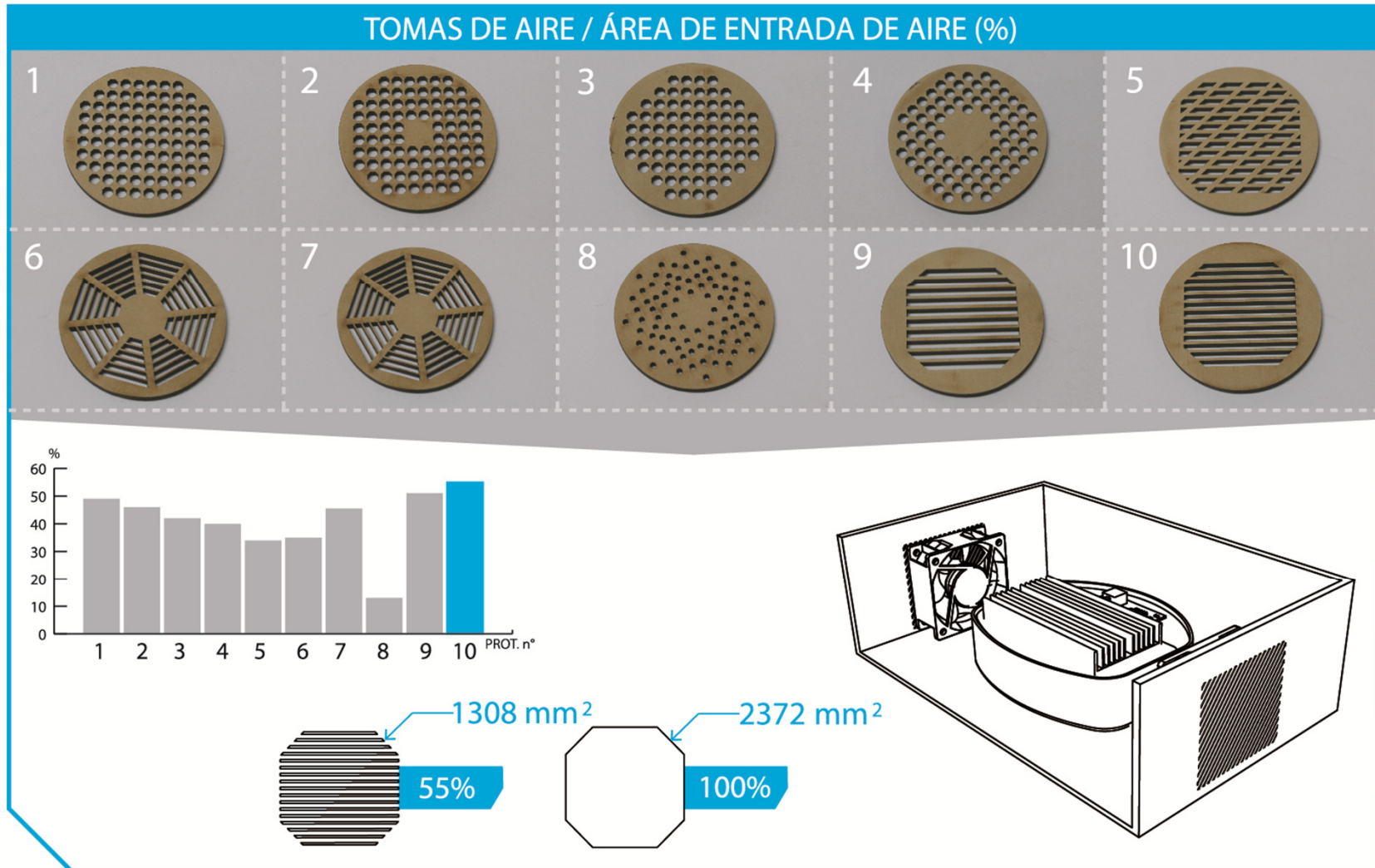


Fig 14: Tomas de aire. Fuente: captura y elaboración propia.

### 1.2 Dispositivo identificador de proteínas

Para poder identificar las proteínas es necesario provocar una excitación en las moléculas capaces de fluorescer que se encuentran acopladas a las proteínas, para que esto ocurra se debe exponerlas a una iluminación al que la longitud de onda que esta emita permita excitar estas moléculas haciéndolas visibles.

#### 1.2.1 Identificación de proteínas mediante excitación lumínica.

Los científicos que forman parte del proyecto procedieron a determinar una única longitud de onda que permitiera obtener rangos distintos de emisión de las moléculas fluorescentes, gracias a las pruebas científicas realizadas se determinó que para obtener fluorescencia en distintos colores, para dar paso a la identificación de proteínas mediante canales verde, rojo y amarillo, era necesario un rango de excitación de 300 nanómetros, espectro de emisión que corresponde a luz ultravioleta, específicamente a UV-B

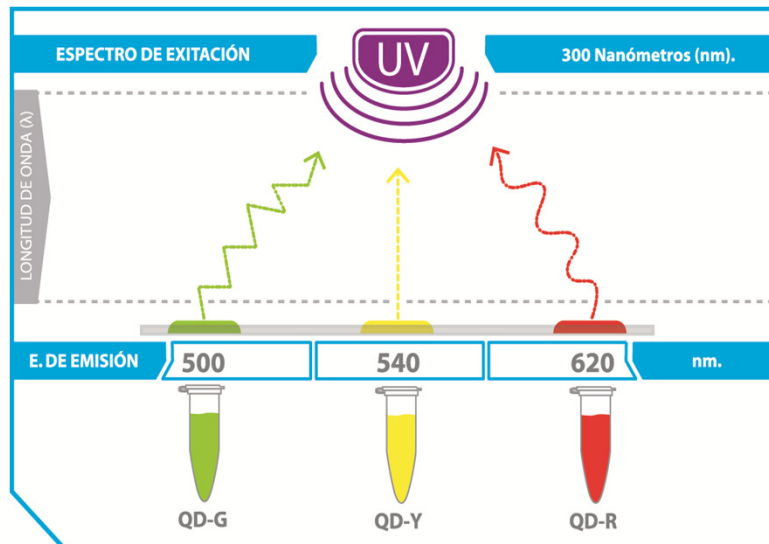


Fig. 15: Diagrama «Espectros de excitación y emisión de partículas fluorescentes». Fuente: Elaboración propia

#### 1.2.2 Componentes necesarios para excitación lumínica

Para poder incorporar iluminación al sistema de documentación es necesario tener en cuenta los formatos en que es posible encontrar lámparas, LEDs u otro dispositivo de iluminación que cumpla con los requerimientos del sistema total, por lo que después de una intensa búsqueda de componentes se llegó a la conclusión de que la lámpara idónea para este fin era una utilizada para terapia dérmica UV-B, la cual además de cumplir con el espectro de emisión necesario tiene la particularidad de otorgar una iluminación homogénea a la superficie que se desea iluminar, dando paso así a una iluminación pareja de las partículas fluorescentes, impidiendo que estas emitan fluorescencia con baja intensidad.

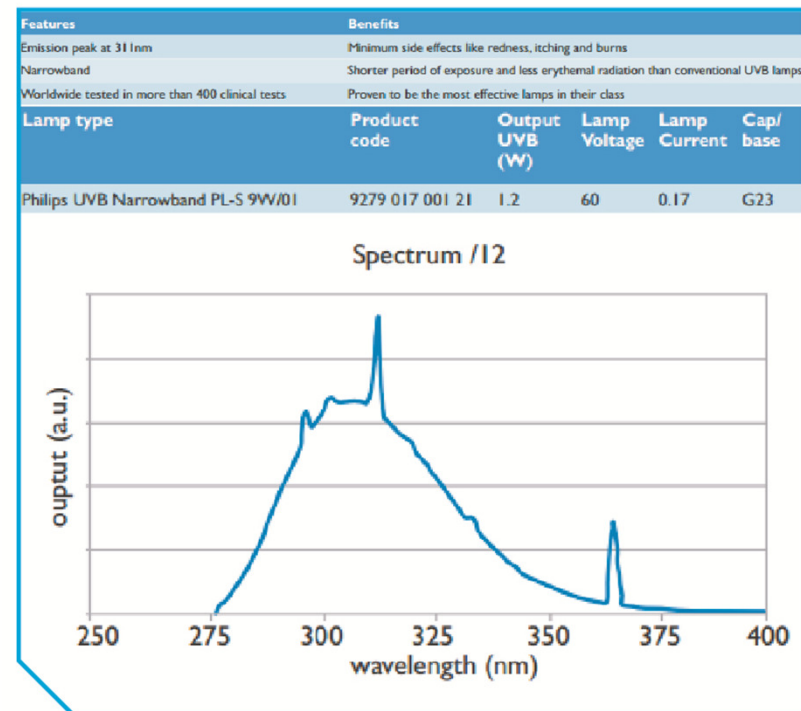


Fig 16: Información técnica y espectro de emisión lámpara UV-B. Fuente: Philips lamps phototherapy treatment.

Las características técnicas de esta lámpara guardan relación con los accesorios que necesita para su funcionamiento, ya que consume 9W, siendo una baja potencia acorde a la capacidad del suministro eléctrico, por lo que para su funcionamiento es necesario el uso de un ballast que permite su que esta funcione al estar conectada a la red eléctrica. Otra particularidad de esta lámpara es la base que posee para ser conectada al ballast, que corresponde a un dispositivo G-23, cuya conexión hembra es posible de encontrarla tanto separada como incorporada al ballast.

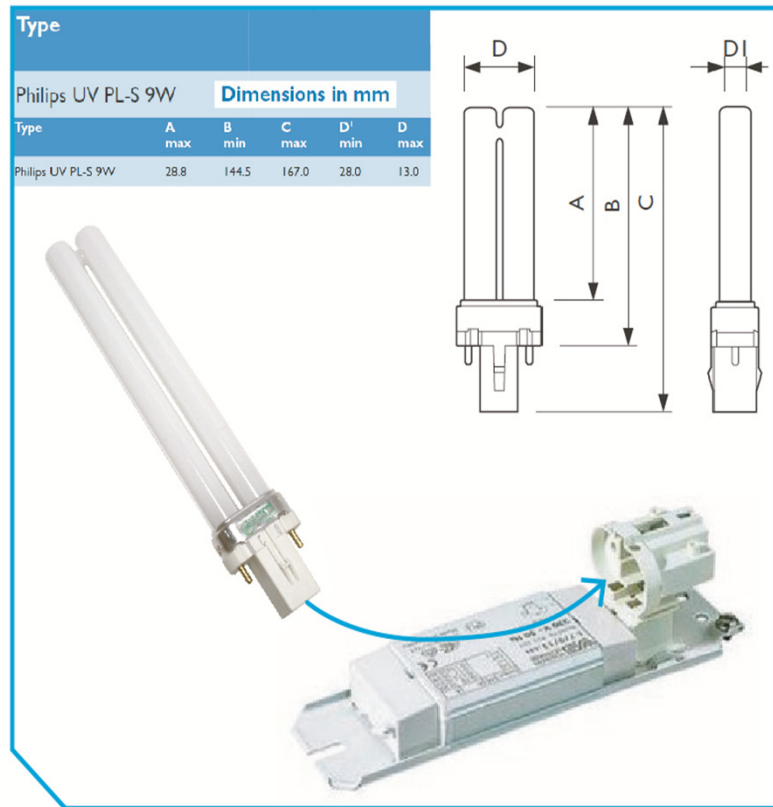


Fig 17: Datos lámpara UV-B con base G23 . Fuente: Philips lamps phototherapy treatment.

1.3 Sistema de diferenciación en la captura de las distintas proteínas.

Para diferenciar las proteínas en la membrana es necesario utilizar un dispositivo que permita a la cámara captar distintamente cada proteína para su posterior análisis, es decir, el dispositivo a utilizar debe permitir la captura de una sola proteína por imagen tomada, para ello es necesario que permita filtrar los distintos espectros de emisión de las partículas fluorescentes, dejando pasar sólo un tipo de longitud de onda, que es la correspondiente a cada color de emisión.

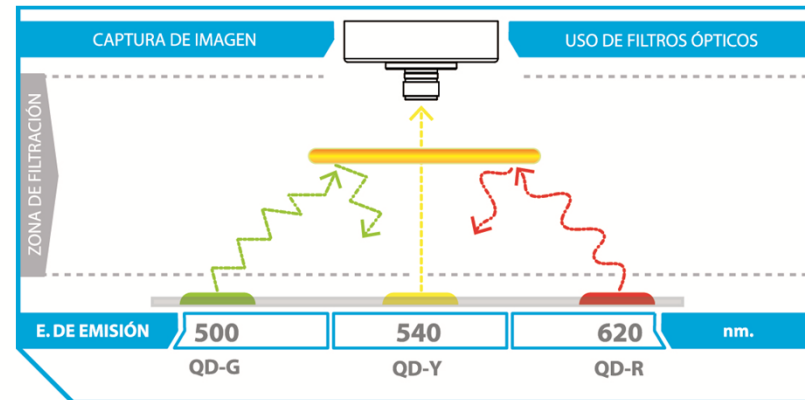


Fig 18: Diagrama «Captura de imagen con filtro óptico». Fuente: elaboración propia.

Para capturar la imagen de tres proteínas en una misma membrana es necesario el uso de tres tipos de filtro distintos, cada uno con la propiedad de filtrar a la longitud de onda correspondiente a cada fluorescencia.

### 1.3.1 Sistema de cambio de filtros

Para capturar las imágenes es necesario el diseño de un sistema que permita cambiar los filtros acorde a la proteína que se desea identificar, para ello se deben definir un sistema de paleta de filtros, la que permite alojar los filtros a cambiar según la imagen que se desea capturar y un sistema de desplazamiento de filtros, que permita realizar el cambio del filtro a utilizar.

### 1.3.1.1 Paleta de filtros

Para el diseño de la paleta de filtros es necesario tomar en cuenta tres espacios en los que se alojarán los filtros, adicionalmente se dejará un espacio de alojamiento libre, que será utilizado para dar paso a los científicos a documentar digitalmente (capturar la imagen con la cámara del sistema) las membranas obtenidas a través de la técnica tradicional de documentado cuando el científico lo estime conveniente. Para el diseño de esta paleta es necesario considerar un espacio que servirá de eje para el posterior desplazamiento de la misma.

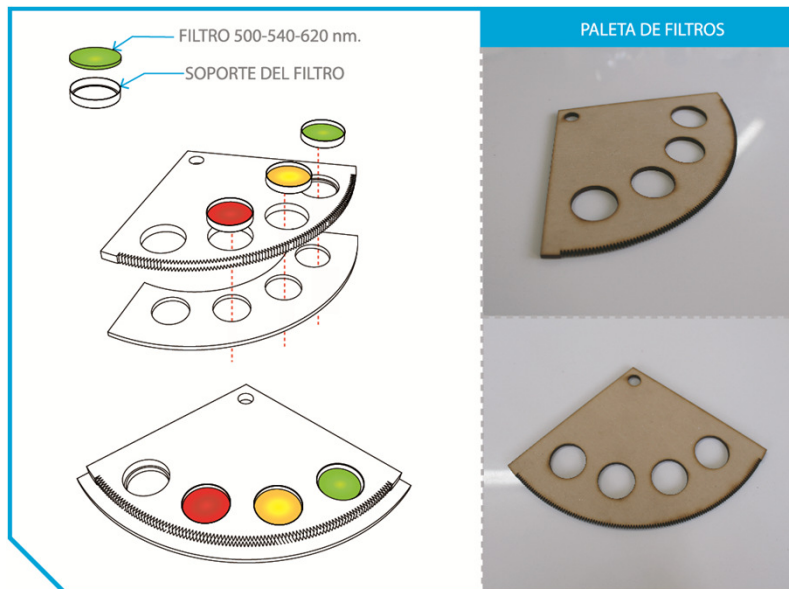


Fig 19: Diagrama «Paleta de filtros». Fuente: elaboración propia.

### 1.3.1.2 Desplazamiento de los filtros

Con la finalidad de poder cambiar los filtros de lugar (hacia el lente para capturar la imagen correspondiente) es necesario el diseño de un sistema que permita el desplazamiento de los filtros a un determinado punto o lugar, para ello se propone un sistema rotatorio de filtros controlados por un motor que se active

mediante pulsadores. El objetivo de la rotación de los filtros es poder desplazarlos utilizando el menor espacio posible, lo que se da con el movimiento rotatorio, dando paso a la disminución de los tamaños de los componentes internos del sistema total, de este modo es posible disminuir al máximo posible el tamaño del producto final, lo que recae en la huella que ocupará el equipo en el laboratorio (espacio utilizado por el equipo en los mesones de trabajo).

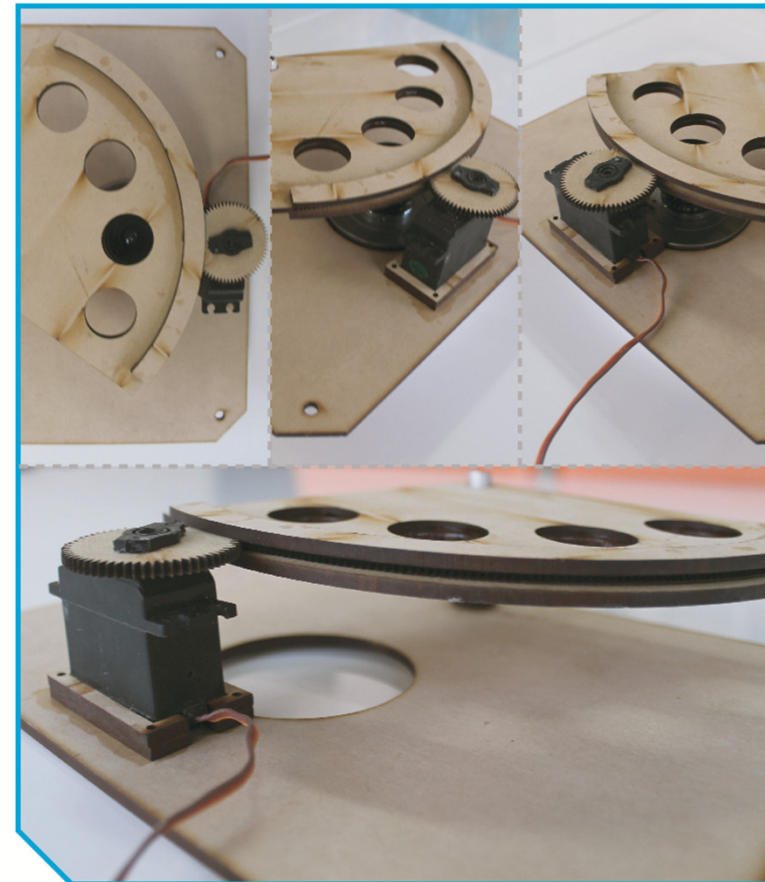


Fig 20: Rotación de filtros. Fuente: captura propia.

