**Resumen:**

A lo largo de este documento se explica el proceso de diseño e implementación de una estructura en 3D, usada para colocar de manera paralela un par de mallas metálicas que deben ser electrificadas dentro de una cámara de vacío con el fin de generar un haz de electrones dentro de ella. Las dimensiones y disposiciones de las piezas que conforman la estructura se detallarán más adelante, así como las consideraciones relacionadas al proceso de impresión 3D que permitieron su estimación. Además, se describe el proyecto principal para el cual se diseña la estructura, y mediante el cual se tiene la intensión de generar un haz de electrones que pueda ser medido. Para el diseño de la estructura se usó el programa Fusion 360 de Autodesk.

**Introducción**

La manipulación y medición precisa de haces de electrones representan una faceta esencial en la investigación científica y en numerosas aplicaciones tecnológicas de vanguardia \cite{vanguardia}. Desde su introducción en la segunda mitad del siglo XX \cite{siglo}, los haces de electrones han revolucionado campos como la microscopía, la nanotecnología, la física de materiales y la fabricación de dispositivos semiconductores \cite{elecmagnet}, entre otros. Este fenómeno se debe a las propiedades únicas de los electrones, tales como su pequeña longitud de onda, su capacidad para penetrar la materia y su alta resolución espacial \cite{properties}, lo que los convierte en herramientas fundamentales para la observación y manipulación de estructuras a escalas micro y nanométricas.

En este contexto, el estudio y caracterización de los haces de electrones adquieren una importancia crucial. Es esencial comprender tanto la generación como la propagación de estos haces, así como su interacción con la materia. En particular, la medición del área transversal del haz de electrones es un aspecto fundamental, ya que proporciona información valiosa sobre la distribución espacial de la intensidad del haz, lo cual es crucial para numerosas aplicaciones prácticas.

La producción de haces de electrones se lleva a cabo en entornos controlados, donde se aplican principios fundamentales de la física para generar y manipular estos haces con precisión. Una de las consideraciones más importantes en este proceso es la necesidad de realizarlo en una cámara de vacío. La cámara de vacío proporciona un ambiente libre de partículas y gases que podrían interferir con la generación y propagación del haz de electrones. Además, el vacío elimina la dispersión de los electrones debido a colisiones con moléculas de aire, lo que permite mantener la coherencia y la direccionalidad del haz \cite{vacuum}.

La producción de haces de electrones puede lograrse mediante varios métodos, como la emisión termoiónica, la emisión de campo, o el uso de fuentes de electrones pulsadas. En la emisión termoiónica, por ejemplo, los electrones se liberan de un material emisor caliente debido a la agitación térmica de los átomos en su superficie. Por otro lado, en la emisión de campo, se aplica un campo eléctrico intenso para extraer electrones de la superficie de un material \cite{procesos}. A continuación, se hará una corta descripción de como este último método es usado en un montaje experimental y las consideraciones estructurales que permiten la generación del haz deseado.

**Montaje inicial**

**Consideraciones iniciales**

El método de producción del haz de electrón seleccionado es la emisión de campo. Con el fin de evitar la producción de corriente eléctrica, el campo eléctrico debe generarse dentro de una cámara de vacío con una presión lo suficientemente baja para que la tensión eléctrica colocada no sea suficiente para generar una descarga eléctrica. La relación entre la presión y el voltaje de ruptura (nivel de tensión eléctrica al que se puede producir la descarga) está dada por la Ley de Paschen, que provee una ecuación para el voltaje de ruptura dependiente de la presión del gas y la distancia entre los electrodos:

\_ ecuación y descripción en latex\_

Para propósitos de este proyecto, la tensión a colocar corresponde a aproximadamente 1000 voltios. Debe considerarse además la composición del aire, que es aproximadamente 78% nitrógeno ($N\_2$) y un 21% oxígeno ($O\_2$).

En este orden de ideas, se dispondrá inicialmente de dos electrodos dentro de un cilindro de vidrio hueco como se observa en la fig \ref{cilindro}. Dado que se espera poder medir el haz de electrones, este debe poder ser receptado por un sensor. Por este motivo los electrodos corresponden a mallas metálicas en vez de superficies cerradas, que impedirían que el haz las atravesara.

// Figura cilindro

Con el fin de generar vacío, se usará la bomba HiPace de Pfeiffer Vacuum Technologies \cite{pump}, que puede ser controlada por medio de un microcontrolador. Por facilidad de uso, se ha escogido para este propósito la placa de desarrollo Arduino Mega 2560, encargada de enviar instrucciones a la bomba (encendido y apagado, modo de operación, entre otros) así como de obtener información de ella (valores de presión y temperatura).

