

**PBIOSSETHY**  
**DISPOSITIVO PARA LA MEDICIÓN DE BIOMETANO**

**Manuel Fernando Rodríguez Triana**

mrodriguez078@uan.edu.co

**Jorge Alexander Barriga Monroy**

jbarriga34@uan.edu.co

**FACULTAD DE ARTES**  
**PROGRAMA DE DISEÑO INDUSTRIAL**  
**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO**  
**BOGOTA D.C.**

**2022**

## **Resumen**

Este proyecto nace como resultado del trabajo colaborativo ente el departamento de Ingeniería Ambiental y Diseño Industrial de la Universidad Antonio Nariño, se realiza con el fin de saber cuánto gas metano se puede producir a partir de cualquier residuo orgánico que entre en fermentación o descomposición, para poder calcular a gran escala cuanto gas como fuente de energía renovable, calórica o combustible, se puede generar y cuál va a ser su potencial en un entorno comercial o gubernamental. También pretende mostrar las ventajas y desventajas de la co-creación entre diferentes disciplinas de conocimiento con un fin común que es la resolución de problemas.

## **Abstract**

This project as a result of the collaborative work between the Department of Environmental Engineering and Industrial Design of the Antonio Nariño University, is carried out in order to know how much methane gas can be produced from any organic residue that enters fermentation or decomposition, in order to calculate on a large scale how much gas as a source of renewable energy, heat or fuel, can be generated and what its potential will be in a commercial or governmental environment. It also aims to show the advantages and disadvantages of co-creation between different disciplines of knowledge with a common goal that is problem solving.

## Tabla de Contenidos

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| Resumen.....                    | ii |
| Abstract.....                   | ii |
| Introducción.....               | 1  |
| Planteamiento del problema..... | 1  |
| Formulación.....                | 3  |
| Justificación.....              | 3  |
| Objetivos.....                  | 6  |
| Objetivo General.....           | 6  |
| Objetivos Específicos.....      | 7  |
| Marco Referencial.....          | 8  |
| Ambiental.....                  | 8  |
| Tecnológico.....                | 9  |
| Social.....                     | 12 |
| Metodología.....                | 15 |
| Procedimiento.....              | 17 |
| Resultados.....                 | 63 |
| Bibliografía.....               | 65 |

## **Introducción.**

El biogás o biometano, es el gas generado a partir de la fermentación o descomposición de residuos o de material orgánico, se compone principalmente de metano y dióxido de carbono, junto a otros gases en menor proporcionalidad. El metano por su parte tiene grandes aplicabilidades como fuente de energía renovable, fuente calórica, o combustible vehicular y resulta ser una gran alternativa contra la contaminación ambiental que se ha generado por años con la extracción de energías fósiles. Aunque técnicamente es fácil de obtener porque es un proceso natural, se debe hacer de manera controlada para evitar problemas ambientales, pues su composición química genera gases de efecto invernadero y adicionalmente es extremadamente inflamable, actualmente ya existen varias plantas de producción de biogás a nivel mundial y cada vez se va tecnificando más el proceso con el fin de ser más eficiente, pero hay un eslabón en la cadena al cual le hace falta mayor investigación y este es a la medición de potencial de biometano, el cual en pocas palabras es medir cuánto metano puede producir cualquier desperdicio orgánico en una condición x. Junto con el programa de ingeniería ambiental, estamos trabajando colaborativamente en este proceso, con el fin de mejorarlo en los problemas que actualmente presentan.

## **Planteamiento del problema.**

Los grupos de investigación como universidades, empresas públicas, privadas, organizaciones pequeñas y de talla mundial, y cualquiera que pretenda dar un cambio positivo para resarcir el impacto ambiental que se ha generado por la extracción y explotación de tierras

para la obtención de combustibles fósiles y otros recursos; crean alternativas innovadoras, con el fin de cuidar y proteger nuestro planeta y darles un mejor futuro a las generaciones venideras. Junto al programa de ingeniería, estamos co-creando en un proyecto para medir el potencial de biometano, el cual busca en pocas palabras, medir cuánto metano se puede producir con cualquier material orgánico que entre en descomposición.

El diseño industrial aporta significativamente a este proyecto, pues con él, se busca atacar:

1. Al factor económico, ya que en el mercado existen dispositivos automáticos que permiten esta medición, pero su costo es muy elevado y de difícil acceso para quien no cuenta con los recursos suficientes, su tamaño es sumamente grande y se requiere buen espacio físico para colocarlo y el servicio post venta resulta ser demorado en caso de requerir piezas de repuesto o garantías porque los productos son importados.
2. Al uso erróneo de procesos y obtención de resultados, pues quienes no pueden comprar los artefactos nombrados anteriormente, normalmente adquieren elementos de bajo costo para ensamblar sus propios equipos de manera empírica y hacer sus propias mediciones, pero estas resultan fallidas o erróneas por la falta de estandarización de los procesos.
3. A la dificultad de lectura actual, generando compilaciones de datos de manera sencilla y de fácil acceso para cualquier persona, que cuente o no con conocimientos en el tema y se puedan hacer los cálculos a escala, para entender cuánto potencial de metano puede obtener con sus materiales de estudio.

Si no interviene el diseño industrial en este proyecto, los resultados obtenidos son pocos y posiblemente los mismos que ya se han obtenido en diferentes laboratorios, pues es necesario diseñar el proceso y pensar no sólo desde la importancia del resultado de la medición, sino la factibilidad de la producción y cómo debe ir dispuesto cada elemento para que cumpla con las funciones prácticas, estéticas, y comunicativas, junto con la asequibilidad.

### **Formulación.**

¿El diseño industrial cómo puede aportar al departamento de ingeniería ambiental que busca obtener resultados en la medición de potencial de biometano, solucionando los problemas actuales y siendo referente científico mediante un producto tangible, funcional, comercial y patentado?

### **Justificación.**

Este proyecto de trabajo colaborativo entre el laboratorio de recursos hídricos y el programa de diseño industrial de la Universidad Antonio Nariño, va dirigido en materia de investigación eco ambiental con el fin de crear un artefacto y proceso estandarizado para la medición de potencial de biometano, pues actualmente aunque ya existen productos que lo hacen, su costo es demasiado alto para poder ser adquirido por laboratorios de investigación de las universidades o por algunas plantas de producción de biogás que se encuentren en Colombia y/o en el mundo y que no cuentan con los suficientes recursos económicos.