Para lograr el movimiento rotatorio se propuso el uso de un servomotor para las pruebas de cambio de filtro ya que este permitiría la rotación de la paleta de filtros en ambas direcciones (rotación positiva y negativa). Este tipo de motor hace uso de la modulación por ancho de pulso para controlar su dirección y posición, esto dado por la programación de una aplicación que permita enviar la información a un microcontrolador, el cual será el encargado de entregar la información al servo para realizar un movimiento determinado, de este modo es posible cambiar los filtros mediante dos comandos que dirigirían los filtros en posición de derecha a izquierda y viceversa.

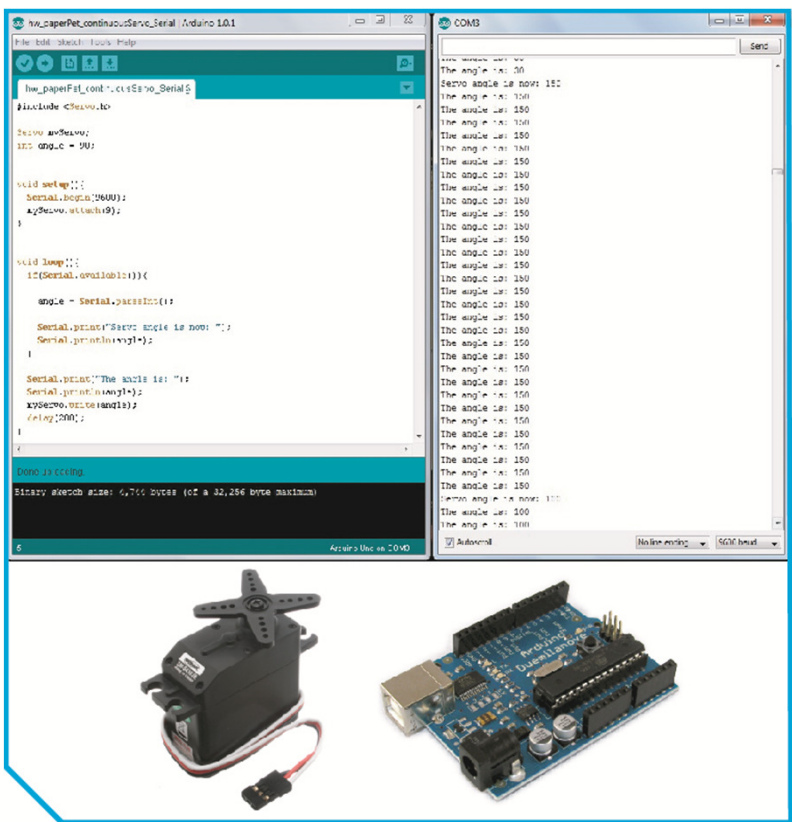


Fig 21: Uso de un servomotor controlado por Arduino. Fuente: captura propia.

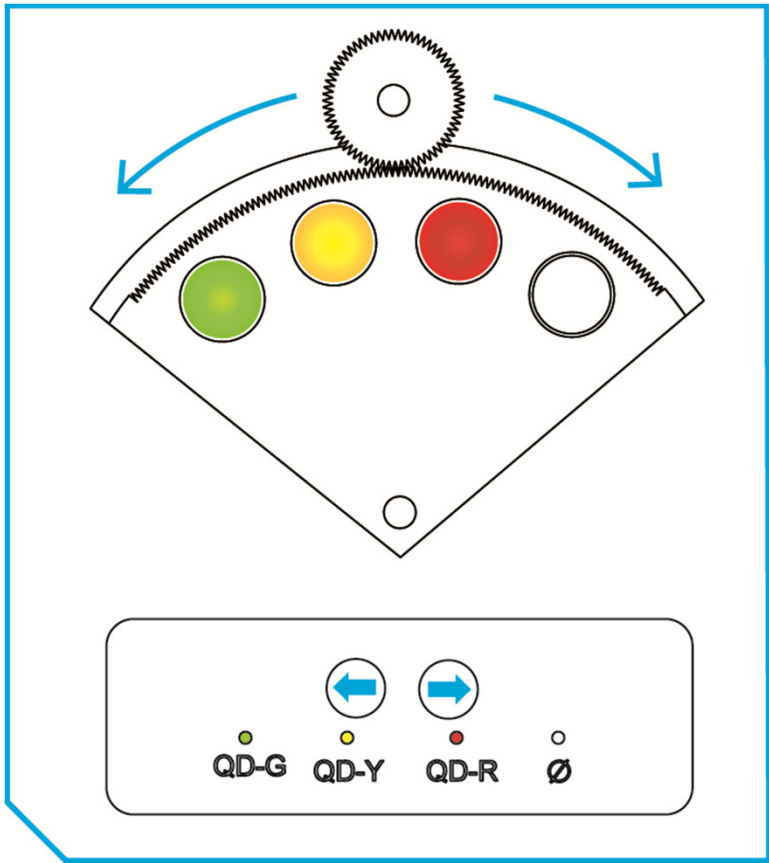


Fig 22: Sistema de cambio de filtros. Fuente: elaboración propia.

**1.4 Ingreso de la membrana al sistema de documentación**  
 Para poder obtener la imagen de las proteínas es necesario tener un sistema que permita al usuario / científico hacer ingreso de la membrana que contiene las proteínas hacia el sistema de documentación. Para definir este sistema se tomaron en cuenta tres puntos claves: la zona de recepción de membrana, el sistema de ingreso de membrana y el modo de apertura/cerrado del sistema que permitirá hacer ingreso de la membrana.

#### 1.4.1 Zona de recepción de membrana

La zona de recepción de membrana se refiere al espacio a utilizar para posar, poner o dejar la membrana que contiene las proteínas, esta zona debe cumplir con ciertos requerimientos entre los que se encuentran el área de la superficie, el material de la superficie y la forma de la misma.

Respecto a tamaño, es decir el área de la superficie, esta debe permitir alojar en ella una membrana rectangular de 80 x 50 mm tomando en cuenta un margen de error en espacio ya que se dificultaría la tarea de posar la membrana en la misma área que utiliza la membrana, es por eso que se considera un margen de error de 50 mm por eje (en X e Y), dejando un margen de 20 mm alrededor de la membrana, tomando en cuenta que es posible realizar la captura de la imagen sin problemas en una superficie rectangular con un área de 120 x 90 mm.

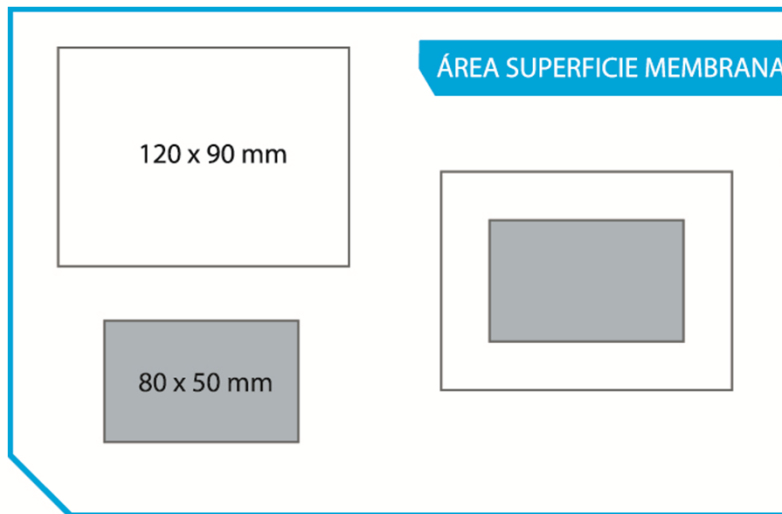


Fig 23: Diagrama «Área y forma de la superficie de recepción de membrana». Fuente: elaboración propia.

Respecto al material de la superficie receptora de la membrana es necesario tomar en cuenta dos requerimientos básicos del material de la superficie, como lo son el acabado y la textura del

material. El acabado del material debe no presentar brillo, ya que al emitir fluorescencia las proteínas puede intervenir la imagen de las mismas al existir un posible reflejo provocado por la superficie que aloja la membrana, interfiriendo la imagen final y dando como resultado una captura no fidedigna del resultado, por otra parte la textura el material debe ser una tal que no posea porosidad, ya que la luz proveniente tanto de la fluorescencia como de la lámpara UV podría reflejarse en los poros interfiriendo la imagen final, finalmente es necesario que la superficie sea resistente al agua, ya que comúnmente las membranas se ingresan mojadas al sistema por lo que la superficie no debe sufrir deterioro con la humedad, la superficie debe ser lavable y de fácil secado ya que permanecerá en un sistema cerrado en el que eventualmente podría formar hongos en caso de permanecer la humedad constantemente. Para probar el efecto anterior se procedió a realizar pruebas de material fotografiando una fuente de fluorescencia sobre un material determinado.

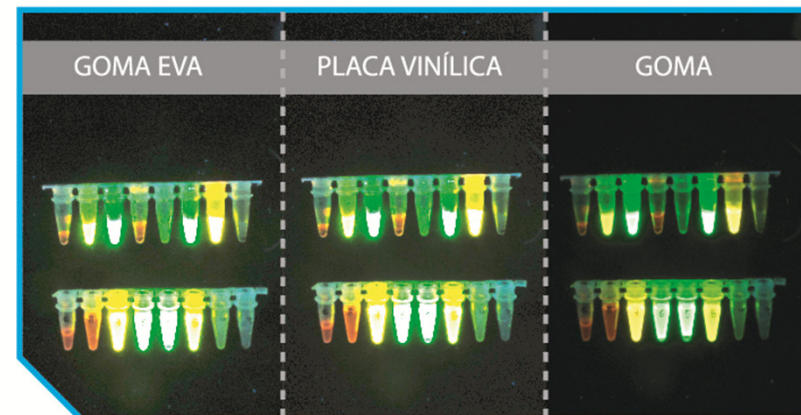


Fig 24: Pruebas de superficie-material. Fuente: elaboración propia.

Tal como se muestra en la imagen anterior es posible decir que la goma es el material que cumple de mejor forma con los requerimientos, si bien se refleja cierto grado de luminiscencia

en el material esta se hace insignificante a la hora de capturar la imagen, ya que la fluorescencia permanece dentro de la membrana, por lo que el grado de reflejo que posee este tipo de superficie no es suficiente como para interferir en la imagen a capturar.

#### 1.4.2 Sistema de ingreso de membrana.

Teniendo la superficie que debe alojar la membrana es necesario el diseño de un sistema que permita ingresar esta superficie con la membrana dentro al sistema total para realizar la captura, para ello se planteó el método de ingreso por una bandeja deslizable a modo de cajón la cual permite el ingreso de la membrana al sistema sin interferencias, es decir esta bandeja se

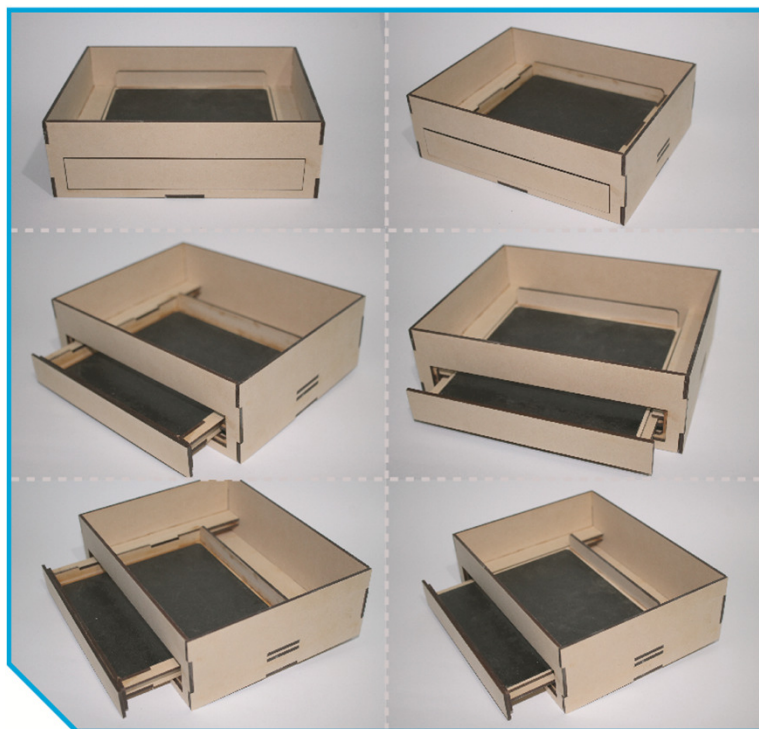


Fig 25: Propuestas de bandeja de ingreso de membrana. Fuente: captura propia.

desliza por un riel exponiendo la superficie que debe contener la membrana al exterior para luego ser devuelta al interior y así poder capturar la imagen. Para lo anterior se dispusieron dos prototipos que fueron evaluados por los científicos del proyecto a fin de visualizar si se cumplía con los requerimientos de uso con una de las dos propuestas.

Tal como se aprecia en la imagen anterior la variación entre las bandejas deslizables es que una posee un espacio interno para contener y alojar la membrana y la otra es solo una superficie lisa sin bordes delimitantes. En la prueba de uso de ambos prototipos se pudo constatar que no es necesario de que a bandeja posea una cavidad para alojar la membrana ya que los bordes de la misma entorpecen el acto de dejar la membrana en la superficie, en cambio la superficie lisa sin límites en los bordes permite al usuario/científico posar la membrana sin topar con la mano la superficie, facilitando de este modo la operación.

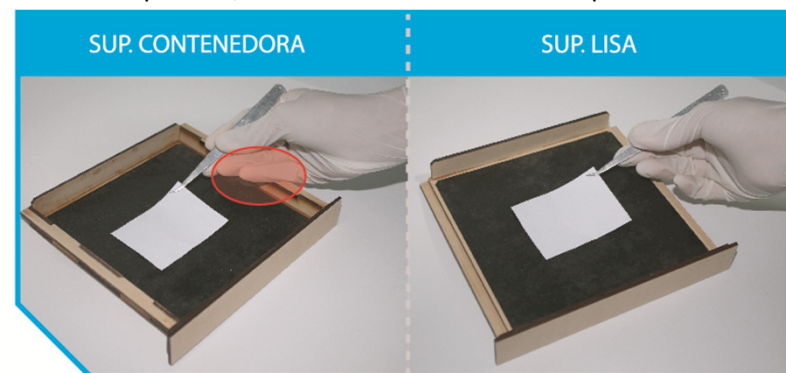


Fig 26: Ingreso de membrana al sistema. Fuente: captura propia.

#### 1.4.3 Modo de apertura del sistema de ingreso de membrana.

Para definir el modo de apertura de la bandeja propuesta es necesario tomar en cuenta el nivel de complejidad o esfuerzo que realiza el usuario al ingresar la membrana al sistema, para ello se consideró el modo en que se ingresaría la membrana al sistema y las posibilidades que se tienen a la hora de realizar a apertura y cerrado de la bandeja.

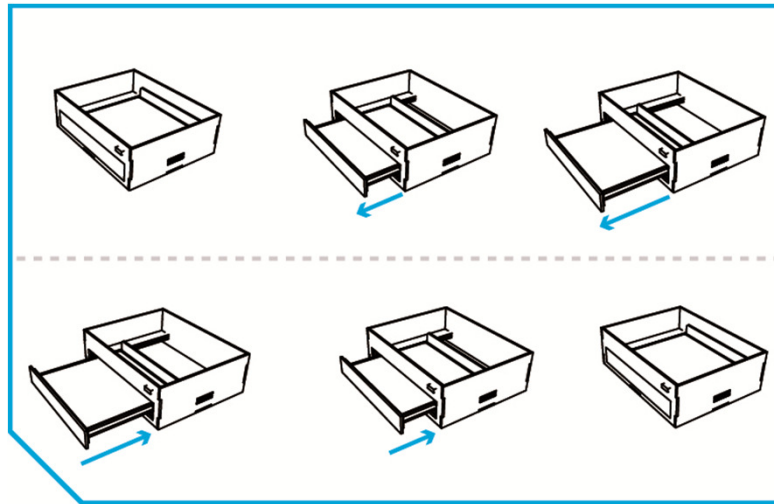


Fig 27: Apertura del sistema de bandeja. Fuente: elaboración propia.

Después de la observación se pudo evidenciar que se debe simplificar el método de apertura automatizándolo de cierta forma, es decir incluyendo un comando que al ser accionado la bandeja permita el acceso de la membrana y al ser accionado nuevamente este permita el cerrado del sistema dejando entrar la bandeja al sistema.

### 1.5 Sistema de activación de comandos y conexiones.

Para activar los sistemas anteriormente mencionados es necesario diseñar un sistema de comandos y conexiones que van a permitir al usuario hacer uso del sistema de documentación, para ello se desglosaron los comandos en tres puntos de interés: activación de cambio de filtros, conexión al computador y conexiones de alimentación energética

#### 1.5.1 Activación cambio de filtros.

Para hacer el cambio de filtros se requiere de un display que permita al usuario elegir el filtro que se desea utilizar, el cual debe cumplir con evidenciar táctilmente que esta siendo activado el comando de cambio de filtro, y visualmente verificar

que se está realizando el cambio de filtro al que se seleccionó a fin de facilitar la tarea de reconocimiento de activación del sistema de cambio de filtros por parte del usuario/científico. Para esto se dispuso de un display tipo botonera que permite al usuario identificar el inicio de cambio de filtro con una acción táctil perceptible por la activación de un pulsador de iniciación del comando de cambio de filtro. Por otro lado la señal visual de que el filtro elegido se encuentra en su lugar estaría dada por la iluminación de una zona que indique que filtro es el que está frente al lente de la cámara.

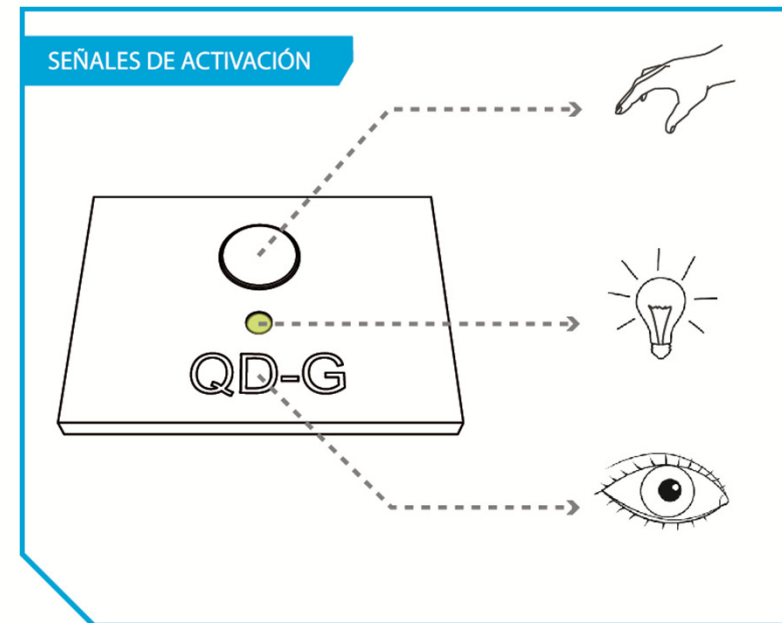


Fig 28: Diagrama « modos de reconocimiento de señales de activación». Fuente: elaboración propia.