Para el control manual y visualización del estado de la bomba y de presión actual se diseñó una interfaz virtual que usa python para acceder a la información obtenida por medio de la placa Arduino. Mediante ella no solo es posible visualizar la información y controlar el estado de la bomba, sino también observar el valor de presión arrojado por un sensor adicional añadido para monitorear el valor de presión principalmente durante la primera etapa de extracción de aire \cite{sensor} . Tanto el sensor como la bomba requieren interfaces de comunicación adicionales a las encontradas en la tarjeta de desarrollo. En el caso de la bomba, este protocolo corresponde al RS485, mientras que el usado por el sensor adicional es el RS232. Esto implica la adición de circuitería adicional con el fin de tener la capacidad de leer y enviar correctamente la información.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se desarrolló una placa de circuito impreso que embebe cada uno de los procesos mencionados, así como toda la parte eléctrica requerida para alimentar los diferentes dispositivos (para más información ver repositorio de GitHub \cite{github}).

A continuación, se describe la estructura física que compone el montaje.

**Estructura física inicial**

El montaje al cual se adaptará la estructura en 3D consiste en una pequeña camara de vacío (ver fig. 1) compuesta principalmente por:

* Un cilindro de vidrio hueco (1) con un diámetro interno de 33 mm y externo de 41 mm, y un largo de aproximadamente 150 mm, dentro del cual se espera producir el haz de electrones.
* El cilindro está sujeto al resto del montaje por medio de dos cilindros metálicos más cortos (2 y 3) que se encuentran atornillados al montaje.
* Los cables encargados de electrificar los platillos (6 y 7) vienen desde la parte izquierda del montaje (4). Los platillos tienen un diámetro de 28mm y son perpendiculares a la dirección del haz de electrones a producir.
* La bomba encargada de succionar el aire y generar el vacío se encuentra en la parte derecha (5).

Como se observa en la figura \ref{fig1}, aun es necesario implementar una estructura adicional que permita sostener los electrodos dentro del cilindro de vidrio. Esta estructura no solo debe permitir su electrificación, sino también proveer paralelismo entre ellas con el fin de reducir la probabilidad de dispersión de los electrones y proveerle uniformidad al haz generado. El diseño de dicha construcción se detalla a continuación.

**Diseño**

La estructura a diseñar debe cumplir principalmente con los siguietes requisitos:

**Sostener los platillos de manera firme y paralela entre ellos y permitir su electrificación:**

Con el fin de sostener los platillos firme y paralelamente entre ellos, se diseñó la estructura mostrada en la figura 2, que consiste en dos piezas metálicas de entre las cuales se ubicarán los platillos. Las piezas se ajustan entre sí por medio de un tornillo y una tuerca, para lo cual se dispone de un agujero en cada una de las piezas (posiciones 1 y 2 en fig. 2). Este tornillo servirá a su vez para mantener el contacto entre el platillo y el cable usado para electrificarlo.

Las piezas están diseñadas de tal manera que no obstaculizen el paso de electrones (que deben atravesar el platillo), pero que aún así exista suficiente contacto elétrico con el platillo, para lo cual rodea la mitad de su circunferencia y tiene un diámetro ligeramente más grande que el del platillo. La existencia del agujero en las posiciones 3, 4 y 5 (este último visto mejor desde la vista izquierda) se explica en la siguiente sección.

**Permitir desplazar los platillos a lo largo del cilindro 1 según sea necesario:**

Las piezas que sostienen los platillos deben poderse mover a lo largo del cilindro de vidrio. Para esto se diseñó la estructura mostrada en la figura 3, que consiste en un platillo dieléctrico (posicion 1 en fig. 3) al cual se encuentra atornillada una barra dieléctrica (posicion 2 en fig. 3) en la cual se introducen las piezas de la sección anterior por medio del agujero en la posición 2 de la figura 2. Con el fin de evitar el desplazamiento de los platillos a lo largo de la barra una vez se haya definido su posición, se colocará un tornillo de manera perpendicular a la barra por medio del agujero en la posición 5 (fig. 2) Los agujeros 3 y 4 permiten sostener, uno de los platillos metálicos, que quedará ajustado al platillo dieléctrico (1) mediante un par de tornillos. Por otro lado, los agujeros 5 y 6 permiten el paso de los cables mediante los cuales se busca aplicar tensión eléctrica a los platillos.