La medición de potencial de biometano es necesaria para saber cuánto metano se puede producir a partir de cualquier residuo orgánico, pues no todos los materiales generan la misma proporción de gas, estas pueden variar del 40% al 70% en metano del 60% al 30% en dióxido de carbono, cabe aclarar que el gas que tiene usabilidad es el metano, pues sirve para cocinar, generar electricidad con turbinas especiales, o como combustible vehicular; y la forma actual como hacen la medición las plantas de gas es según la cantidad de energía eléctrica que puedan producir, cuantifica por Kilowatts, Megawatts y/o Gigawatts a determinado tiempo.

Esta medición nombrada anteriormente no discrimina las proporciones de los gases y en caso tal de cambiar algún componente de la mezcla o sustrato orgánico en descomposición, no se puede determinar a ciencia cierta cuanto metano se produce, por tal motivo, con el diseño del artefacto en el cual se está investigando, se puede hacer el proceso a escala con cualquier material biodegradable y hacer el cálculo a escala según los resultados obtenidos.

Otro de los puntos por el cual se va intervenir en este proyecto, es la automatización del sistema y poder obtener los datos de manera fácil y ágil, pues los sistemas actuales de costo muy elevado, tienen pantallas integradas que muestran la información, pero la forma de transferirla es mediante dispositivos pendrive y en los sistemas más simples, se debe hacer mediciones por diferentes métodos e ingresar los datos a páginas de internet que son muy complejas de entender y al final, al no existir una estandarización, las pruebas terminan dando datos erróneos o poco fiables.

Los equipos ya existentes aparte de ser supremamente costosos, también son grandes y poco manejables y si se requiere hacer alguna otra medición adicional se debe invertir en otros equipos diferentes, lo cual puede demorar bastante porque son importados, adicionalmente, en caso de requerir algún repuesto o cambiar alguna pieza en específico, es poco probable encontrarla en el territorio teniendo que solicitarla con el proveedor y esperar los tiempos logísticos tendiendo los aparatos sin funcionamiento generando demoras en la investigación y de uno u otro modo, sobrecostos operativos y administrativos; lo que se va a hacer con este proyecto es que el dispositivo o sistema sea modular para que se adapte de forma fácil a los diferentes requerimientos de los usuarios, y en el caso de requerir algún repuesto, sea más ágil adquirirlo optimizando de esta manera los servicios postventa.

El sentido del trabajo colaborativo entre diferentes disciplinas de conocimiento es que los resultados finales van a ser mejores, pues cada integrante aporta desde su saber metodológico y ve cosas que no tienen en cuenta los otros participantes del equipo, por ejemplo, en este caso, los ingenieros están netamente enfocados en el funcionamiento y en los resultados que se van a obtener, y yo como diseñador industrial, estoy enfocado en la forma desde la función, teniendo en cuenta la ergonomía, comunicación, métodos productivos, materiales finales, sin dejar de lado los requerimientos planteados por ellos; adicionalmente la interdisciplinariedad permite que los participantes adquieran conocimientos que no poseen los otros, bien sea por lo que han aprendido mediante su vida académica o por sus experiencias vividas y hace que les sea más fácil optar por medidas contrarias de pensamiento pues les hace abrir el espectro mental y ver desde perspectivas diferentes que normalmente no ven. (Santomé, 1994)



En lo que llevo aprendido en la academia, es que el Diseño Industrial puede abarcar o estar involucrado técnicamente en cualquier tipo de proyecto sin importar de qué línea de conocimiento o investigación se trate, pues más que generar productos industrializados como normalmente se piensa que hace el D.I. es buscar soluciones y/o optimizar problemáticas ya existentes para beneficiar bien sea a una sociedad o un territorio, pues un diseñador industrial sabe de metodologías, conceptualización, modelos productivos, impactos, entre otras muchas cosas que normalmente no saben otras disciplinas o les cuesta comprender estos aspectos y adaptarse a ellos y si, nosotros los diseñadores industriales no nos la sabemos todas, pero tenemos las herramientas para poder comprender lo que esta fuera de nuestros alcances y poder adaptarnos a ellos.

Puede que este proyecto no tenga un impacto en un territorio directamente, pero si tiene un impacto en la sociedad científica que día a día está generando resultados investigativos en un infinito universo de conocimiento y que en este caso involucra a los ingenieros ambientales por la medición y producción de fuentes energéticas alternativas a las fósiles y puede que en algún momento ayude en algo, así sea en lo más mínimo para la reducción o el freno de la contaminación existente, y de ser así, sí aportaría de alguna manera a diferentes territorios y a otras sociedades.

## **Objetivos.**

### **Objetivo General.**

Diseñar un dispositivo que permita saber de manera fácil y ágil cuánto metano se puede producir al estudiar cualquier tipo de biomasa en descomposición.

**Objetivos Específicos.**

1. Desarrollar un producto que permita transformar un residuo orgánico en biogás, separarlo, y disponer de manera adecuada todo el sistema de electrónico requerido para que funcione según lo esperado
2. Realizar un estudio de variabilidad ergonómica para el dispositivo y su funcionamiento.
3. Organizar los elementos del dispositivo de manera práctica y estética para dar una lectura correcta de funcionamiento y que sea cómodo para llevar, transportar e implementar en cualquier laboratorio.
4. Diseñar la interfaz de lectura fácil de los datos por medio de aplicación móvil y pantallas integradas en el dispositivo para que cualquier usuario pueda manipular fácilmente el dispositivo y entender lo que pasa con su biorresiduo en estudio y cómo este se desempeñaría a gran escala.
5. Definir el costo de producción del producto final.