Una vez definida la forma de identificación de señales se propusieron distintos tipos de displays que permiten activar el sistema de filtros, estos fueron puestos a prueba a fin de poder identificar cual es el tipo de comandos presenta menos carga para el usuario.



Se optó por un display que permitiera al usuario cambiar el filtro sólo realizando una pulsación, es decir asignando a cada filtro un pulsador a fin de que realizar el desplazamiento de cada uno de los filtros ejerciendo presión en un solo pulsador, ya que activar el sistema a partir de dos pulsadores significaría presionar un pulsador cuantas veces sea necesario para llegar a activar un filtro, dando paso al error que se da cuando el usuario presiona más de las veces necesarias el pulsador de movimiento en una dirección determinada, teniendo que devolverse con el pulsador que determina el giro de los filtros en sentido contrario para corregir el error. La propuesta debe contemplar entonces pulsadores de activación de filtros individuales, una señal lumínica por pulsador, indicando cuando el filtro activado esté en la posición deseada para realizar la captura, esta iluminación además de aportar información del desplazamiento de los filtros debe indicar mediante el color que tipo de filtro ha sido seleccionado, un ejemplo de ello sería presionar el pulsador

correspondiente a «QD-R» («QD» referido a la partícula capás de fluorescer que permite identificar la proteína deseada y «-R» referido al color que emite la partícula fluorescente respecto a la longitud de onda emitida, en este caso «Red»).

#### 1.5.2 Conexión al computador

Al ser operado desde el computador, el captador de imágenes requiere de una conexión directa con un ordenador vía USB (Universal Serial Bus) por lo que el sistema a diseñar debe poseer una zona en la que sea posible conectar y desconectar el equipo al computador. Dentro de los puertos USB más comunes es posible encontrar el tipo «B» que es el más utilizado en equipos de impresión, digitalización u otra toma de datos, por lo que se incorporará este tipo de puerto en el sistema, otra de las razones por que se eligió este tipo de puerto es el tamaño que posee ya que el tamaño total del equipo requiere de un conector no muy pequeño para facilitar el manejo en cuanto a la conexión del puerto con el equipo.

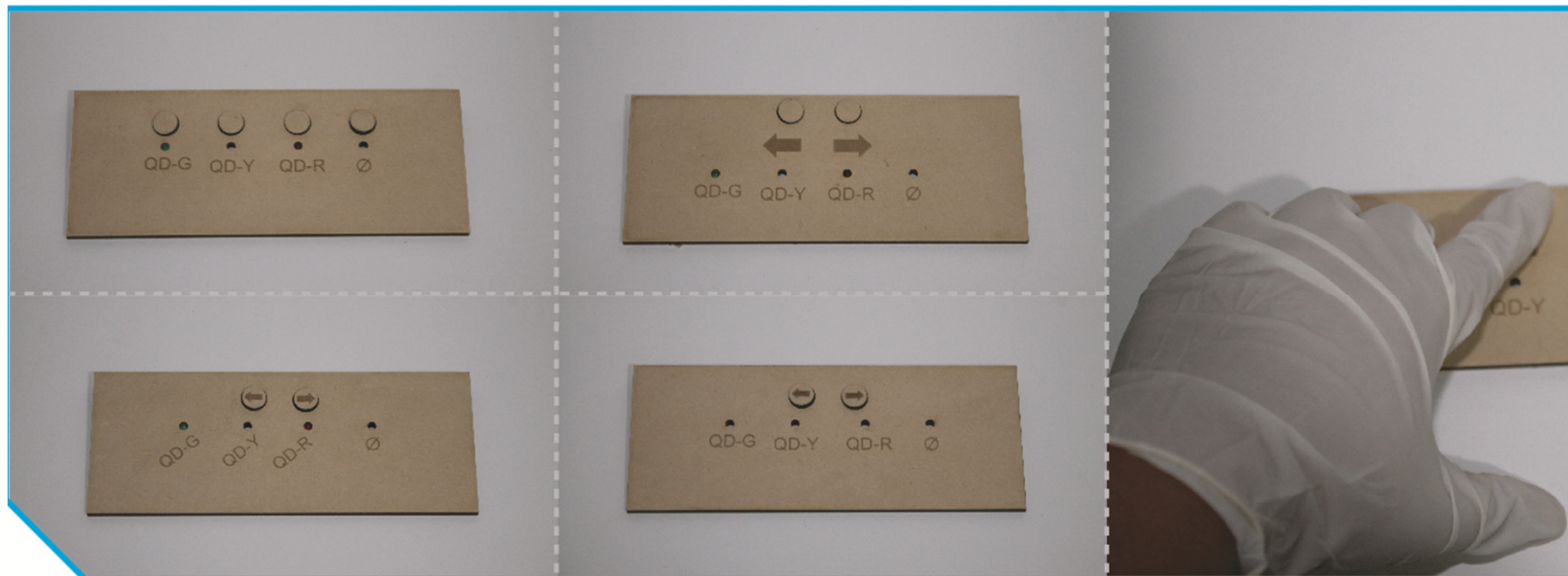


Fig 29: Opciones de displays para activación de filtros. Fuente: captura propia.

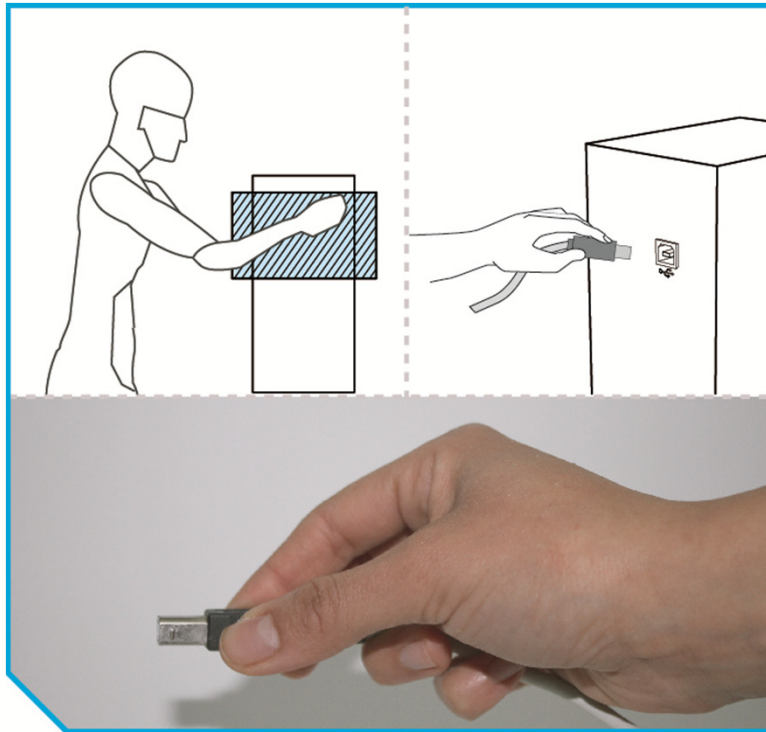


Fig 30: Puerto USB, tipo y zona de conexión . Fuente: elaboración propia.

### 1.5.3 Alimentación energética

Los mecanismos que requieren de conexión energética son el servomotor que utiliza 5 volts para su funcionamiento, la cámara CCD que requiere de 12 volts para activarse, por otro lado el ballast que enciende la lámpara UV-B requiere de conexión directa a los 220 volts que ofrece el suministro eléctrico común por lo que se procederá a instalar en el interior del sistema un circuito encargado de regular los voltajes a fin de que la conexión al suministro eléctrico sea dirigido a través de un solo puerto. Este puerto debe permitir la conexión de un cable que pueda desmontarse del equipo, esto considerando la instancia de desuso ya que el cable se presenta como un extra que entorpece

la acción a la hora de guardar, mover o trasladar a otro laboratorio el equipo.

Por temas de tamaño el cable debe ser delgado (mientras más grueso menos flexible y por tanto menos maleable), por temas de seguridad debe cumplir con las normativas vigentes, por tanto debe ser un cable que sea apto para hacer circular los 220 volts del suministro eléctrico y los 9W consumidos por el ballast de la lámpara UV-B, por lo que se optó por la elección de un cable conector sin salida a tierra ya que ningún componente del sistema lo requiere, este cable de poder posee una conexión macho tipo «8» en el inicio y un enchufe tipo «C» de dos puertos en su fin, el conector que debe empotrarse en el sistema corresponde al conector hembra tipo «8». La zona de ubicación de este conector debe ser la posterior a fin de no interferir con la zona de captura de imagen y la zona de manejo del equipo.

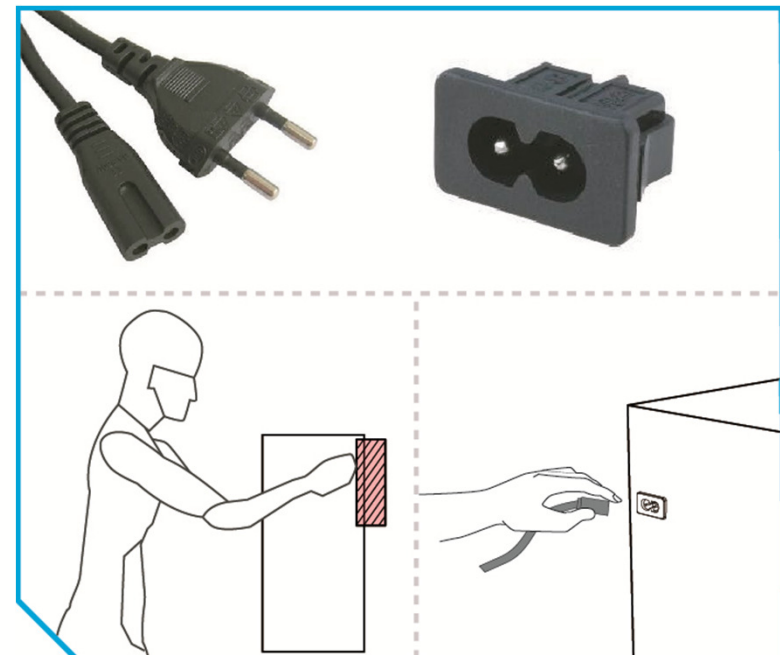


Fig 31: Conexión a la red eléctrica. Fuente: elaboración propia

## CAPÍTULO 2: INTEGRACIÓN DE COMPONENTES

Una vez validados y establecidos los componentes básicos del sistema documentador es posible ubicarlos de forma que conformen parte de un equipo que permita documentar proteínas, para ello es necesario entrar en detalles de dimensiones del sistema de documentación y de los mismos componentes, así como de su disposición respecto a los otros componentes del sistema documentador.

### 2.1 Ubicación del capturador de imágenes en el equipo.

Tal como se especificó en el capítulo anterior, la distancia focal de la cámara CCD es de 280 mm desde el lente hasta la superficie que se debe capturar, considerando las dimensiones de la cámara es necesario un contenedor de 360 mm de alto. Para definir las medidas de ancho y largo es necesario además de



Fig 32: Conexión a la red eléctrica. Fuente: elaboración propia

tomar en cuenta las dimensiones de la cámara, tener en cuenta el espacio utilizado por los ventiladores que enfriarán la cámara, por otra parte debe ser considerado el espacio utilizado por los demás componentes internos, dando como resultado un largo de 180 mm y un ancho de 250 mm. Respecto a las rejillas de ventilación que permitirían regular la temperatura de la cámara deben estar ubicadas en los costados a fin de disponerse perpendicularmente al dissipador de la cámara haciendo circular el aire entre las rejillas, abarcando de este modo la mayor superficie de aluminio para realizar el enfriamiento de la pieza disipadora, por otra parte es necesario abarcar la mayor cantidad de espacio posible para realizar la ventilación, por lo que se plantea el uso del ancho casi completo de las caras laterales del sistema, casi completo ya que se evitaría utilizar las zonas de sujeción de otros componentes en caso de interferir, si se dejara rejilla sólo en la zona del ventilador se abarcaría un área de 1308 mm<sup>2</sup> que da paso al flujo de aire, en cambio si se utiliza la cara lateral se tendría un área de 3606 mm<sup>2</sup> para el flujo del aire, por lo que aumentaría el área de ventilación casi al triple.

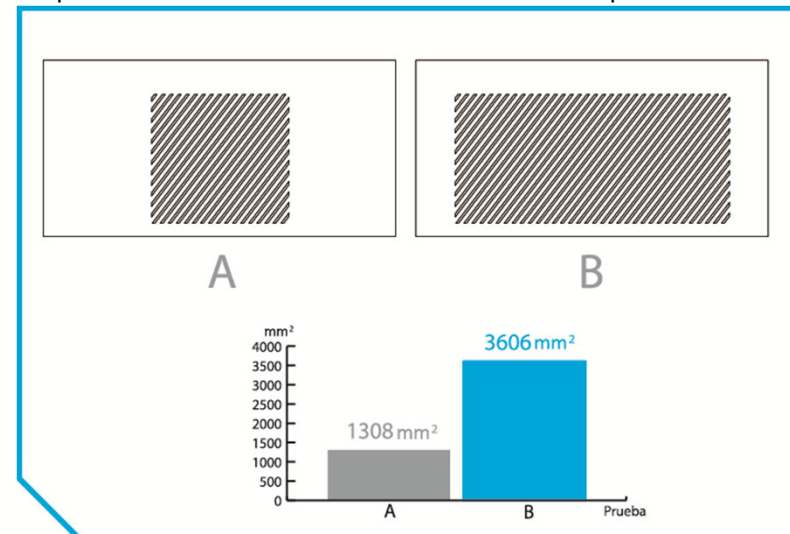


Fig 33: Ventilación – enfriamiento del sistema de captura de imagen. Fuente: elaboración propia

## 2.2 Disposición sistema de ingreso de membrana en el equipo.

Estando definidas las dimensiones de la superficie que contendrá la membrana es necesario ubicarlo respecto al sistema, en este caso esta superficie deberá ubicarse perpendicularmente al foco del lente de la cámara y a la distancia focal de la misma por lo que se aumentará el tamaño del equipo documentador para dar cabida al sistema que permitirá hacer ingreso de la membrana al equipo, la altura aumentará de 360 mm a 390 mm

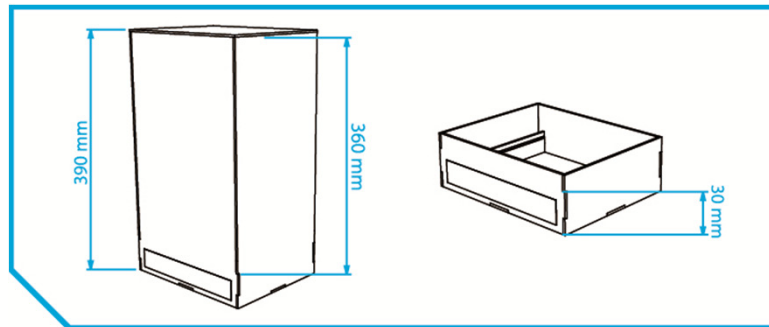


Fig 34: Altura del equipo. Fuente: elaboración propia

Para indicar la apertura de la bandeja en necesario la activación del un pulsador que indique a un servomotor cuando moverse y mover con él un engranaje que hará desplazar hacia fuera del sistema la bandeja de ingreso de membrana, dando paso a que con otra activación del pulsador la bandeja se desplace hacia dentro cuando se desee cerrar el sistema para capturar la imagen.

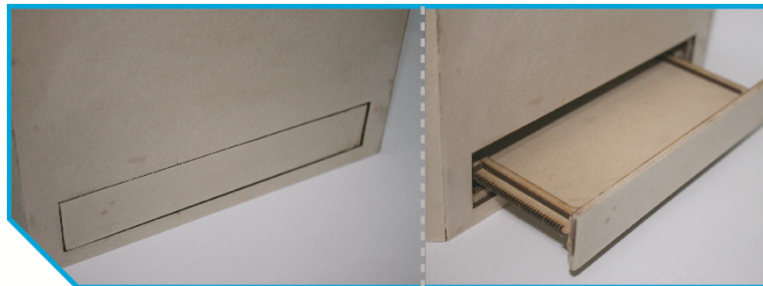


Fig 35: Activación del sistema de ingreso de membrana. Fuente: captura propia

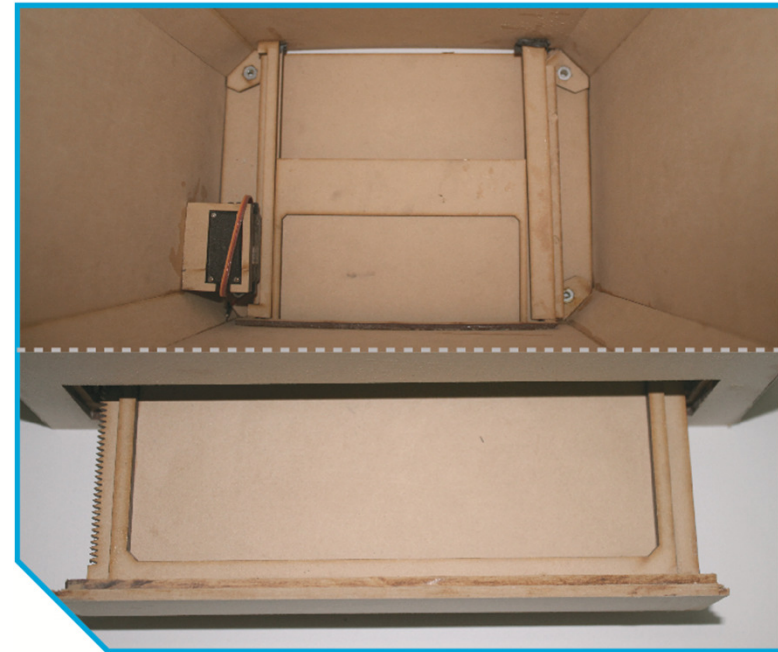


Fig 36: Sistema de apertura y cierre de la bandeja de ingreso de membrana. Fuente: captura propia

## 2.3 Disposición de la fuente de excitación en el sistema.

La fuente de excitación de las partículas fluorescentes, es decir la lámpara UV-B debe estar ubicada sobre la superficie de la membrana a fin de excitar de forma directa los quantum dots y de esta forma hacer visibles las proteínas a identificar. Como ya se mencionó, la ventaja del tipo de lámpara seleccionado para cumplir con esta tarea es que su uso común es la terapia dérmica de exposición directa a luz ultravioleta por lo que independiente de la ubicación que este tenga en el sistema la iluminación será homogénea, permitiendo excitar de igual forma las partículas necesarias y como resultado de ello la fluorescencia emitida estará dada igualmente por cada una de las longitudes de onda de emisión de las partículas sin diferencias en cuanto a intensidad.