**Poder añadirse/quitarse del montaje de manera relativamente sencilla:**

Con el fin de que las piezas diseñadas puedan ser añadidas con facilidad al montaje inicial (figura 1) se diseñó un conector dieléctrico (figura 4) cuya función es sostener el platillo dieléctrico descrito en la sección \_\_. Para esto dispone de dos agujeros (posiciones 1 y 2 en fig. 4) en los cuales se insertan dos piezas que sobresalen del platillo a ajustar (posiciones 1 y 2 en fig. 5). El agujero en la posición 4 (fig. 4) permite el paso de los cables. El conector se ajusta al montaje por medio de una ampliación radial (posción 3 en fig. 4) la cual queda ajustada entre la parte izquierda del montaje y uno de los cilindros que se atornillan a él (posiciones 4 y 2 en fig. 1, respectivamente).

**Evitar interferir de manera electromagnética con el haz de electrones a generar:**

Con el fin de causar la menor interferencia posible, todas las piezas deben estar constituídas por un material dieléctrico, a excepción de las descritas en la sección \_\_, que son metálicas.

**Resultado:**

La estructura completa añadida al montaje se observa en la figura 6. En esta ocasión se ha simulado la presencia de un solo platillo.

Como se observa, las dimensiones a partir de las cuales se realizó el diseño fueron adecuadas para el montaje y la disposición deseada de los platillos. Es necesario añadir que si bien las medidas reales del montaje fueron la base para la constitución de las dimensiones de la estructura, existen algunos detalles relacionados a la impresión 3D que se tuvieron en cuenta:

1. Las piezas de inserción deben diseñarse de tal manera que el diámetro de la pieza a insertar sea entre 0.5 mm y 1 mm menor al diámetro de la cavidad.
2. En el caso de dos piezas que deben ser atornilladas, se recomienda que solo una de las dos cavidades en las que se introduce el tornillo tenga forma de rosca, mientras que la otra sea lisa. Esto evita pequeños espacios entre las dos piezas debido a malformaciones de impresión.
3. Los cuerpos de impresión deben ser separados en diferentes partes cuando tiene cambios repentinos de volumen y/o altura. Esto explica por qué el platillo dieléctrico y la barra de desplazamiento descritos en la sección \_\_ no se imprimieron como un solo cuerpo.
4. La impresión de partes muy delgadas puede causar acumulaciones no deseadas de material de impresión, por lo cuál se evitaron aumentando las áreas de algunas zonas de la estructura.

Paro 2024

El 21 de marzo se realizó la asignación del nuevo rector de la Universidad Nacional. Lastimosamente estas votaciones cuentan con muy poca participación del estudiantado, ya que el grupo de personas que escogen al rector, que corresponde al Consejo Superior Universitario (CSU), está conformado por 9 personas de las cuales solo una es estudiante, que es justamente la representante estudiantil al consejo. En esta ocasión, sin embargo, se tenía la promesa por parte de presidencia de darle más peso a la posición del estudiantado para la elección del nuevo rector. El jueves 21 de marzo se celebró la votación, que duró 9 horas.

La cuestión es que este evento causó mucha desconformidad dentro de los estudiantes por varias causas, no solo porque no era el candidato preferido por este grupo sino porque al parecer hubo algunas irregularidades durante el proceso de selección (pactos de confidencialidad, de voto privado y metodología de voto por rondas), además del aparente incumplimiento de la promesa hecha a los estudiantes. Esto llevó a que el martes 2 de abril se celebraran diversas asambleas estudiantiles dentro de la universidad, dentro de esas la asamblea de la facultad de ingeniería, durante la cual se declaró Paro Definido en la facultad hasta el día tentativo martes 9 de abril. El pasado 4 abril se desarrolló la asamblea de sede en la cual toda la sede Bogotá se declaró en paro y se decidió extenderlo hasta el 18 de abril. Durante esta serie de asambleas se han desarrollado espacios de movilizaciones y protesta pública.

Si bien la extensión se da hasta el 18 de abril, se desconoce la duración real del paro y de la postura futura de la facultad de ingeniería en el futuro respecto a la postura de la sede Bogotá. Jústamente el día de hoy (16 de abril) se celebrará a las 2PM (hora colombia) una nueva asamblea de la facultad de ingeniería en la que se discutirá este tema.

Cabe aclarar que un paro implica:

* Suspensión temporal de todas las clases.
* Dificultad de acceso a diversos espacios académicos dentro de la universidad.
* Suspensión/modificación de algunos servicios administrativos.
* Desplazamiento de fechas de culminación de los cursos ofrecidos durante el semestre 2024-I y de las fechas de inicio del semestre 2024-II según la duración del paro, que hasta el momento completa 2 semanas.