## **Marco Referencial.**

### **Ambiental.**

En la actualidad, con la superpoblación mundial y con los efectos colaterales del consumismo y la necesidad de producción acelerada en el planeta buscando satisfacer la necesidades humanas desde lo más mínimo a lo cual se tiene derecho según la ONU que es la alimentación y el agua potable, los residuos y emisiones que se generan en este ámbito, son un gran problema para el planeta por la alta contaminación que hay, y que cada vez más aumentan el calentamiento global, esto se evidencia en los cambios drásticos que ha tenido el clima en los últimos años y hemos visto cómo se deshuelan los glaciares, y aunque se han planificado opciones y alternativas para intentar darle un giro a esta problemática, los resultados obtenidos han sido mínimos.

El en el año 2015 en la cumbre de las naciones unidas, se desarrollaron 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) que buscan generar un impacto positivo en el planeta y todos quienes lo habitamos, esta se llama “la agenda 2030”, su nombre se da para que todas las acciones tomadas se ejecuten en un plazo máximo de 15 años y todos los países pertenecientes a la ONU deben contribuir de alguna manera a su cumplimiento. (Herrero & Araújo, 2018)

Colombia por su parte tienen grandes retos para atacar en estos años que quedan al cumplimiento de esta agenda y debe generar mejores políticas que le aporten significativamente

a esos objetivos; y, aunque estas metas suenen más a obligaciones por parte del gobierno, todas las personas que conformamos el territorio deberíamos aportar de alguna u otra manera con el fin de mejorar la calidad de vida no solo con nosotros mismos, sino de todo el planeta.

De antemano, este proyecto no pretende salvar al mundo, pero si le apuesta a tocar indirectamente algunos de los objetivos de desarrollo sostenible, pues le aporta a la investigación en métodos de energías renovables, ya que lo que se busca con él, es poder medir el potencial de metano que se generan a partir de residuos orgánicos; y al momento de manejarlo a gran escala, se trabajaría en 3 de los 17 ODS, que son: el N° 7. Energía asequible y no contaminante, N° 11. Ciudades y comunidades sostenibles y N° 13. Acción por el clima, participando y contribuyendo a la reducción de huella de carbono que le aporta Colombia al mundo.

### **Tecnológico.**

La producción de biogás a partir de material orgánico, que bien puede ser líquido o sólido se genera a partir de la descomposición o fermentación de esos componentes; es un proceso innato producido por microorganismos y aunque siempre se ha manejado de manera aeróbica y naturalmente el proceso casi siempre ha sido así, como la descomposición de vegetales, animales muertos o ríos de agua contaminada al aire libre, producen olores fétidos o desagradables, esto pasa porque los microorganismos encontrados en ese tipo de elementos, están haciendo su labor de digestión con ayuda del oxígeno, el problema de esto es que se generan y propagan gases de efecto invernadero y gases tóxicos pues uno de ellos es el metano el cual es 23 veces mayor en masa al dióxido de carbono y los daños que causa en seres vivos son drásticos; (Martín, s. f., p.

15) la mejor forma de producir biogás es de manera anaeróbica donde no participa el oxígeno y esto se hace en ambientes controlados, actualmente hay muchas formas de hacerlo, como pozos cubiertos con plástico, tanques y plantas de biorreactores entre otros, desde la manera más artesanal, hasta la forma más tecnificada posible que se encuentre en el mercado y que se ajuste al bolsillo de quien quiera producir esa fuente energética.

Hablando a groso modo la obtención del biogás es un proceso muy fácil, porque solo basta con colocar un componente orgánico en recipiente X, esperar a que este se empiece a fermentar y ya, automáticamente se obtiene un gas; pero al ir más a fondo es más complicado porque hay diferentes etapas de producción y se deben tener controles de temperatura, movimiento, adición de procesos químicos y detallar lo que sucede constantemente en la práctica, para poder usarlo es necesario separar o eliminar los gases que pueden causar daños a los usuarios, al sistema o al medio ambiente (Martín, s. f., p. 15); se debe saber de dónde provienen los materiales orgánicos y su composición de microorganismos que se van a usar pues se pueden generar patógenos que afecten a la salud de los usuarios donde se esté produciendo y/o utilizando el biogás.

A nivel mundial ya existen muchas plantas de generación de biogás y producen energía eléctrica medida en KW o MW, en Colombia, en algunas plantas porciúnculas, avícolas, lácteas, cerveceras, entre otras ya se están empezando a implementar biodigestores y se han implementado algunos apoyados por grupos de investigación de diferentes universidades,

generando proyectos para diferentes sectores, los cuales han dado soluciones puntuales para el sector agrícola y aún hay mucho terreno donde aún se pueden implementar.

En la universidad lo que plantea el laboratorio de recursos hídricos del programa de ingeniería ambiental es medir el potencial de biometano, con el fin de estudiar o saber cuánto metano puede llegar a producir cualquier material orgánico, pero carecen de diseño de producto para pensar en una estandarización o producción a diferentes escalas y que este sea adaptable a cualquier entorno o necesidad puntual de quien lo usa, y debe servir para que, por ejemplo, una planta ganadera que produce mercado bovino y porcino, pueda saber cuánto metano puede generar el estiércol de las vacas y cuanto el de los cerdos, cuanto puede producir una gran ciudad con los desechos o aguas residuales de sus habitantes y/o en centros de abastecimiento como las grandes plazas de mercado, que generan toneladas de residuos al día o a la semana, etc.

El biogás, en su mayoría se produce metano y dióxido de carbono junto con otros gases como se muestra en la siguiente tabla, los cuales no siempre tienen las mismas proporciones porque varían según la carga orgánica.

Tabla 1. Composición química del biogás.  
Table 1. Chemical composition of biogas.

| Componente           | Fórmula          | Porcentaje |
|----------------------|------------------|------------|
| Metano               | CH <sub>4</sub>  | 40-70      |
| Dióxido de carbono   | CO <sub>2</sub>  | 30-60      |
| Hidrogeno            | H <sub>2</sub>   | 0,1        |
| Nitrógeno            | N <sub>2</sub>   | 0,5        |
| Monóxido de carbono  | CO               | 0,1        |
| Oxígeno              | O <sub>2</sub>   | 0,1        |
| Sulfuro de hidrógeno | H <sub>2</sub> S | 0,1        |

Fuente: Blanco *et al.* (2011).