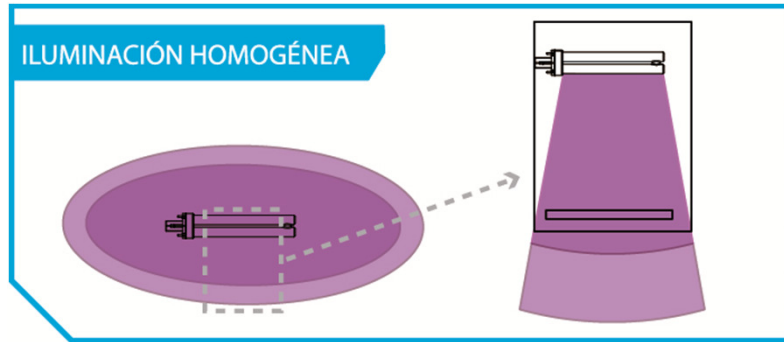


Fig 37: Ubicación de la iluminación UV-B en el sistema. Fuente: elaboración propia

#### 2.4 Disposición del sistema de cambio de filtros en el documentador.

El sistema de cambio de filtros requiere de una ubicación tal que permita disponer los filtros cercanos al lente sin sobrepasar los 10 mm de distancia entre el lente de la cámara y el filtro óptico. Por otra parte el movimiento de los filtros se replantea en esta etapa ya que el servomotor no cumple con requerimientos de precisión como lo hace un motor paso a paso, que además de entregar la ventaja de permitir la activación de cada filtro desde comandos distintos permite un manejo más exacto del movimiento dado por pulsadores separados como se planteó con anterioridad; esto se debe a la forma de funcionar de este tipo de motor, que es más compleja y por lo mismo permite funciones con el mismo tipo de complejidad. Si bien se planteó el uso de un servomotor el cambio de tipo de motor a utilizar no afectaría el sistema interno de transformación de corriente ya que la variación de voltaje es mínima (de 5 a 9 volts) y eso afecta solamente en el cambio de un componente.

Como el motor paso a paso funciona en base a ángulos de movimiento se varió el diseño de la paleta de filtros acorde a un ángulo más simple de controlar en cuanto a la posición de los filtros (0°, 90°, 180° y 270°), además de cambiar la posición de los filtros en la paleta se agregaron dos zonas, una que permite guiar el engranaje encargado de desplazar los filtros y otra que

permite alojar los filtros por medio de un pocillo contenedor de los mismos, tomando en cuenta la carcasa metálica que poseen para realizar la sujeción a un lente.

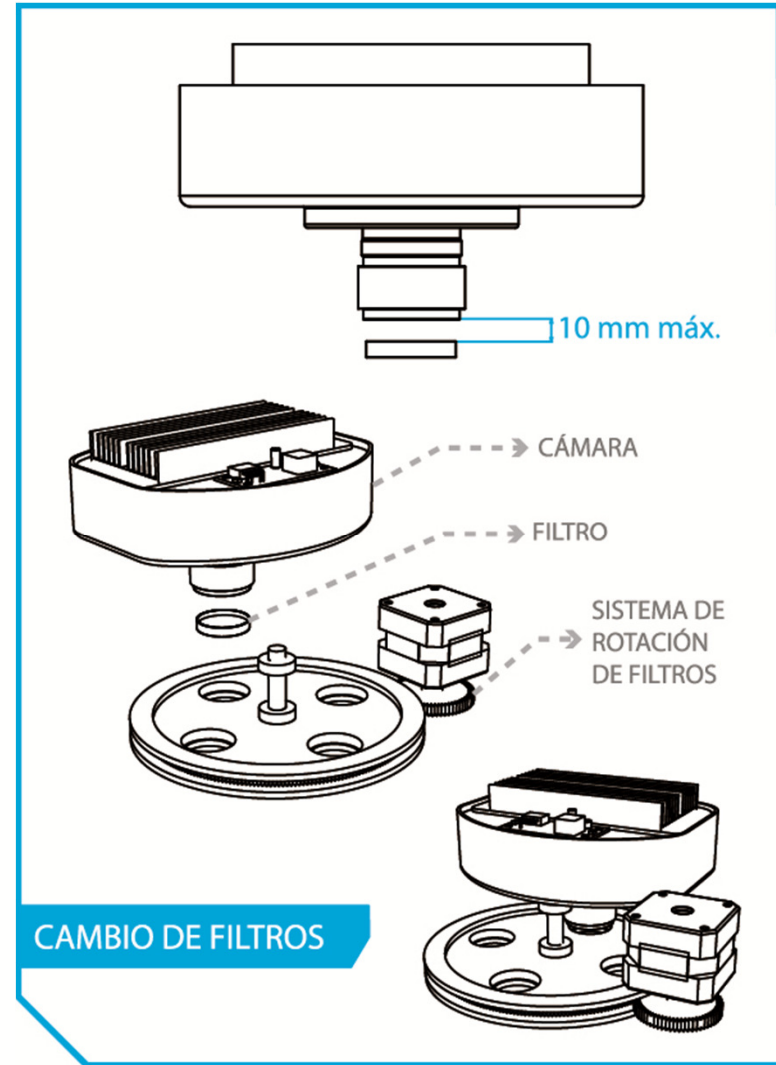


Fig 38: Altura del equipo. Fuente: elaboración propia

## 2.5 Identificación de zonas para activación de comandos y conexiones.

Dentro del sistema es necesario ubicar los comandos en lugares específicos y estratégicos acorde a lo que se desea activar, en el caso de la bandeja de entrada el comando de activación es un único pulsador que permite abrir y guardar la bandeja, debe estar ubicado en un lugar cercano a la bandeja ya que el usuario concentra su visión en esa zona debido a que en una de sus manos posee la membrana a documentar, por lo que el área de acción debe darse por la instancia de entrada de la membrana al sistema. Para definir la zona exacta donde se ubicará el pulsador se procedió a marcar la zona cercana a la bandeja, luego se pidió a algunos científicos que definieran el dedo con que ellos pulsarían el botón que activa la bandeja. Luego, procedieron a entintar el dedo elegido y a marcar en la zona cercana a la bandeja donde a ellos le acomodaría que estuviera el botón de activación, realizando esto con una membrana en una de sus manos simulando la tarea a realizar. (Para ver datos de la prueba realizada ver Anexo 2)



Fig 39: Toma de datos para pulsador de bandeja. Fuente: Captura propia

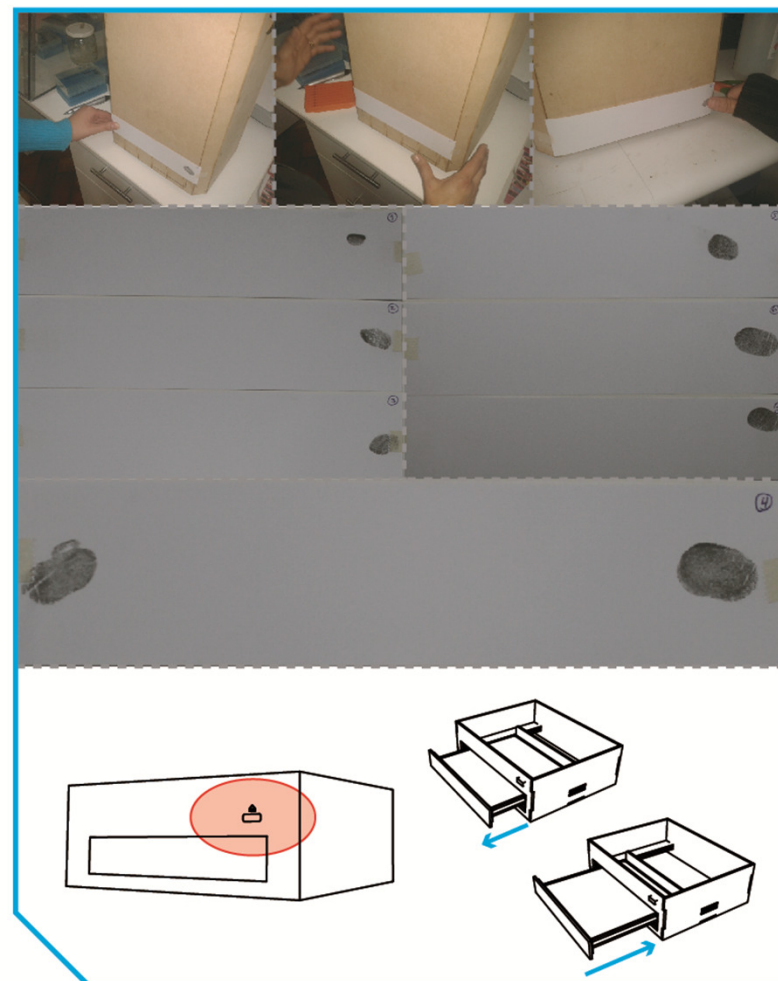


Fig 40: Ubicación del pulsador de bandeja. Fuente: Captura propia

Si bien se tomó una muestra pequeña de personas que realizaron la prueba se tomarán en cuenta los resultados de esta prueba ya que tal como se pensaba la asociación del lugar de activación está dada por un similitud común, la bandeja de CD de un computador, la activación de esta misma está relacionada con la ubicación cercana en uno de los extremos de la bandeja.

Los pulsadores encargados de activar los filtros se ubicarán en la parte superior del sistema, dentro de la segunda instancia de uso que sería el cambio de filtros. En esta instancia es donde el usuario fija su atención, en la zona alta del equipo, proporcionándole la información en tres canales: mediante el tacto al sentir el «clic» producido por la activación del pulsador, señal lumínica dada por la luz del color correspondiente al filtro que se enciende al ser activado el filtro y la información visual, que indica mediante un texto cuál es el pulsador indicado para activar un filtro determinado, estando denominados los textos mencionados con siglas que representan el color de emisión de cada partícula fluorescente :

- QD-G → Quantum Dot – Green (Verde /  $\lambda$ : 500 nm)
- QD-Y → Quantum Dot – Yellow (Amarillo /  $\lambda$ : 540 nm)
- QD-R → Quantum Dot – Red (Rojo /  $\lambda$ : 620 nm)
- ∅ → Espacio sin filtro

Tal como se declara en las siglas anteriores hay un espacio en la paleta de que no posee filtro tal como se mencionó en el capítulo anterior, esto se debe a que se da la oportunidad de que se pueda documentar una membrana realizada con método tradicional. Considerando que el capturador de imagen se especializa en captar fluorescencia es posible que la quimioluminiscencia emitida con el método tradicional sea capturable con la cámara sin necesitar de un filtro específico. Por otro lado, para permitir documentar este tipo de membrana no es necesaria la excitación lumínica por medio de la lámpara UV, por lo que se incluye un interruptor en la parte trasera del equipo a fin de apagar la lámpara UV cada vez que se necesite. Se dispone en la parte trasera del equipo ya que se plantea que la documentación por método tradicional casi no se realizaría gracias a las ventajas que presenta para el científico las cualidades del nuevo método de documentación, mas no es posible descartar el método tradicional completamente por lo que el sistema incorpora la opción de documentar membranas tratadas con este método. Por otro lado e igualmente como se

mencionó con anterioridad, el traspaso de datos para controlar el capturador de imágenes debe estar ubicado en una zona tal que permita al usuario su fácil acceso, es por esto que se definió la ubicación en la parte lateral. En cuanto a la ubicación respecto a la altura es necesario que se ubique en la parte superior debido a que se presenta como una zona de manejo directo, considerando que otra ubicación forzaría al usuario a inclinarse para realizar la conexión, tomando en cuenta también como motivo de la ubicación del puerto USB el hecho de que la parte superior es donde se ubicarán los componentes internos de funcionamiento del sistema. La conexión al suministro eléctrico se ubicó en la zona alta de la parte posterior del sistema debido a que se define esta zona como la de menor acceso, esto relacionado con la tarea que cumple el conector, definda esta como de uso poco recurrente, es decir el equipo se conecta a la corriente dando la posibilidad de dejarlo enchufado en la instancia de desuso.

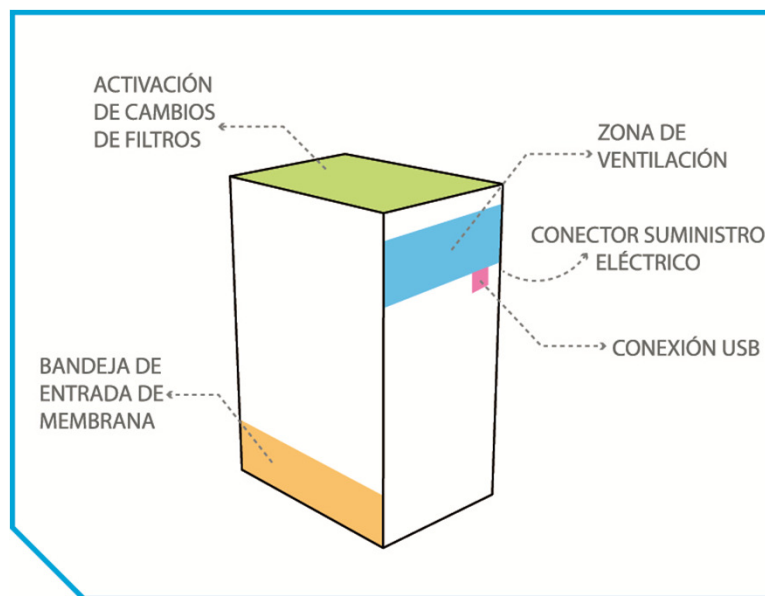


Fig 41: Ubicación de conectores y zonas generales. Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO 3: PROPUESTA FORMAL.

Teniendo definidos requerimientos, mecanismos de activación y funcionamiento de sistemas internos del equipo es posible buscar una forma externa para el mismo de modo tal que responda tanto al uso del equipo como a aspectos estéticos ligados con el trabajo en el laboratorio, estando esto relacionado directamente con los equipos utilizados y el concepto de tecnología generado al trabajar en un laboratorio de investigación, concepto en el cual debe estar incluido el diseño del sistema de documentación.

## 3.1 Propuesta conceptual.

Para definir una propuesta conceptual es necesario considerar el lenguaje formal de los equipos y herramientas de uso común en un laboratorio de investigación así como lo son el termociclador, que es un equipo que permite realizar ciclos de calor; el equipo de electroforesis vertical y horizontal, que permiten separar moléculas en un gel que mediante el uso de electricidad según peso molecular; una micropipeta, que es una herramienta que permite tomar muestras líquidas en mililitros (mml); y una microcentrífuga, que se utiliza para centrifugar muestras pequeñas en tubos eppendorf. Por otro lado se encuentra el concepto «tecnología», que es uno de los conceptos que definen al segmento etéreo del usuario (25-30 años). Se plantea utilizar este concepto para el diseño de un sistema de identificación de proteínas debido a la asociación entre el trabajo científico de laboratorio y el desarrollo científico tecnológico que permiten las investigaciones realizadas por los científicos, es decir, es en el laboratorio donde se inician los desarrollos tecnológicos del área científica, entonces porqué no brindarles equipos que permitan el desarrollo tecnológico con una carga estética directamente ligada a la tecnología. Para ello se propone rescatar aspectos formales que representan la idea de tecnología y a su vez rescatar estos mismos aspectos formales de las herramientas o

equipos de laboratorio científico a fin de poder captar puntos clave que permitan sentar las bases formales del diseño de un sistema que permita documentar proteínas.



Fig 42: Referentes formales. Fuente: varias, incluidas en la bibliografía



Como es posible apreciar en las imágenes anteriores hay elementos que se repiten y tienden a hacerse evidentes en cuanto a formas, texturas y materiales. Se reconoce el uso de colores oscuros, cantos rectos, el uso de biselados o caras anguladas, además del contraste sugerido por el uso de un porcentaje mínimo de un color claro.



Fig 43: Elementos formales - tecnología . Fuente: varias, incluidas en la bibliografía

### 3.2 Génesis formal.

Para definir la forma del sistema es necesario definir zonas de intervención del usuario acorde a instancias de uso del sistema. Como primera instancia se define el ingreso de la membrana al sistema, se requiere de un pulsador para activar la apertura y cierre de la bandeja contenedora de membrana cuando sea necesario, esta se define en la parte baja del equipo tal como fue definido anteriormente; la segunda instancia de uso guarda relación con la selección de uno de los filtros a utilizar para realizar la documentación, en donde se enfoca la atención en la parte superior, teniendo el usuario que elegir entre presionar uno de los tres pulsadores acorde al filtro que utilizará o si desea documentar vía método tradicional pulsar la opción correspondiente; por último la tercera instancia es donde el usuario, previa conexión USB entre el computador y el equipo, procede a seleccionar y ajustar los parámetros con los que capturará la imagen, desplazando su foco de atención desde el

equipo al computador, que es donde posteriormente realizará el análisis de la imagen capturada.

Para definir la forma principal se optó por interferir la vista superior del sistema, el cual se presenta como un rectángulo que abarca las dimensiones de los componentes definidos con anterioridad, a este rectángulo le fueron cortados los vértices con un ángulo de forma regular, es decir los cuatro vértices cortados por el mismo ángulo para luego ser extruída la forma obtenida hasta llegar a la altura requerida para contener los componentes del sistema.

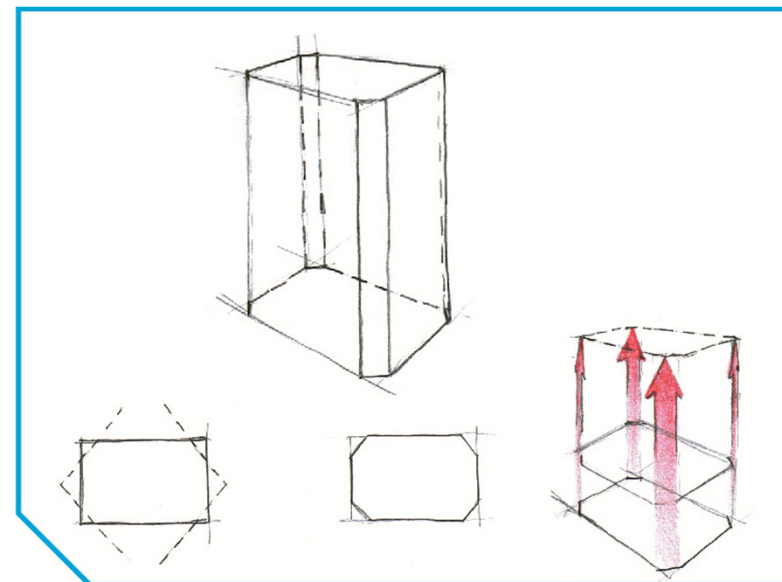


Fig 44: Forma principal. Fuente: elaboración propia

Por otro lado es necesario intervenir el sistema a partir de la vista frontal que es la que se expondrá al manejo del usuario, dicho de otro modo es la zona donde el usuario podrá identificar los comandos de activación de los distintos elementos del sistema. Entonces, en la zona frontal debe definirse una forma que indique al usuario que debe prestar atención a los pulsadores, dirigiéndola esta a dicha acción, para lograr esto se

propone una inclinación leve en el plano posterior de la forma a fin de enmarcar y dirigir la mirada del usuario hacia esa zona. Esta zona, tal como se mencionó, que contendrá los pulsadores de activación de los filtros posee tres señales que indicarán al usuario el estado del desplazamiento de los filtros. Por un lado se encuentra la señal escrita, que indica al usuario mediante el uso de texto a qué filtro corresponde cada pulsador, por otra parte

se encuentra la señal táctil, que permite al usuario percatarse de que ha sido activado el comando que permitirá cambiar los filtros, y finalmente la señal lumínica, que permite al usuario identificar cuando el filtro se encuentra en su posición indicando de este modo que el equipo se encuentra preparado para realizar la captura.

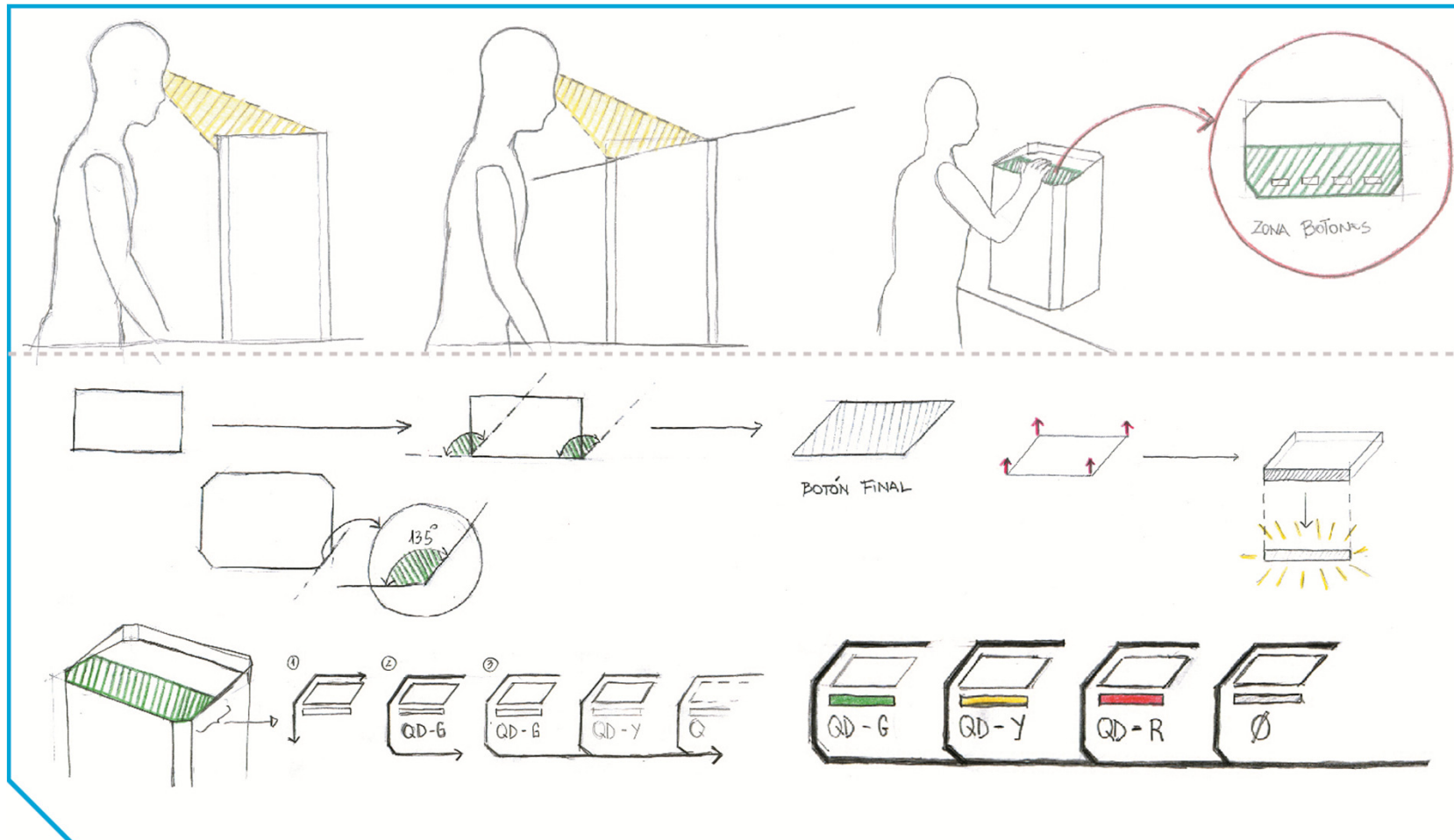


Fig 45: Definición de formas. Fuente: elaboración propia

La forma de los pulsadores fue realizada a partir de un rectángulo en el que dos de sus aristas fueron desplazadas en un ángulo de  $135^\circ$ , ángulo correspondiente a los corte de los vértices que definieron la vista superior, para definir la forma de la señal lumínica se procedió a proyectar una de las aristas del botón, la señal lumínica, por tanto, vendría del rectángulo formado por esta proyección. Para disponer la señal escrita (texto que define cada tipo de filtro) se procedió a trazar una línea que contuviera la señal lumínica con el pulsador para así integrar dentro de esta el texto correspondiente.

Para definir las zonas laterales es necesario adaptar la forma de la toma de aire para adecuarla a la forma del sistema, para ello las rejillas de entrada de aire se inclinarán en un ángulo de  $135^\circ$  y la cara superior del rectángulo que la define se inclinará siguiendo el ángulo de las caras laterales definidas por la forma que guía la visualización de los pulsadores.

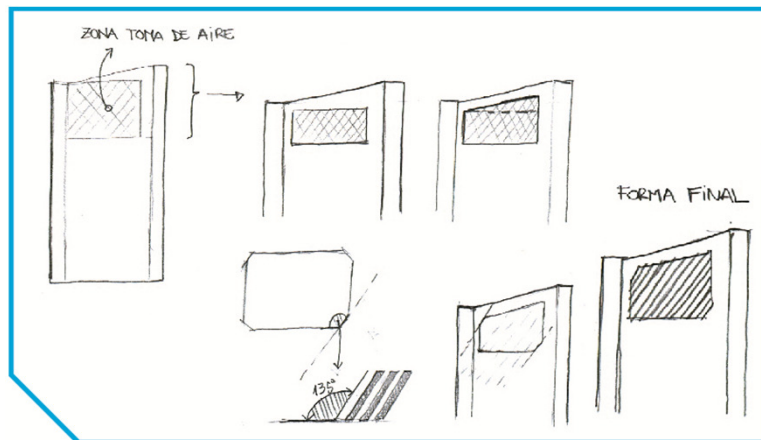


Fig 46:Entrada de aire, integración al diseño. Fuente: elaboración propia

Una vez definidas las zonas y partes del sistema es posible apreciar las instancias de uso acorde a las formas dadas por requerimientos tanto técnicos como de uso del sistema por parte del usuario tal como se aprecia en la siguiente imagen.

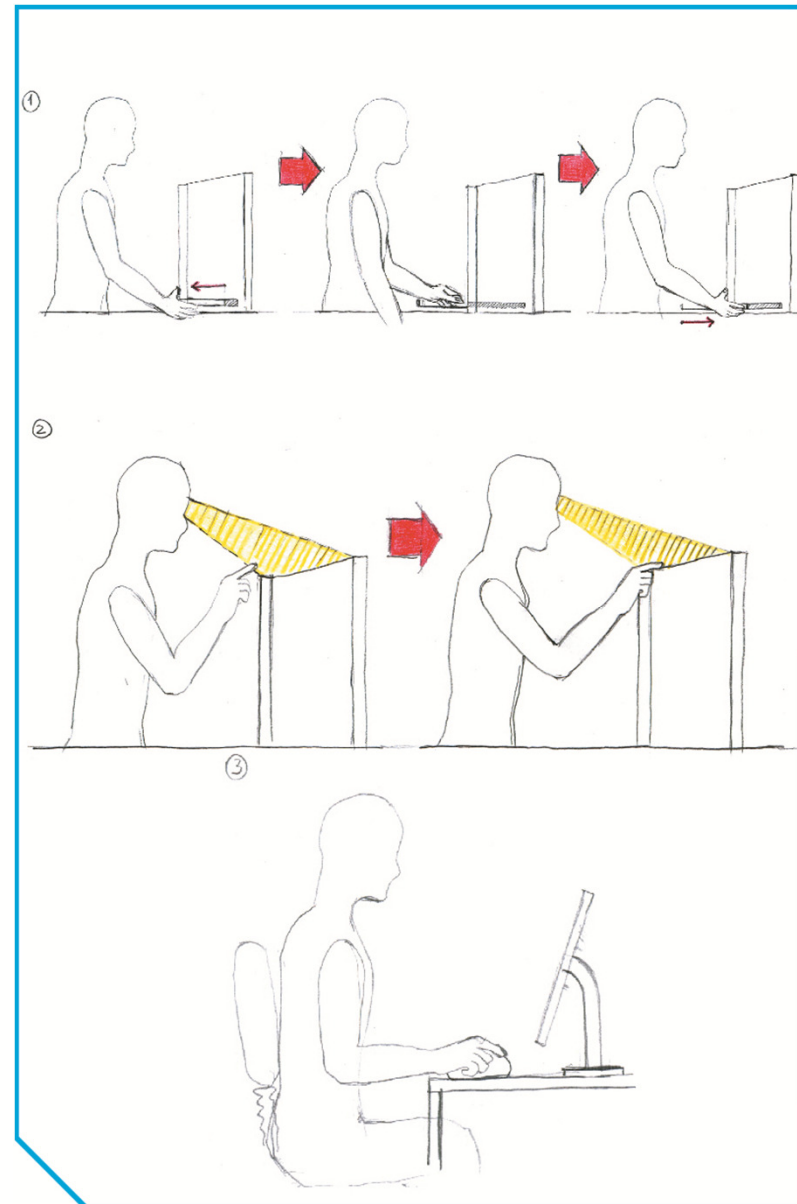


Fig 47: Instancias de uso. Fuente: elaboración propia

### 3.3 Propuesta de Diseño.

Se propone un equipo de documentación de proteínas de forma rectangular con sus vértices biselados e inclinación en la zona superior del mismo, de color negro con acabado brillante a fin de hacer fácil el reconocimiento de suciedad para mantener la higiene del equipo; se incluyen detalles de color verde a fin de demarcar zonas de relevancia; también se incluye una bandeja de entrada de membrana, activada vía pulsador y un sistema de cambio de filtros que considera texto para su reconocimiento, botones para su activación e iluminación que indica el estado del cambio de filtros en el equipo.

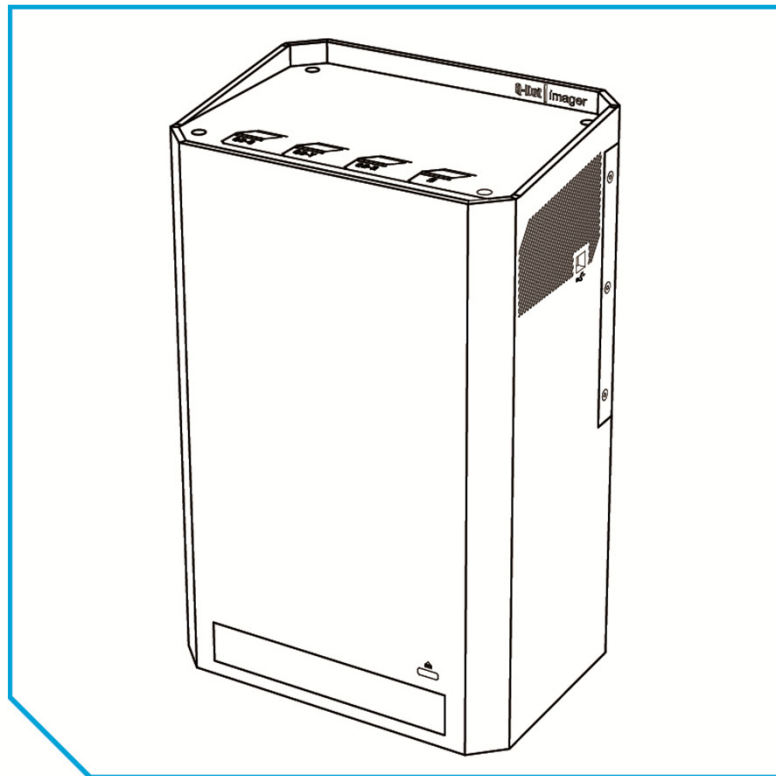


Fig 48: Propuesta formal. Fuente: elaboración propia

A fin de hacer más simple la tarea de revisión y/o servicio técnico del equipo se incluyen tres accesos correspondientes a las zonas principales del mismo, sean estas la zona superior que contiene el sistema de activación de filtros, la zona media-posterior que contiene el sistema de cambio de filtros y cámara, y finalmente la zona inferior que contiene la bandeja de entrada de membrana.

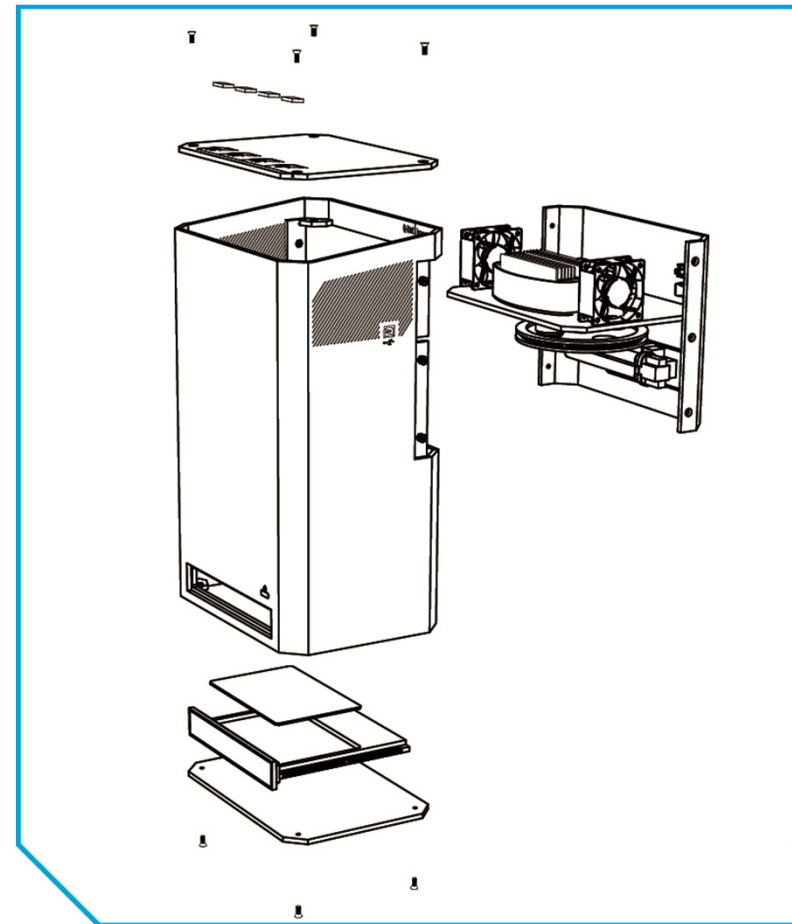


Fig 49: Vista detalles. Fuente: elaboración propia

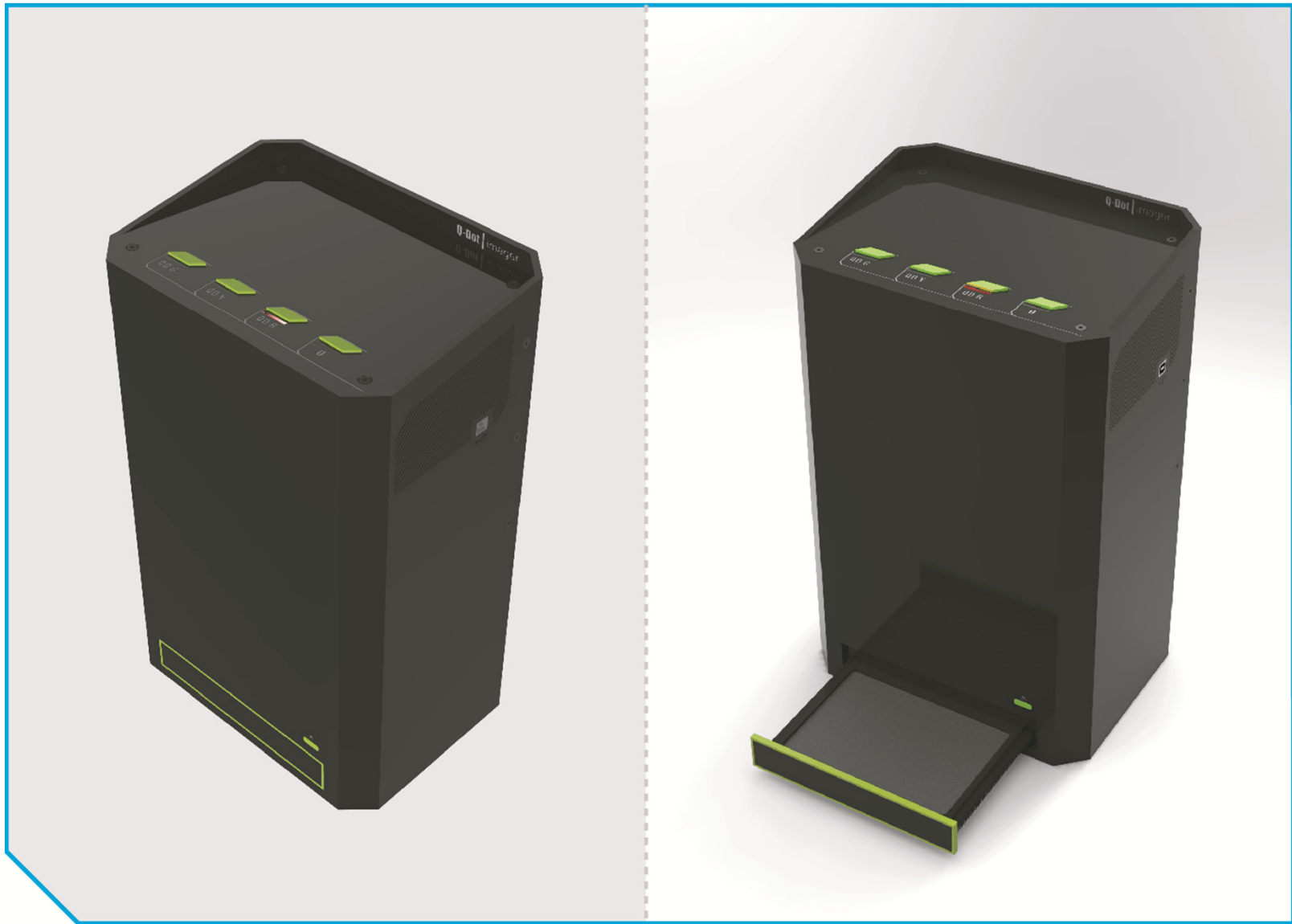


Fig 50: Propuesta de Diseño – Sistema de documentación de proteínas en tres canales. Fuente: elaboración propia