*Figura 1.(Cepero et al., 2012, p. 220)*

Es necesario separar los gases mencionados en la tabla anterior, para dejar únicamente los que se pueden usar y el proceso se debe hacer por medio de filtros, el que tienen más usabilidad es el metano, pues es inflamable y sirve para cocinar alimentos, generar energía eléctrica a través de turbinas o generadores de vapor y como combustible vehicular, que en todos sus usos es más eficiente y menos contaminante que las fuentes de energías fósiles.

### **Social.**

En un ámbito urbano, el mal manejo de basuras genera un impacto ambiental bastante alto, y como en muchos países, Colombia no se queda atrás con la emisión de gases de efecto invernadero y uno de los grandes factores para que esto suceda es la acumulación de residuos en rellenos sanitarios y obviamente la mala separación por parte de los habitantes, y aunque ya hay normativas de separación de residuos según su categoría por colores, una gran mayoría de

habitantes no cumplen la normativa bien sea por falta de conocimiento o cultura y las empresas recolectoras de residuos mezclan todos los desechos sin importar si están separados o no.

Al generar políticas adecuadas para la separación de residuos, con capacitación ciudadana y generando entornos donde se puedan acopiar los residuos para implementar centros de generación de biogás, se podría aprovechar más de las 1.200 toneladas que ya se aprovechan de las 7.500 toneladas diarias generadas para la ciudad de Bogotá; donde según (Martín, s. f.) en su tesis aunque es dirigida para Mendoza - Argentina, cerca del 50% de los residuos urbanos son orgánicos; en Bogotá se podrían aprovechar más de 3.700 toneladas para generar gases, esto sin contar los bioabonos que se generarían como resultado después del proceso y aquí no se ha contado lo que se puede hacer con las aguas residuales.

La ubicación geográfica de Colombia tiene grandes ventajas porque siempre está aportando biomasa y temperatura para la transformación biológica gracias a que durante todo el año recibe radiación solar. Las principales fuentes de obtención de residuos para la generación de biogás son: desechos agropecuarios, urbanos, agrícolas, podas y yerbas de las ciudades, residuos de alimentos, subproductos de las industrias de alimentos y aguas residuales. (UPME-UNAL, s. f.)

En el marco de la pandemia por el COVID 19, donde todos los sectores productivos del país se vieron afectados por las medidas de confinamiento nacional e internacional, al sector agropecuario fue a uno de los que peor le fue, pues sus productos prácticamente les tocó dejarlos regalados para que la población los consumiera y los que no pudieron vender les tocó perderlos;



que tal si este material orgánico se hubiera utilizado como materia prima para generar biogás. Si se pudiera conocer cuánto metano se produce por cualquier tipo de material orgánico, se hubiera podido saber cuánta energía pudo haber sido aprovechada para evitar esas pérdidas, y ese sector posiblemente no se hubiera visto tan afectado.

En las aguas residuales de Bogotá, se creó una planta purificadora de agua del acueducto ubicada en la desembocadura del río Salitre al río Bogotá, esta maneja solo el 30% de las aguas negras de la ciudad, contando que somos más de 7 millones de ciudadanos según el DANE con el censo del 2018. Esta planta sirve para separar los residuos líquidos de los sólidos, generar electricidad a partir del gas producido la cual es usada para el funcionamiento de la misma, genera bioabonos que son usados para el sector agropecuario y para las laderas del río Bogotá y como su nombre lo dice purifica el agua antes de verterla al río bajando un poco la contaminación que este tenía hace algunos años; actualmente el acueducto junto con la alcaldía está trabajando para ampliar la planta y poder tratar el 100% de las aguas residuales de la ciudad, con el fin de ampliar los resultados que ya se tienen. (*Monitoreos ambientales PTAR Salitre*, s. f.)

## **Metodología.**

Para este proyecto voy a trabajar una mezcla entre las metodologías de Bruno Munari y Morris Asimow. La metodología va a estar distribuida de la siguiente manera:

1. Problemática
2. Factibilidad
3. Diseño preliminar
4. Diseño detallado
5. Experimentación y validación
6. Producción
7. Solución
8. Distribución y consumo
9. Retirada

La mezcla de las dos metodologías permite tomar puntos necesarios específicos que va a tener cada proceso de diseño, en el siguiente mapa se muestra a fondo el desglose de cada punto mencionado anteriormente y entre ellos cómo se conectan.

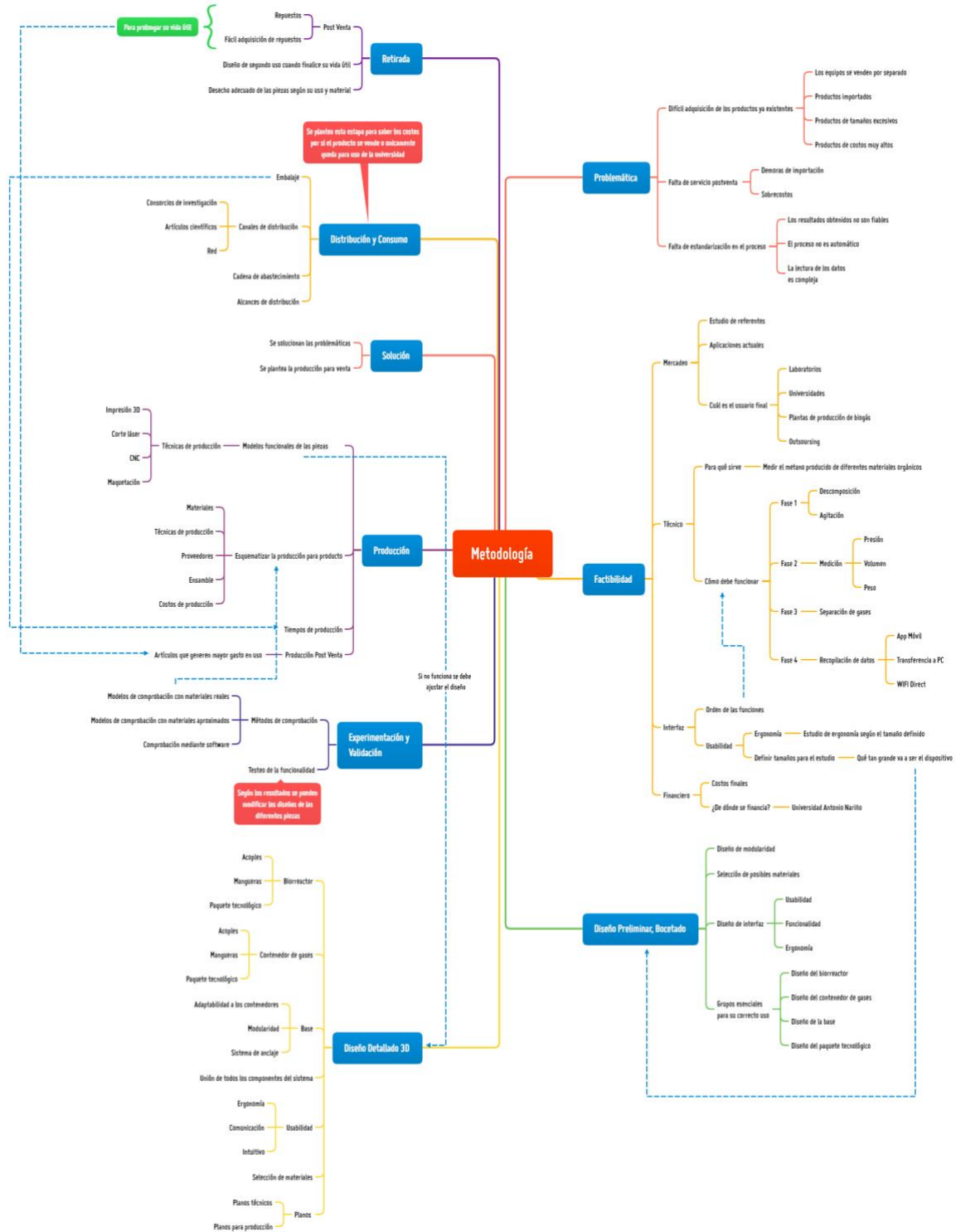


Figura 2. Metodología. Autoría propia

## **Procedimiento.**

En la universidad son muy pocos los espacios donde hay una interdisciplinariedad y considero que este tipo de entornos debe darse más a menudo, como por ejemplo en semilleros de investigación o talleres creativos donde reúnan estudiantes y maestros de diferentes disciplinas para que cada uno aporte desde su conocimiento o experiencia para buscar darle una solución a la situación o problema que se les esté planteando y así cada integrante se va nutriendo en el conocimiento aportado por los demás. Por ejemplo, en este proyecto tuve que tener muchas decisiones de diseño en base a cosas que creía que se podían hacer pero al aterrizarlas con los ingenieros, ellos me explicaban por qué no era viable, y ellos dentro de su forma concebir el diseño, lo único que esperaban era que el producto funcionara con su construcción de la manera más arcaica posible para luego poder subir los archivos y el procedimiento como ciencia abierta a diferentes plataformas, a lo cual les dije que eso era riesgoso porque así seguía carente de la estandarización del planteamiento del problema y que habían ciertas cosas de diseño, comprobaciones ergonómicas y funcionales que se debían tener en cuenta antes de publicar el proyecto y en base a esto decidí manejar 2 fases del proyecto.

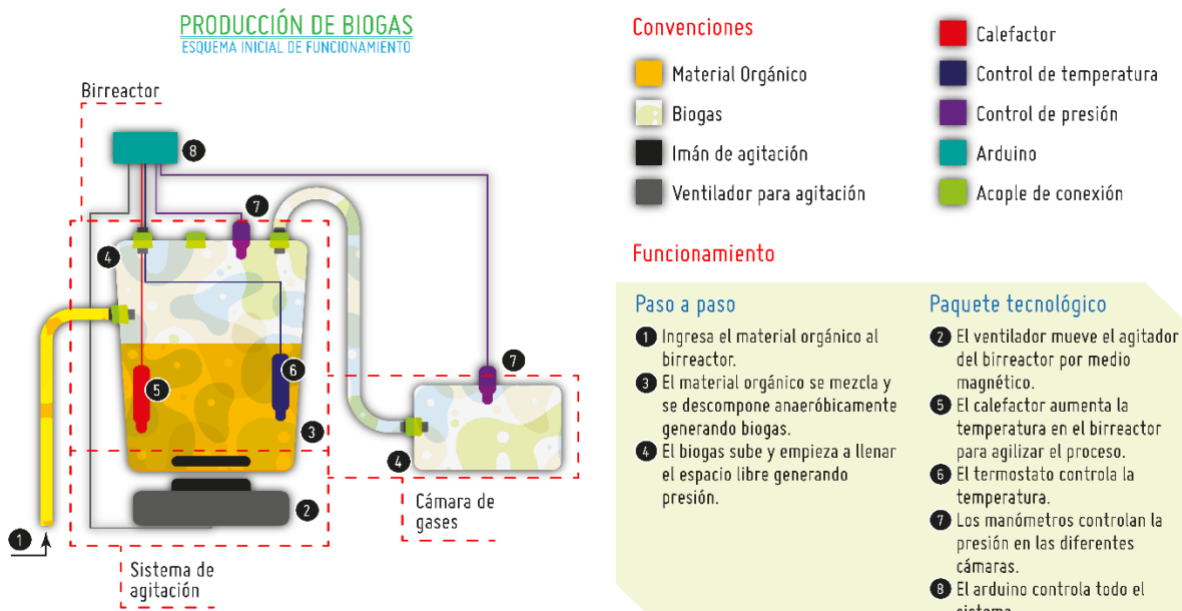
La primera fase corresponde al diseño centrado en la función y en la minimización de costos productivos, para que cada persona o grupo que quiera fabricarlo y/o tenga acceso a la información, solo tenga que imprimir en 3D unas piezas, cortar a láser otras, y conseguir en unas tiendas electrónicas y ferreterías ciertos elementos indispensables para el ensamble y el funcionamiento.

La segunda fase corresponde al diseño centrado en el usuario, donde ya se piensa en un producto netamente para comercialización a laboratorios que investiguen el potencial de biometano, y para esto se tienen en cuenta varias cosas como un modelo de variabilidad ergonómica, métodos de producción, materiales finales y una interfaz móvil de uso.