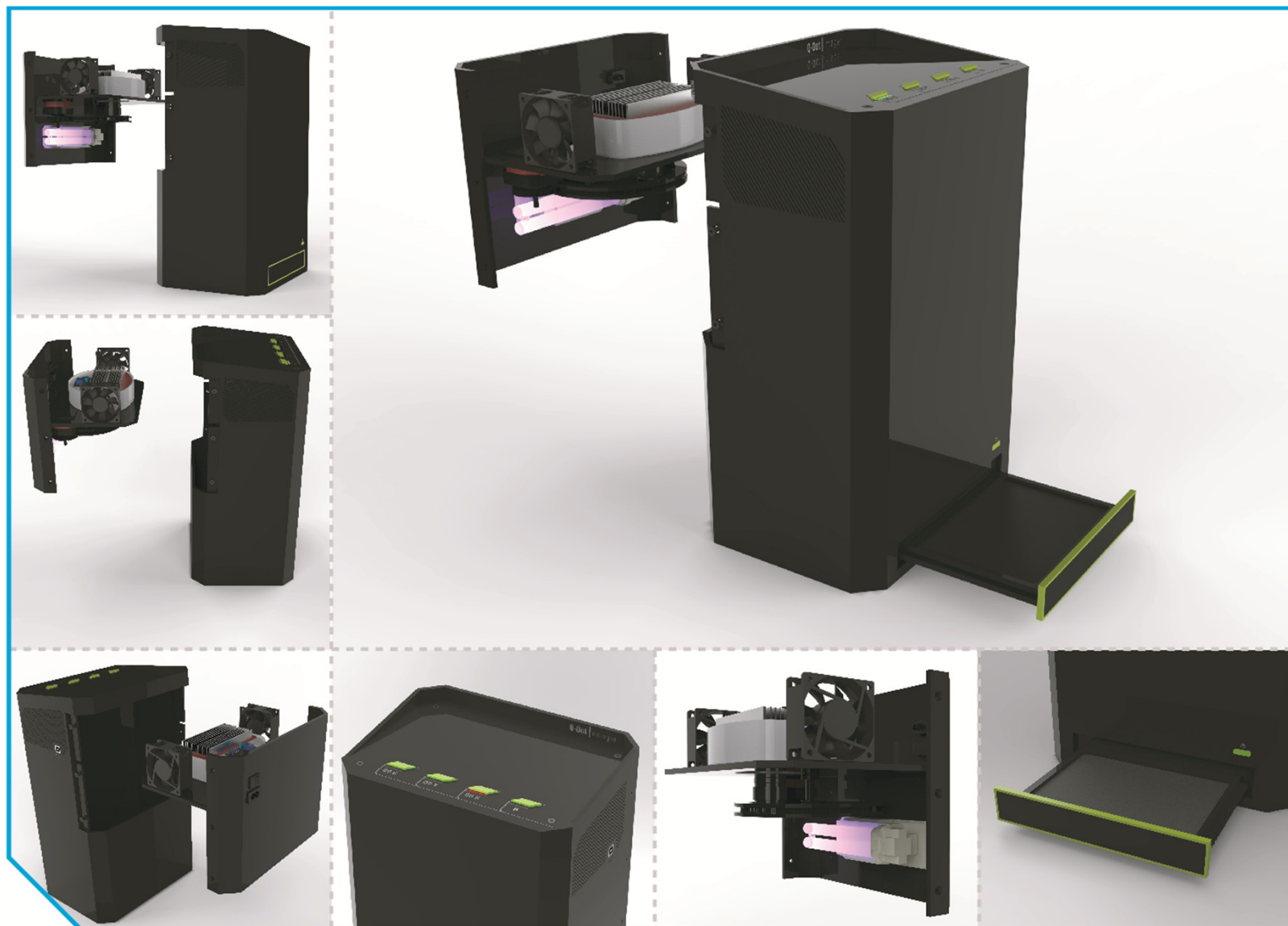


Fig 51: Propuesta de Diseño – Sistema de documentación de proteínas en tres canales, zonas de ingreso para servicio técnico. Fuente: elaboración propia.

### 3.4 Fabricación.

Ya que se piensa el uso de este equipo en laboratorios de investigación en Chile, se requiere que el mismo sea de bajo costo monetario a fin de hacerlo accesible para la mayoría de los laboratorios de investigación de carácter públicos o privados, considerando el proceso de fabricación de menor costo económico. Para ello se optó por la fabricación en lámina de PMMA (Polimetilmetacrilato) de 5mm de espesor, lámina que es

dimensionada con una máquina de corte láser CNC (Control Numérico Computarizado), posteriormente biselada con una fresa cónica de 22,5° para lograr la construcción de los ángulos correspondientes a la forma del equipo, y que finalmente es unida mediante un solvente que permite la unión entre las caras biseladas del material (tricloruro de metilo). (Para detalles de forma y dimensiones ver Anexo 3).

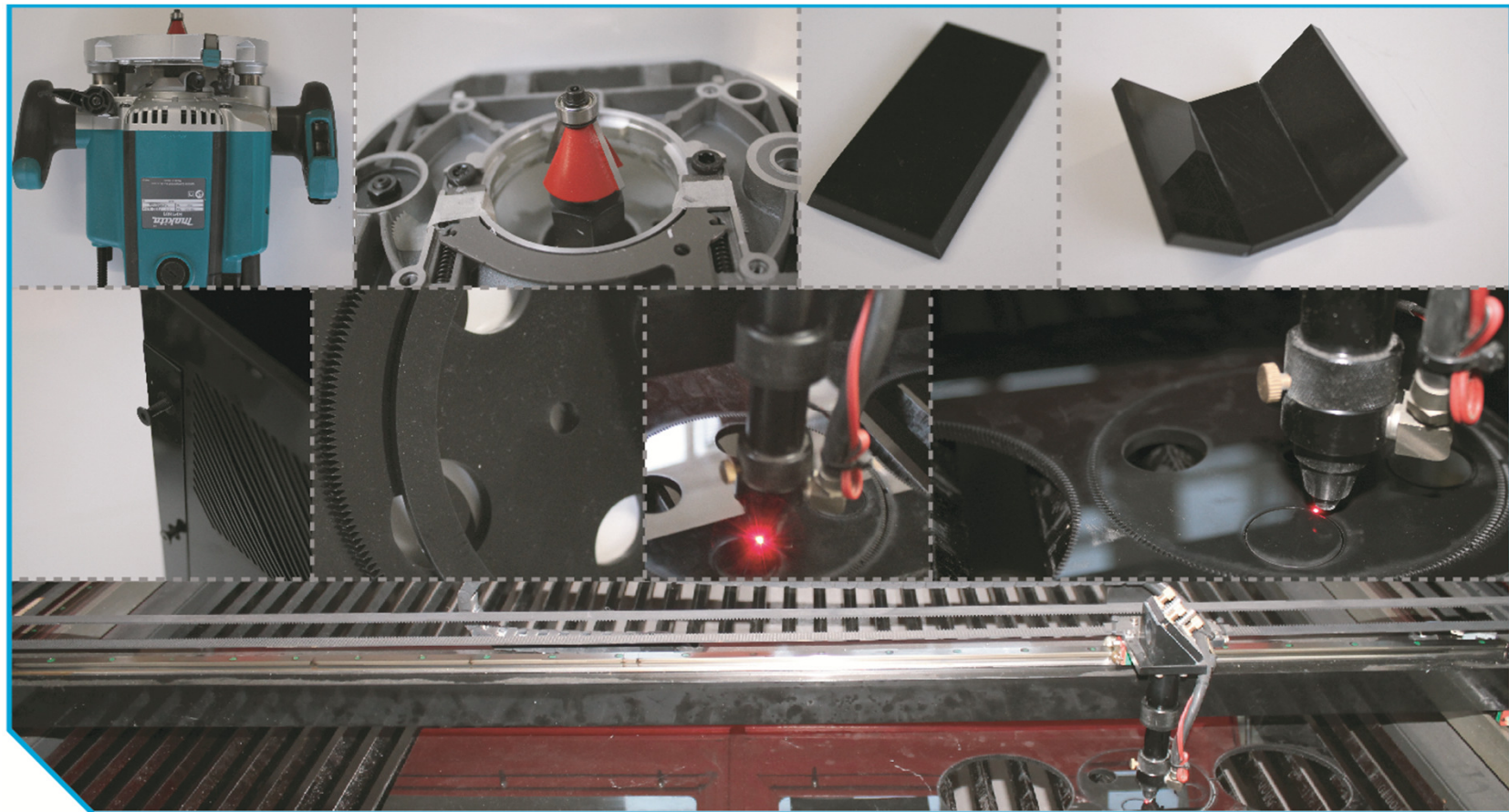


Fig 52: Método de fabricación. Fuente: elaboración propia.

### 3.5 Costos .

A continuación se detallan los costos de fabricación del equipo, se presenta un costo de fabricación preliminar ya que estos pueden sufrir variación respecto al tiempo debido a que este proyecto aún se encuentra en desarrollo por lo que es posible

que con el paso del tiempo y la investigación por parte del equipo multidisciplinar se definan componentes o métodos más económicos que cumplan de igual o mejor forma las funciones del equipo.

ÍTEM	DIMENSIONES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Cámara CCD	--	1 unid.	\$400.000	\$ 400.000
Filtro Óptico	25 mm	3 unid.	\$ 34.638	\$ 103.914
Lámpara UV-B 300 nm.	--	1 unid.	\$ 49.698	\$ 49.698
Ballast con base G-23 - 9W	--	1 unid.	\$ 1.638	\$ 1.638
LED r-g-b	2mm	4 unid.	\$ 80	\$ 320
Motor paso a paso	--	1 unid.	\$ 7.021	\$ 7.021
Servomotor	--	1 unid.	\$ 14.119	\$ 14.119
Microcontrolador	--	1 unid.	\$ 21.900	\$ 21.900
Conector chasis tipo 8	--	1 unid.	\$ 200	\$ 200
Interruptor chasis	--	1 unid.	\$ 650	\$ 650
Pulsador	--	5 unid.	\$ 190	\$ 950
Placa circuito (PCB)	100x100 mm	1 unid.	\$ 800	\$ 800
Goma	200x200 mm	1 unid.	\$ 300	\$ 300
Plancha PMMA	1400x900 mm	1 unid.	\$ 44.430	\$ 44.430
Servicio de corte láser	--	2 hrs.	\$ 10.000	\$ 20.000
Servicio de ensamblado	--	48 hrs.	\$ 600	\$ 25.000
Perno parker con tuerca	1'	13 unid.	\$ 90	\$ 1.170
				<b>\$ 962.110</b>

Fig 53: Tabla de costos de Fabricación y componentes . Fuente: elaboración propia.



## CONCLUSIÓN

Gracias al apoyo brindado los científicos pudieron realizar ensayos científicos que les permitieron validar la nueva técnica de identificación de proteínas propuesta. El sistema diseñado permite al usuario documentar más de una proteína por membrana, por lo que los tiempos de trabajo de los científicos se verían disminuídos considerablemente, esto tomando en cuenta que para la identificación de tres proteínas con el método propuesto tardaría un día en realizarse la identificación, a diferencia del método tradicional que requiere de un día por proteína identificada. El sistema documentador fue diseñado considerando el mínimo espacio posible a utilizar a fin que se de la posibilidad de incluir el equipo dentro del espacio de trabajo del científico (dentro del laboratorio, no saliendo de él para realizar esta etapa del Western Blot). Finalmente se declara que los plazos para la realización de este proyecto aún no caducan por lo que lo presentado en el presente informe corresponde al desarrollo hasta la fecha, es decir, tanto el proyecto como el diseño del sistema documentador está sujeto a cambios que permitirían optimizar recursos, realizar posibles mejoras, etc.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Desarrollo Científico, Resumen del estudio por la academia chilena de Ciencias, Reuna (Red Universitaria Nacional),(2005).
- Ciencia y Desarrollo en Chile: Consideraciones para el Debate, Consejos superiores de Ciencia y Desarrollo Tecnológico (Octubre, 2005)
- Ciencia, Información y tecnología, Programa de innovación, Gobierno de Chile.
- Comisión Nacional para el Desarrollo de la Biotecnología, GOBIERNO DE CHILE COMISIÓN NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGIA ( Junio 2003).
- Biotecnología en Chile: Ciencia y Empresa, KATIA TRUSICH, (Marzo, 2007)
- Política Nacional de Biotecnología, Chile, Alvaro Díaz
- Comisión Nacional para el Desarrollo de la Biotecnología, Informe Al Presidente, Gobierno de Chile (Junio, 2003)
- Biotecnología para su empresa, Directorio de capacidades de investigación en Chile, Corfo,(Marzo 2007)
- EJES PARA EL FUTURO CIENTÍFICO DE CHILE, Comité “Más Ciencia para Chile”( Agosto, 2011)
- Nielsen. J. (2003). Usability 101: Introduction to Usability [versión electrónica] Recuperado en Abril 3, 2013 de: <http://www.useit.com/alertbox/20030825.html>
- InternationalErgonomicsAssociation (2000). Definition of Ergonomics. Recuperado en Junio 4, 2013 de [http://www.iea.cc/01\\_what/What%20is%20Ergonomics.html](http://www.iea.cc/01_what/What%20is%20Ergonomics.html)
- *Philips lamps phototherapy treatment, lamps catalogue*. Recuperado en Julio 2, 2013 de: [http://www.lighting.philips.com/pwc\\_li/main/application\\_areas/assets/phototherapy/Philips\\_Phototherapy\\_Lamps\\_Catalogue.pdf](http://www.lighting.philips.com/pwc_li/main/application_areas/assets/phototherapy/Philips_Phototherapy_Lamps_Catalogue.pdf)
- Med Wow, plataforma global de equipamientos médicos. Recuperado en Julio 3, 2013 de: <http://es.medwow.com/med/pcr/mj-research/ptc-200/41156.model-spec>

- Curso de introducción al conocimiento científico experimental , Dra. Cecilia Coto. Recuperado en Julio 3, 2013 de:  
<http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/contratapa/aprendiendo/capitulo14.htm>
- VWR, we enable science. «Dual-gel vertical electrophoresis systems, kuroGEL Verti 2020». Recuperado en Julio 3, 2013 de:  
[https://es.vwr.com/app/catalog/Product?article\\_number=700-0174](https://es.vwr.com/app/catalog/Product?article_number=700-0174)
- Uniscience- loja online, Micropipeta Finnpipette Clásica (5-50ul). Recuperado en Julio 3, 2013 de:  
<http://www.uniscience-shop.com.br/finnpipette-classica-12-canales-5-50ul>
- Kendal import, Microcentrífuga Hematocrito Digital. Recuperado en Julio 3, 2013 de:  
[http://www.kendalimport.com.pe/equipos/index.php?page=shop.product\\_details&flypage=flypage.tpl&product\\_id=58&category\\_id=12&option=com\\_virtuemart&Itemid=71](http://www.kendalimport.com.pe/equipos/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=58&category_id=12&option=com_virtuemart&Itemid=71)

El presente escrito contiene la memoria del proyecto realizado para optar a título de Diseñador Industrial de la Universidad de Chile. El proyecto en sí consta del diseño de un sistema que permite al científico documentar proteínas en tres canales de emisión a partir sólo de una membrana.

El proyecto desde la visión macro es resuelto por un equipo multidisciplinar formado por estudiantes de Bioquímica, Biotecnología y Diseño Industrial, dirigidos estos por un profesional de la ciencia para su tesis doctoral; teniendo cada uno de los integrantes una misión específica, lo que se describe como visión micro del proyecto (proyectos individuales), esto con el fin de hacer de las investigaciones y desarrollos realizados un producto que se acomode a las necesidades de los científicos que trabajan día a día con proteínas, poniendo a su disposición un sistema que permite optimizar su trabajo en términos de tiempo, insumos a utilizar y calidad de resultados.

**Anexo 1:**  
***Extracto de IBM***  
***«Sobre la técnica Western Blot, visitas a laboratorios, documentación in situ y estado del arte»***

Con la finalidad de poder dar solución a las situaciones problemáticas identificadas en esta etapa es necesario tener claridad sobre los pasos que realiza el científico al llevar a cabo la documentación de proteínas, a continuación se describen los pasos del proceso de documentación por método tradicional. La etapa de documentación de proteínas consiste en disponer una membrana obtenida a partir de la electrotransferencia en un cassette, el cual cumple la función de mantener en oscuridad

la zona en donde se transferirá la imagen desde la membrana a una placa autoradiográfica. Para documentar, primero debe disponerse la membrana entre dos micas, posteriormente se dispone una placa autoradiográfica y se procede a cerrar el cassette. La fluorescencia emitida por las proteínas que contiene la membrana es captada por la placa autoradiográfica y marcada en ella, el tiempo que se debe exponer la membrana a la placa autoradiográfica varía según la cantidad y el tamaño de la proteína que se identificará. Una vez realizado lo anterior en un cuarto oscuro, se procede al revelado de la placa, se sumerge dicha placa en una solución reveladora, la que se encarga de eliminar todo lo que no corresponde a la imagen que se desea captar, luego se sumerge en agua para retirar restos de suciedad de la placa para finalmente ser sumergida en un fijador a fin de mantener la imagen, posteriormente se deja secar. Para finalizar se procede digitalizar la imagen de la placa, utilizando para ello un scanner, el cual se programa para obtener imágenes con una resolución de 600 dpi.