### Fase 1

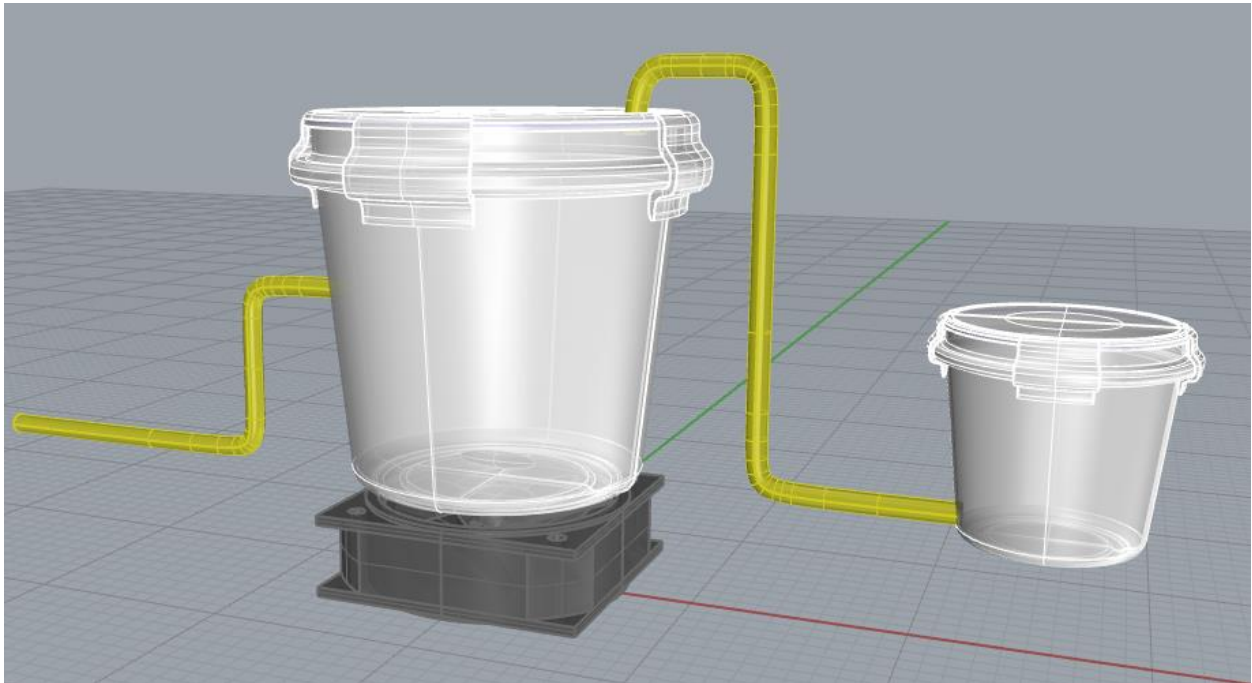
Este proyecto surge del trabajo realizado en prácticas laborales en el laboratorio de recursos hídricos de la UAN, donde se plantea la problemática de la carencia del conocimiento del potencial de biometano, la falta de estandarización de procesos, y la importancia que tiene hacer esta medición para un ámbito científico o productivo. Se empieza a trabajar en el proyecto a partir de salas virtuales donde los ingenieros muestran básicamente como debería funcionar el producto final y algunos requerimientos que ellos plantean, dejando por fuera muchas cosas que son importantes y no tienen en cuenta. A lo cual asesoro desde mi punto de vista obteniendo total libertad para diseñar sin afectar las determinantes funcionales que ellos plantean.

A groso modo, en la siguiente imagen se muestra cómo debe funcionar el sistema.