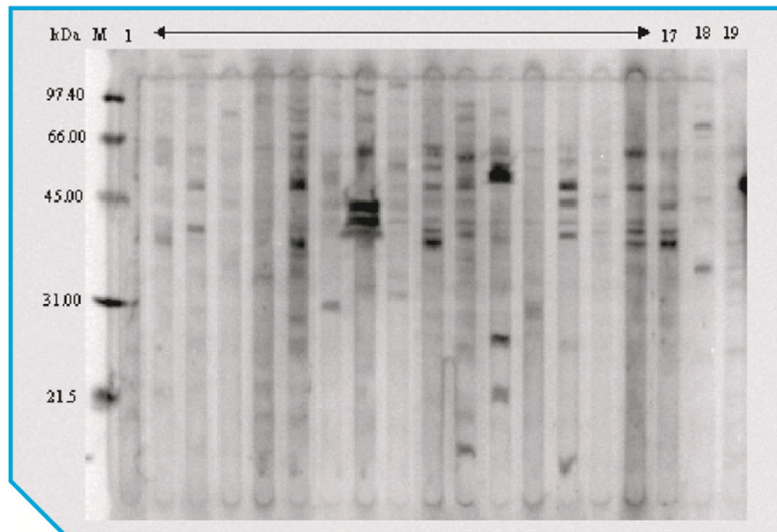


Fig. 3: Imagen obtenida a través de la documentación explicada.  
Fuente: [www.jneuroinflammation.com/content/3/1/1/figure/F2?highres=y](http://www.jneuroinflammation.com/content/3/1/1/figure/F2?highres=y)

El tiempo estimado para la realización de esta etapa como mínimo es de 20 a 30 minutos, correspondientes a la obtención de la imagen (siendo hasta una hora el tiempo máximo de espera, dependiendo de el tiempo de exposición de la membrana a la placa radiográfica), a eso se suma el tiempo de digitalización de la imagen, siendo este entre 5 a 10 minutos.

La importancia de documentar el resultado de la identificación de proteínas se basa principalmente en:

Investigar : Cada laboratorio cuenta con una bitácora para dejar registro de lo que se ha avanzado de la investigación, de esta bitácora se recopila la información relevante del desarrollo de la investigación tales como registro escrito de los resultados e imágenes de los resultados obtenidos.

Semicuantificar : la imagen obtenida se utiliza para semicuantificar la abundancia de la proteína estudiada través de un software de densitometría, el que permite identificar la cantidad aproximada de proteínas según la densidad de la mancha obtenida en la imagen.

Evidenciar : En cuanto a desarrollo científico es posible señalar que cualquier investigación o desarrollo realizado por el o los científicos debe no estar publicado con anterioridad y mostrar como evidencia de los resultados de la investigación a fin de que se decida si es factible patentar lo investigado. la mayoría posee un fin económico por el asunto monetario derivado de una patente.

Publicar : para generar un texto de carácter científico basado en la información recopilada en la investigación, como lo son los papers, los cuales son publicados, dando así la posibilidad de generar conocimiento para el que lo necesite, este fin se enmarca en pro del conocimiento.

Para que el científico pueda documentar geles de forma óptima y se puedan cumplir a cabalidad las finalidades de la documentación de proteínas es necesario poner énfasis en los siguientes puntos conflictivos:

- Tiempo.

En cuanto a tiempo se refiere, se deben disminuir el tiempo que requiere esta etapa, sea en el traslado del gel a otra habitación para la documentación, la identificación de más de una proteína por gel para evitar la repetitividad de la tarea, el tiempo utilizado por el scanner al digitalizar la imagen, etc.

- Calidad de la imagen

En cuanto a calidad de imagen se refiere, esta debe ser lo más precisa posible, es decir, la resolución de la imagen debe ser tal que permita al software de densitometría semicuantificar correctamente la imagen obtenida, debe permitir la impresión de la imagen sin problemas, así como también la resolución debe ser tal que permita al ojo humano identificar de forma óptima las bandas de la membrana.

- Comodidad al realizar la documentación.

En cuanto a comodidad se refiere, ergonómicos, tanto físicos como perceptuales a la hora del diseño de generar una propuesta de diseño, la solución debe incorporarse al lugar de trabajo del científico, es decir, dentro del mismo laboratorio, a fin de evitar traslados innecesarios que podrían derivar en la contaminación del gel o una disconformidad en el usuario por tener que salir de su puesto de trabajo a seguir con su labor.

- Espacio utilizado para la realización de la tarea.

En cuanto a espacio se refiere, se debe disminuir al máximo posible la zona necesaria para documentar el gel, a fin de integrarlo en la zona de trabajo del científico, no generando un estorbo dentro del laboratorio.

- Costo monetario del equipo de documentación e insumos.

Cada vez que se necesita documentar proteínas se utilizan insumos específicos, los cuales se agotan con el tiempo teniendo que adquirir más, se necesita de un sistema que evite la compra de insumos, por otro lado se encuentra el costo monetario total, el cual debe enmarcarse dentro de lo que un laboratorio de investigación pueda solventar, es decir, su costo debe ser menor a los sistemas de documentación actuales.

Para observar in situ la etapa de documentación se procedió a visitar entidades donde se utiliza la identificación de proteínas dentro de la investigación científica que en estos lugares se llevan a cabo, para esto se escogieron tres entidades bajo un criterio de selección que guarda directamente relación con el tipo de financiamiento que reciben a fin de poder identificar si existe alguna diferencia en el método de documentación utilizado acorde al presupuesto que poseen u observar si existen métodos alternativos para realizar esta etapa según los recursos con los que se disponen.

Entidad educacional de carácter Estatal.

Laboratorio de biología molecular, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Se encuentra ubicado en la calle Sergio Livingstone Pohlhammer n°1007. La misión de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile es la generación, cultivo, integración y transmisión de la enseñanza de la química por sí misma y en estrecha vinculación con las Ciencias Farmacéuticas, la Bioquímica y las Ciencias Alimentarias.

Fundamentalmente educar profesionales idóneos con una sólida formación científica, ética y con capacidad de gestión en las áreas de las Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas, Químicas y de los Alimentos.

Esta misión se materializa al proporcionar al país profesionales altamente calificados e involucrados directamente con el área de



la salud (Química y Farmacia y Bioquímica) y con el desarrollo industrial y tecnológico químico (Química e Ingeniería en Alimentos).

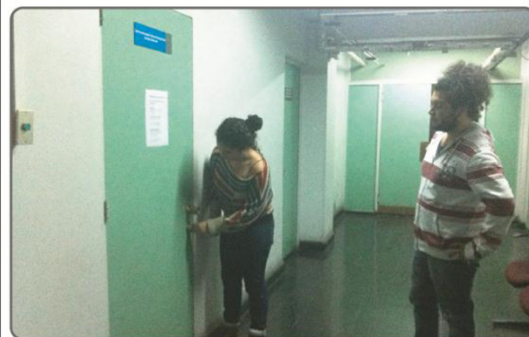
La formación recibida en la Facultad los habilita para ejercer su profesión en el ámbito laboral contribuyendo al desarrollo y progreso del país. Estos profesionales además tienen la preparación necesaria para incorporarse a actividades de perfeccionamiento continuo y a programas de especialización y/o postgrado.

La Facultad ejerce esta misión con excelencia, sentido de compromiso, de modo reflexivo y crítico a través de sus funciones fundamentales de docencia, investigación y extensión. Esta misión se logra a través del trabajo de sus académicos en la docencia de pregrado, postítulo y postgrado, la investigación básica y aplicada en las áreas que cultiva la Facultad, la extensión y la permanente preocupación por los problemas de interés de la comunidad nacional



En este primer caso, el de la universidad estatal, es posible mencionar, a partir de la visita realizada al Laboratorio de biología molecular, que si bien se tiene un orden lógico de los elementos que componen el laboratorio, este presenta problemas en cuanto a la huella dejada por los equipos, es decir, cada insumo, herramienta, equipo, etc. Utiliza parte de los mesones de trabajo destinados para que el científico pueda cumplir su labor, es en estas imágenes donde se evidencia la “apilación” de instrumentos que superan en superficie de apoyo a la superficie de trabajo del científico, por otro lado se encuentra el ambiente generado por estos equipos, otorgando un tono grisáceo a la iluminación total del espacio, dado lo anterior también por la infraestructura en sí, es decir al

mobiliario desgastado por el paso de los años, el cual no necesariamente representa limpieza. Finalmente se observa como el científico debe salir de su lugar de trabajo para trasladarse 5 pisos más abajo (en este caso) para poder realizar el proceso de documentación, donde se encuentra con un mesón, utensilios necesarios para llevar a cabo el revelado y una zona húmeda, que le permite realizar la limpieza de la imagen, retirando de ella el exceso de pigmentación.



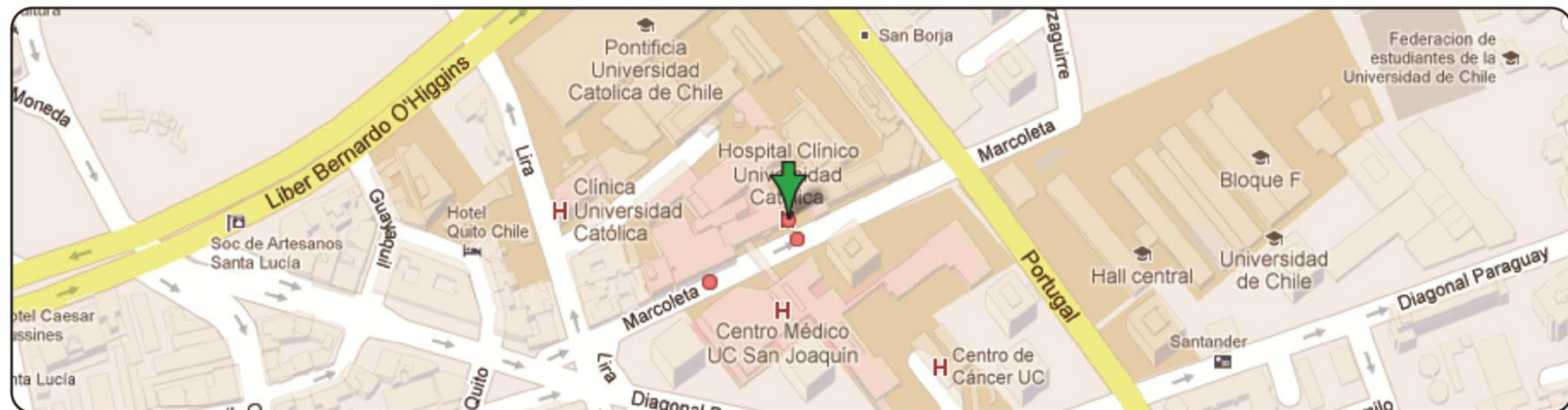
Entidad educacional de carácter privado.

Laboratorio de Endocrinología y desarrollo Placentario. Perteneciente a la facultad de medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Se encuentra ubicada en Av. Libertador Bernardo O'Higgins n°340. Este Laboratorio consta de científicos capacitados para el desarrollo de técnicas que permitan identificar las causas de la preeclampsia en mujeres embarazadas a partir del análisis de la placenta de mujeres en estado post-parto

La institución que lo sostiene consiste en una Universidad que percibe dinero para su financiamiento desde el Vaticano y de su propio sostenimiento a base de investigaciones, inversiones, etc. Su misión es formar profesionales de excelencia, respetuosos de la dignidad

de las personas, y de una moral basada en los principios cristianos, como servicio a Chile y a la Iglesia. Nuestro compromiso es contribuir al progreso de las ciencias de la salud, constituir un campo clínico modelo para entregar una atención centrada en el paciente y su familia, promover una cultura de

calidad y seguridad clínica, y favorecer el constante desarrollo de las personas que trabajan en la Facultad.



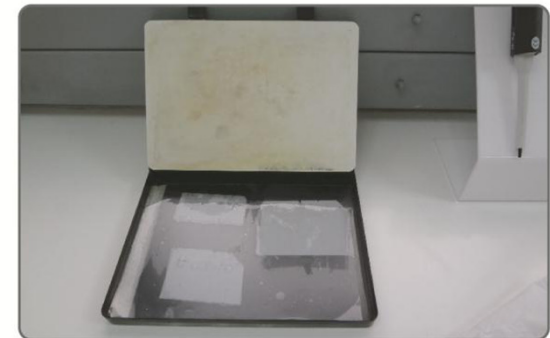
En este tercer caso, correspondiente al laboratorio de investigación aplicada perteneciente a la empresa Bioquímica.cl S.A. no se observan espacios relativamente organizados debido a que se cuenta con dos laboratorios en donde los equipos son dispuestos de forma ordenada, no se aprecia completamente el exceso de utilización de superficies debido a que se posee una bodega encargada de acopiar materiales e insumos que no se utilizan comúnmente, sin embargo es posible observar el tamaño de los equipos en relación al mobiliario del laboratorio, el ambiente se torna un poco más claro que en los casos anteriores debido a la distribución del espacio respecto a las ventanas, lo que permite la entrada de luz natural, apoyando a la luz artificial dada por

cuenta con luces UV, las cuales se activan cuando el personal no se encuentra en la zona de trabajo (fuera de horario de trabajo, generalmente en la noche). Si bien se realiza la técnica de Western Blot esta empresa no cuenta con un cuarto oscuro o una sala de revelado, por lo que principalmente iban a realizar la documentación en un laboratorio externo, pero se optó por adquirir una cámara capaz de captar la fluorescencia, la cual funciona en oscuridad captando las proteínas requeridas, en este laboratorio actualmente se trabaja en el desarrollo de fluoróforos a fin de hacer menos complicada la documentación de las proteínas



En este segundo caso, el de la universidad privada, es posible mencionar, a partir de la visita realizada al Laboratorio de Endocrinología y desarrollo placentario, evidenciar que el ordenado para los objetos del laboratorio, sean estos insumos, equipamiento y herramientas se encuentran ordenadas en la superficie de trabajo, mas sucede el mismo problema de huella que ocurre en el caso anterior, la huella de los implementos iguala o casi supera la superficie de trabajo del científico, por otro lado es posible observar la iluminación de los espacios, que si bien se mantiene grisácea, esta mejora gracias a la aplicación focalizada de luz en los estantes, otorgando al científico mejoras en cuanto a iluminación a fin de no fatigar el músculo ocular, facilitando también el

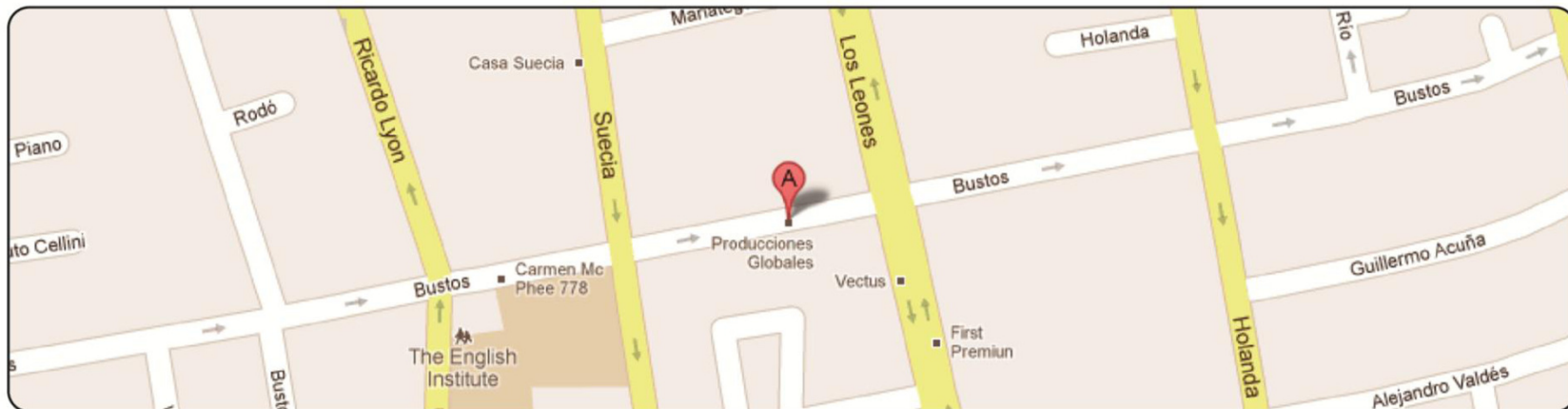
reconocimiento de las zonas del mismo laboratorio. Si bien el financiamiento de esta universidad es de carácter privada, y por ende el dinero disponible para realizar una investigación es mayor, no se cuenta con un equipo que permita obtener la imagen digital de la membrana transferida directamente. Sino que se utiliza la misma técnica realizada por el laboratorio anterior. A diferencia del anterior, el trayecto recorrido para realizar la documentación es menor, lo que no significa que el salir del laboratorio con un trayecto más corto implica que no necesariamente el científico se encuentre satisfecho por tener que caminar menos que otro para conseguir el mismo objetivo



Entidad de carácter Privado.