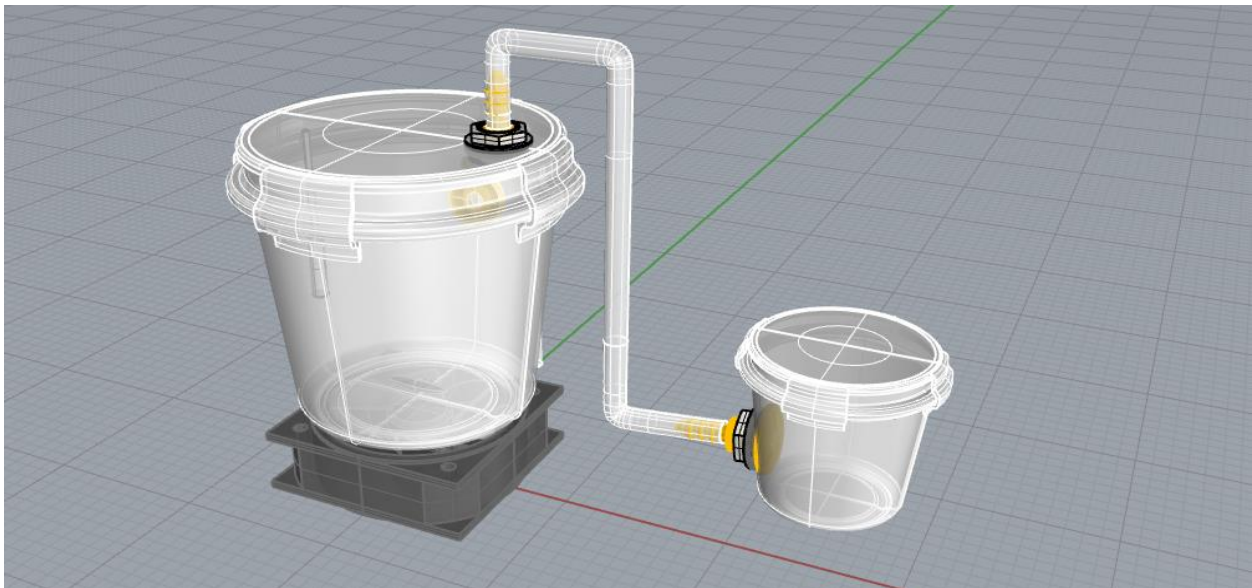


*Figura 3. Esquema básico de funcionamiento del sistema. Autoría propia*

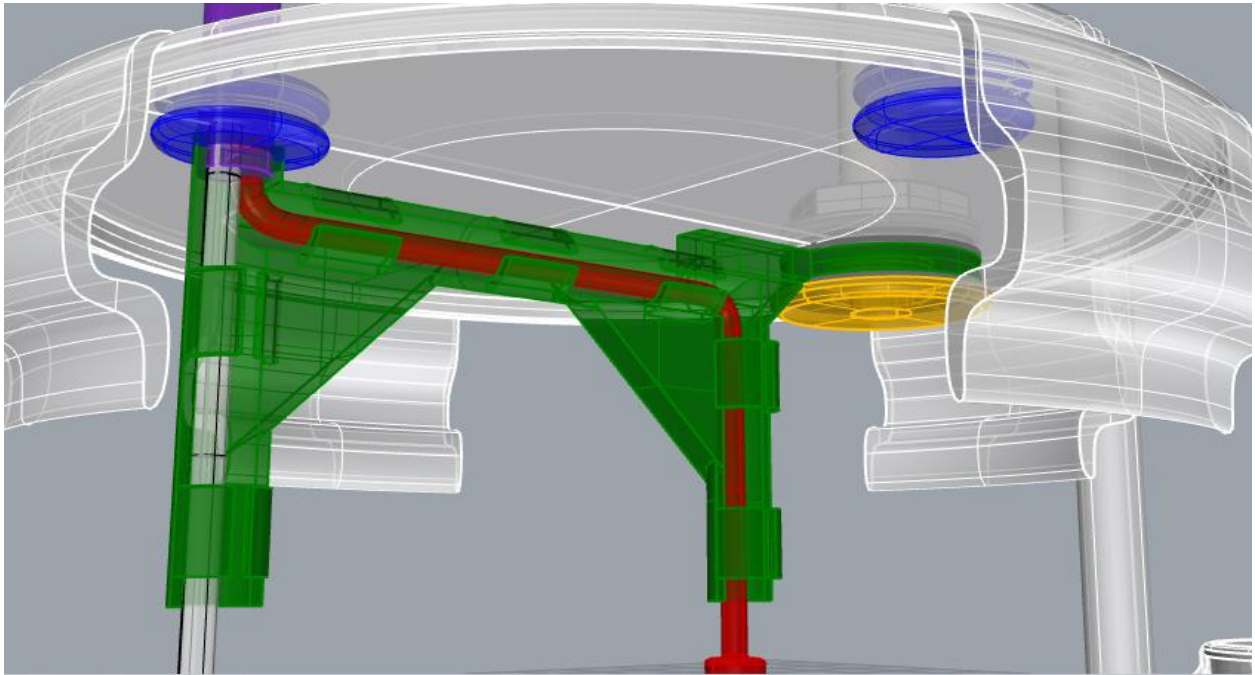
Lo primero que los ingenieros plantearon es que se debía hacer con materiales fáciles de adquirir y que debía tener un envase para colocar el residuo orgánico y un recipiente que recibiera los gases producidos por la descomposición, estos se debían conectar por una manguera y que se podían elementos “caseros para unirlos” (obteniendo pérdidas de presión o fluidos). Se debe tener un componente electrónico que permita aplicar temperatura, controlarla y obtener datos y que podía ir amarrado en cualquier lugar; con mi intervención se decidió que la mejor forma de conectar los envases era manejando adaptadores o acoples y que todos debían tener los empaques pertinentes para evitar pérdidas de presión o de fluidos que finalmente pueden afectar al sistema y/o a los resultados, luego planteo que el componente electrónico debía estar protegido a salpicaduras y debía ser de fácil acceso para visualizar y manipular como se muestra a continuación.



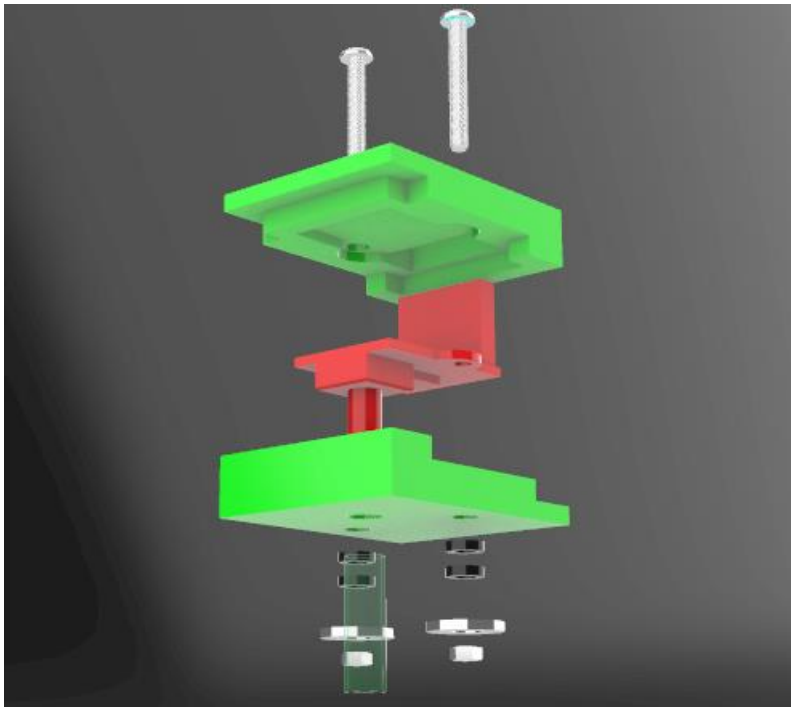
*Figura 4. Envases con pérdidas de fluidos y gases. Autoría propia*



*Figura 5. Envases con acoples hidráulicos y empaques que evitan las pérdidas de presión y fluidos. Autoría propia*



*Figura 6. Diseño para el cableado interno que mantienen separado el calefactor y el control de temperatura. Autoría propia*