Laboratorio de investigación aplicada perteneciente a la empresa Bioquímica.cl S.A., la cual se ubica en la Calle Bustos n° 2365, comuna de Providencia. Bioquímica.cl es una empresa perteneciente al rubro de la investigación científica, la cual se dedica al desarrollo de investigaciones y productos de carácter biotecnológico. La misión de Bioquímica.cl es «Proveer al sector científico, especialmente al biotecnológico, herramientas y servicios integrales que permitan optimizar sus funciones y fomentar el desarrollo, la investigación y la innovación». Por otro lado se encuentra la visión de la empresa, la cual es «Ser una empresa rentable y líder en el área científica a través de la investigación, desarrollo, educación e innovación, que a través de sus productos y servicios pueda alcanzar». Bioquímica.cl posee tres divisiones, las cuales corresponden a las ramas en que se desarrolla como empresa. Entre ellas se encuentran: Bioquímica Educación, Bioquímica I+D y Neon Creative Labware. Bioquímica educación es la división encargada de dar soluciones integrales para la enseñanza de la ciencia a nivel escolar y universitario. Por otro lado Bioquímica I+D es la división encargada de la Investigación y desarrollo de

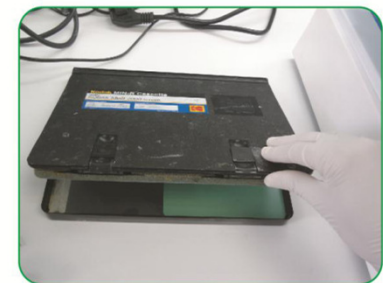
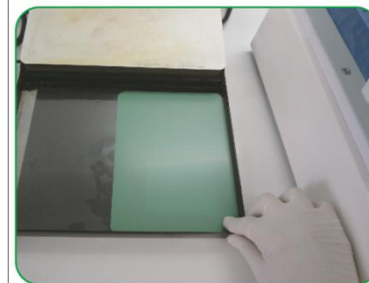
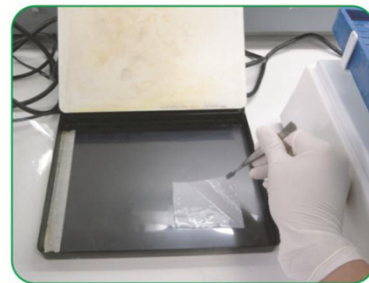
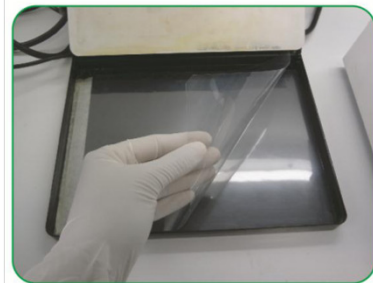
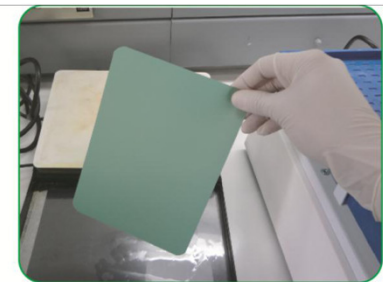
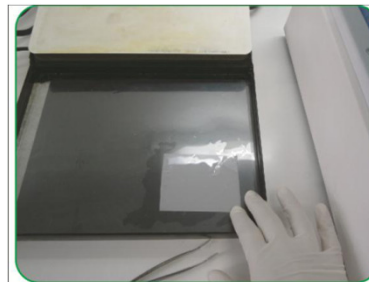
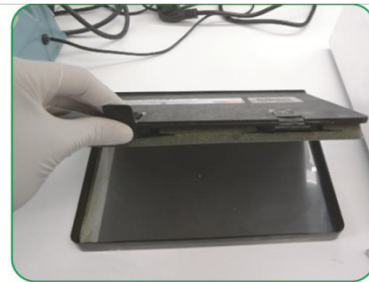
productos biotecnológicos para las principales industrias de la región. Finalmente se encuentra Neon Creative Labware, que es la división encargada del desarrollo de equipamiento de laboratorio innovador. Esta división cuenta con un equipo multidisciplinario compuesto por Científicos, Diseñadores Industriales, Ingenieros, entre otros.



En los tres casos observados anteriormente se evidenció la utilización del método tradicional de documentación, presentando en la realización del método variaciones en marca de herramientas e insumos.

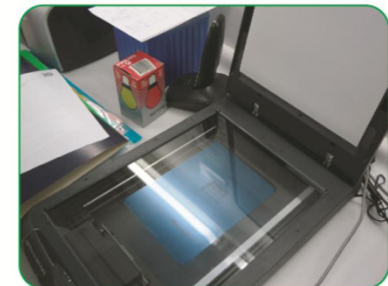
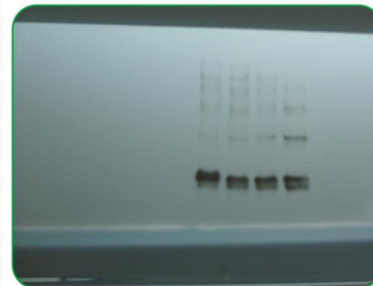
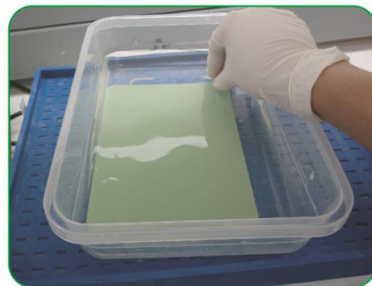
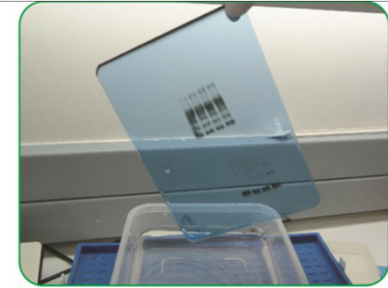
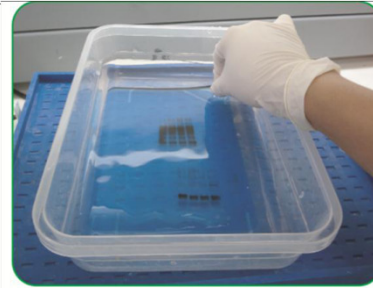
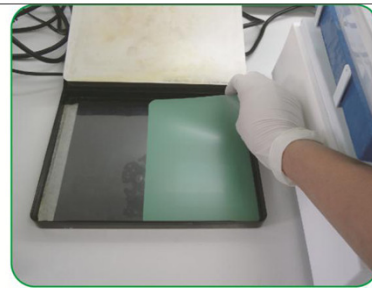
A continuación se muestra el modo operatorio, es decir, el paso a paso de la documentación de geles tal como se produce en los contextos visitados, el cual se realiza mediante la exposición de un film autoradiográfico. Las imágenes fueron tomadas en primera persona para evidenciar fielmente que es lo que el científico vive al momento de realizar esta etapa del Western Blot. Las imágenes fueron captadas con luz ambiental a fin de poder mostrar el paso a paso, pero el proceso en sí se realiza en un cuarto oscuro debido a que la placa autoradiográfica no puede ser expuesta a la luz ya que se produce su velado.

Primero Se utiliza un Cassette de revelado, el cual cumple la función de proporcionar oscuridad al momento de exponer la membrana a la placa autoradiográfica. Se procede a abrir el cassette mediante los broches que posee en la zona frontal, en su interior se introducen dos micas, encargadas de funcionar como protector de la membrana para cuando sea expuesta al film. Se deposita la membrana previamente lubricada con un líquido que permite la fluorescencia de las bandas identificadas.



Luego de posar la membrana que posee la transferencia de las proteínas identificadas se procede a poner una mica encima de ella, se dispone la placa autoradiográfica sobre la membrana previamente protegida y se procede a cerrar el cassette con la finalidad de que la fluorescencia de las proteínas dejen su huella en el film. Este proceso puede tardar como mínimo entre 10 a 20 minutos y como máximo una hora, dependiendo del tamaño de la banda a documentar, el tipo de gel y la imagen a la que se desea llegar. Una vez transcurrido el tiempo necesario para que la imagen sea traspasada al film se procede a retirarlo del cassette para sumergirlo en una solución reveladora, la cual se encarga de retirar las zonas pigmentadas que no fueron transferidas al film, luego de eso se sumerge en una batea de agua con el fin de

retirar impurezas o cualquier otro pigmento que cause ruido en la imagen. Para finalizar, el film con la imagen en él se unta en líquido fijador a fin de mantener la imagen sin que esta se borre. Luego de eso se deja secar a temperatura ambiental para que el exceso de fijador se evapore dejando como resultado un film con las bandas de proteínas impresas en él. Para concluir el proceso se procede a digitalizar la imagen obtenida en un scanner tradicional conectado a un computador.





## Estado del Arte: Sistemas de documentación de proteínas

Si bien se habló de un contexto en donde la documentación se realiza de forma manual a través del revelado de una placa, esa no es la técnica utilizada en el contexto global, ya que se han diseñado equipos que permiten obtener la imagen de forma digital, utilizando menos espacio y requiriendo de menor esfuerzo para lograr el objetivo de la documentación, mas estos no se han masificado en Chile debido al alto costo monetario que implica su adquisición, por lo que se procederá a exponer las características de los documentadores actuales a fin de establecer parámetros dentro de los que el diseño de un sistema de documentación debe enmarcarse en la actualidad.

Los equipos mostrados a continuación sólo funcionan en base a quimioluminiscencia (Flourescencia dada por una reacción química, la que agota su luminiscencia con el paso del períodos cortos de tiempo)

### Gel Logic 2200 PRO

El Gel Lógica 2200 PRO ofrece una solución enfriada 2,2 megapíxeles cámara CCD grado 0 con motor de 12,5 mm a 75 mm de la lente zoom 6x, verdadero 16-bit captura de datos, controles virtuales de iluminación, un despliegue transiluminador, y la mesa de nuevo diseño, luz blanca. El sistema es un sistema completamente automatizado que ofrece facilidad de uso, la sofisticación, la sensibilidad y el rendimiento para la comunidad de investigación básica.

Este documentador integra un transiluminador UV y una luz blanca LED de iluminación y trans-epi iluminación de luz blanca es capaz de fotografiar una variedad de muestras fluorescentes y colorimétricas. El gabinete proporciona un entorno de prueba de luz para imágenes quimioluminiscente, cuenta con una estructura de navegación cuenta con flujos de trabajo impulsados por paletas de herramientas para una mayor

facilidad de uso, tiene una amplia zona de trabajo de la muestra y de la puerta permite un fácil acceso. Captura de imágenes individuales de 16-bit con acumulaciones de archivos de n bits que proporcionan una excelente linealidad (rango dinámico de > 4 órdenes de magnitud) que permite la visualización y cuantificación precisa de bandas débiles.



### Molecular Imager®.

Molecular Imager es un sistema de documentación rápido y fácil de usar que incluye un sistema de imagen de geles de alta resolución. Incluye cuarto oscuro, cámara, iluminación UV y luz blanca, filtro ámbar y escudo de protección UV. Funciona a través de un software de análisis.

Características generales:

- Imagen de alta resolución.
- Lente de zoom motorizado
- Rango de detección de 3 órdenes de magnitud.



### FluorChem Q System.

El múltiplex fluorescentes capacidades de imagen de detección quimioluminiscente y de la Q FluorChem proporcionar una solución completa para la formación de imágenes cuantitativas de Western blot y análisis. La plataforma abierta es compatible con una amplia gama de colorantes y kits, que proporciona la flexibilidad necesaria para múltiples aplicaciones.

El Q FluorChem permite la detección cuantitativa de proteínas múltiples en un solo ensayo, eliminando la necesidad de despojar y blots sonda re-. Los valores de intensidad se normalizaron



fácilmente a un control de carga para corregir las inexactitudes. Imagen compuesta de una de tres colores fluorescentes Western blot, antígeno carcino embrionario (CEA), la transferrina y la IgG se detectaron con anticuerpos marcados fluorescentemente, y fotografiado en tres canales fluorescentes espectralmente únicas. Tiempo de imágenes: 24 segundos.

Características principales:

- Seis posiciones rueda de filtros UV proporciona versatilidad de imagen y fluorescentes
- Tres canales de excitación con longitudes de onda específicas para la formación de imágenes fluorescente múltiplex Western blot
- Potente lente fijo para velocidades rápidas de imágenes
- AlphaView<sup>®</sup> Q software ahorra protocolos de imagen y proporciona herramientas de análisis cuantitativo, necesita de un computador para traspasar la imagen obtenida

BioSpectrum Imaging System.

El Sistema BioSpectrum Imaging proporciona detección extremadamente rápida y sensible de proteínas obtenidas a través de Western Blot. El BioSpectrum utiliza una cámara de enfriado, una cámara CCD y óptica apta para lograr detección de gran sensibilidad. El sistema combinado con anticuerpos y sustratos tales como anticuerpos de Rockland Immunochemicals y sustrato HRP FemtoMax permite la detección de cantidades de proteínas diana con una excelente sensibilidad y especificidad. El software VisionWorks permite a los usuarios realizar el análisis de la densidad de área y calcular el nivel de señal de cada muestra. Además de la documentación de geles provenientes de Western Blot, la BioSpectrum está diseñada como un sistema multi-funcional para múltiples aplicaciones, como transferencias Northern y Southern, imágenes fluorescentes y colorimétricos.



Alliance 4.7

Características:

Cámara y óptica

- 4,2 megapíxeles. -El rendimiento de 16-bit (65 384 niveles de gris) -Rango dinámico: 4,8 OD -Extreme resolución
- Cámara Científica grado con velocidad variable obturador electrónico -1,1 pulgadas sensor -Lente fijo extremadamente brillante -Refrigeración menos 65 ° C durante el menor ruido
- Alianza software 1D "Un toque" imagen totalmente automatizada programa de adquisición Mejora de la imagen, anotación e ilustración. 3 módulos de análisis de imágenes: Peso Molecular 1D (MW, volumen, intensidad) recuento de colonias

Cálculo de la distancia (RF, IEF, ...)

Zona oscura: Acero y acero inoxidable cuarto oscuro pintado en epoxi para una resistencia química

Imágenes cuerpo Negro grado Multi-posiciones rueda de filtros 8-watt construir-en el despliegue transiluminador UV

Temporizador e interruptor de seguridad 12 longitudes de onda de iluminación Opciones Biofluorescence y multiplexación listo - opcional Epi-Bright Multiwavelength epi-iluminación.



Si bien estos son algunos ejemplos de documentadores a continuación se presenta una tabla comparativa detallada con las especificaciones de los documentadores de mayor relevancia en el comercio internacional, dicha tabla indicará los parámetros en los que se debiese enmarcar el desarrollo y posterior diseño de un sistema que permita documentar geles de proteínas. Las características en donde se puede mejorar son:

- Reemplazo del UV por una fuente de emisión de luz que permita la excitación de los fluoróforos sin causar posibles daños al usuario.
- El no uso del computador, no se debe requerir de un equipo para recibir las imágenes, debe estar integrado al diseño.
- Debe permitir el uso de dos o más canales de detección.
- Debe utilizar filtros adaptables por el usuario.
- Su costo de mercado debe ser menor que los ofrecidos por documentadores actuales (haciendo referencia a los casos de estudio).

Empresa importadora Loncotec		Galenica		Galenica		Galenica		Galenica		Galenica		Galenica	
Marca	LICOR	LICOR	Bio-Rad	Bio-Rad	Bio-Rad	GE Healthcare	GE Healthcare	Protein simple	Protein simple	Protein simple	Carestream		
Modelo	ODYSSEY Fc	ODYSSEY CLx	VersaDoc™	ChemiDoc™ XR	Gel Doc™ EZ	Typhoon 9410	ImageQuant LAS 4000	Alphamager HP	FluorChem Q system	FluorChem E and M imagers	4000MM PRO Fixed/Zoom		
Precio	\$35,878,500		\$74,798,306		\$9,509,385								
Catálogo?	No	No	170-8640	170-8280	170-8270	9410-WKSTN	28-9558-10	No	No	No	No	No	No
WEB	http://www.licor.com/bio/		http://www.bio-rad.com/			http://www.gelifesciences.com		http://www.proteinsimple.com/		http://www.carestream.com			
Características													
Fuente de excitación	Área de Iluminación	láser infrarrojo	LED RGB, UV, luz blanca	UV, epi-white	UV, Xitablue	LED RGB, UV	LED RGB*, UV**, luz blanca	UV, blanca	Epi excitation sources at 475/42, 534/30 and 632/22 nm, 302/365 nm dual-wavelength, dual-intensity UV, epi white lights	UV y luz blanca	Luz de xenon, UV*, blanca.		
Detección	CCD enfriado	Avalanche Photodiode	CCD enfriado -35°C	CCD enfriado -30°C	Camera	CCD multicanal	CCD enfriada -30°C	CCD	CCD enfriado -25°C	CCD enfriado -25°C	CCD enfriado -29°C		
Resolución	125 µm	21-337 µm	24x 24 µm	4 MP		1000, 500, 200, 100, 50, 25 y 10 µm, seleccionable	3.4 MP	1.4 MP	4.19 MP	7.4x7.4µm	8.3 MP	5.4x5.4 µm	4.2 MP
Requiere PC Wireless	Si No	Si No	Si No	Si No	Si No	Si No	Si No	Si No	Si No	Si No	No (integrado) Si	No (añadido) No	No
Rango dinámico	>6 logs	4 logs (Manual) >8 logs (Autoscan)	5 ordenes de magnitud	>4 ordenes de magnitud	¿?	5 ordenes de magnitud	4 ordenes de magnitud	¿?	¿? (de una categoría de 3 puntos marca 2)	¿? (de una categoría de 3 puntos marca 2)	>4.0 ordenes de magnitud		
Área de escaneo	10x12 cm	25x25 cm	25x25 cm	28x36 cm		20x25 cm	21x14 cm	¿?	15x15 cm	12x16 cm	≈13.5x13.5 cm		
Compatible con sistema operativo	¿?	¿?	Windows Vista/XP/2000 y MacOS X	Windows XP/7 y MacOS 10.0	Windows XP/7 y MacOS 10.0	Windows 2000	compatible con cualquier computador	Windows XP/Vista/7	Windows XP/Vista	Windows XP/Vista	Todo dispositivo con internet	Windows XP/7 o Intel MAC OS X	
Tipo de detección	IR, quimio, coomassie, SYBR, Bromuro Etidio	IR, coomassie, SYBR, ELISA, EMSA, in/on-western	Quimio, Ados nucleicos, quantum dot, "esterns", fluorescencia	Fluorescencia, quimio, colorimetria, documentacion gel	Bromuro, fluorescencia, tincion proteinas, SYBR	Fluorescencia, quimio, radioactividad, microarray	Fluorescencia, Quimio,	Bromuro, fluorescencia*, SYBR*, SYPRO orange, SYPRO*	Fluorescencia, quimio, colorimetrico, UV	Fluorescencia, quimio	fluorescencia, radioactividad*, geles en general		
Canales de detección	2	2	1 o 2	1	1	2	1	3	3	3	1		

\*: Opcional  
 \*\*: Según modelo  
 añadido: Computador adicional pero fuera integrado: Forma parte del diseño  
 X: Información no determinada

Fig. 4: Cuadro comparativo de Documentadores en el mercado. Fuente: Bioquímica.cl S.A.

**Anexo 2:**  
**Datos de muestra**

**«Prueba de pulsador bandeja de entrada».**

*Datos de muestra*

*«Prueba de pulsador bandeja de entrada».*

n°	NOMBRE	PROFESIÓN	DEDO P. BOTÓN	OBSERVACIÓN
1	Pamela López	Téc. en Biotecnología	Índice	Asocia presión a lector de CD
2	Gustavo Guzmán	Téc. en Biotecnología	Pulgar derecho	--
3	Ana Morán	PhD. Química	Pulgar	Elige dos zonas, izquierda y derecha
4	Iris Loto	Química	Pulgar	Asocia presión a lector de CD
5	Lilian Parra	Bióloga	Pulgar	Asocia presión a lector de CD
6	Pablo Barra	Bioquímico	Pulgar	Asocia presión a lector de CD / elije lado derecho siendo zurdo
7	Cristina Acuña R.	PhD. Química	Pulgar	Asocia presión a lector de CD



**Anexo 3:**  
**Q-Dot imager**  
**«Planimetrías».**