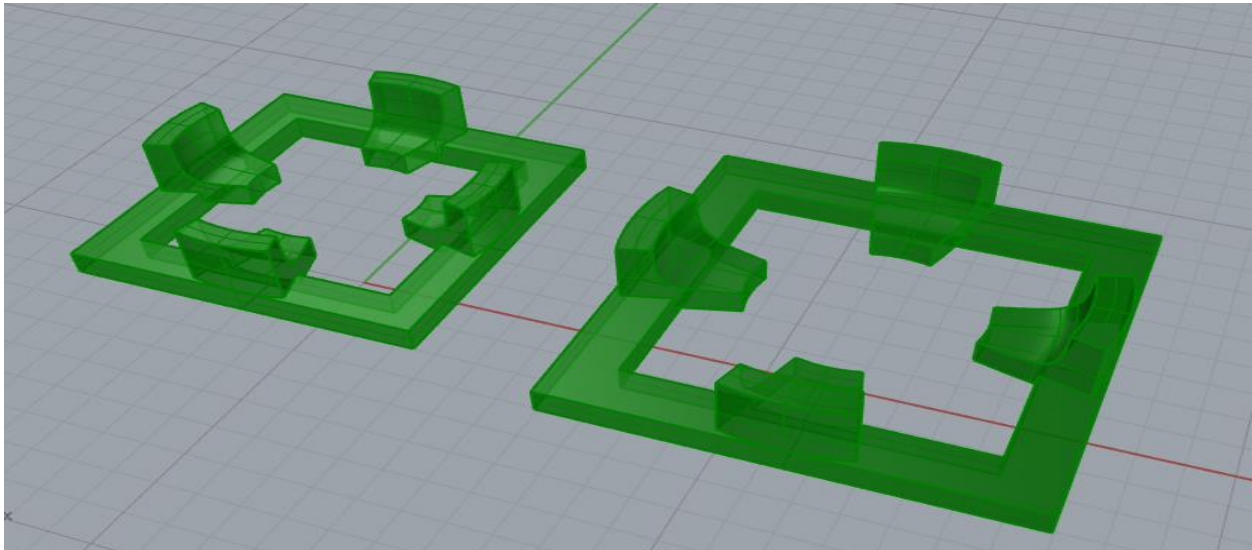
*Figura 7. Diseño de caja de sensor de presión. Autoría propia*

Luego los ingenieros definieron que se debía hacer una base que soportara los 2 recipientes y que separara el birreactor del sistema de agitación mencionados en la *figura 1* sin tener en cuenta que con un estudio de mercado que yo realice, se establecieron diferentes tamaños de posibles envases que pueden usarse en el sistema y tampoco tenían en cuenta que la parte interna del dispositivo y el agitador magnético quedaban expuestos a posibles daños por derrames de fluidos accidentales y por polvo.

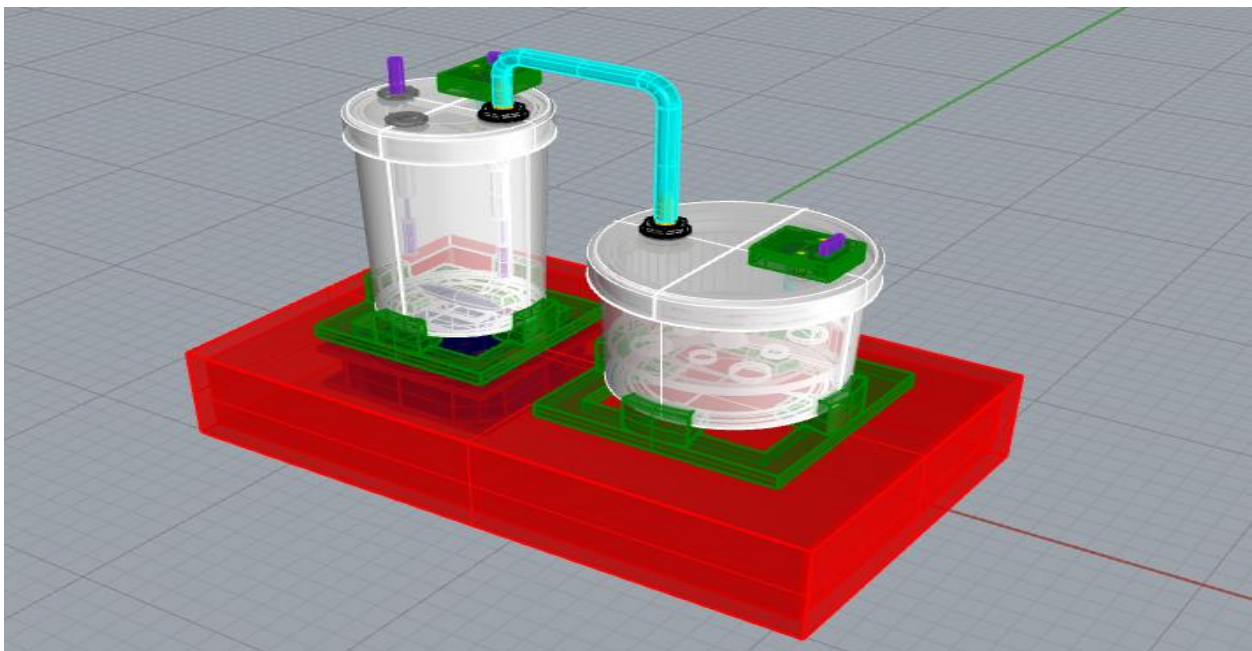
| Marca           | Tamaño del envase en ml | Diámetro del fondo en mm | Tipo     |
|-----------------|-------------------------|--------------------------|----------|
| Estra           | 300                     | 100                      | Pestañas |
| Home Collection | 440                     | 63                       | Pestañas |
| Home Collection | 600                     | 120                      | Pestañas |
| Estra           | 150                     | 68                       | Rosca    |
| Estra           | 330                     | 68                       | Rosca    |
| Estra           | 360                     | 85                       | Rosca    |
| Estra           | 560                     | 76                       | Rosca    |
| Estra           | 640                     | 100                      | Rosca    |
| Estra           | 760                     | 85                       | Rosca    |
| Estra           | 940                     | 103                      | Rosca    |
| Estra           | 1.000                   | 98                       | Rosca    |
| Estra           | 1.300                   | 100                      | Rosca    |
| Estra           | 1.900                   | 103                      | Rosca    |

|                 |              |
|-----------------|--------------|
| <b>Menor</b>    | <b>63mm</b>  |
| <b>Mayor</b>    | <b>120mm</b> |
| <b>Promedio</b> | <b>90</b>    |

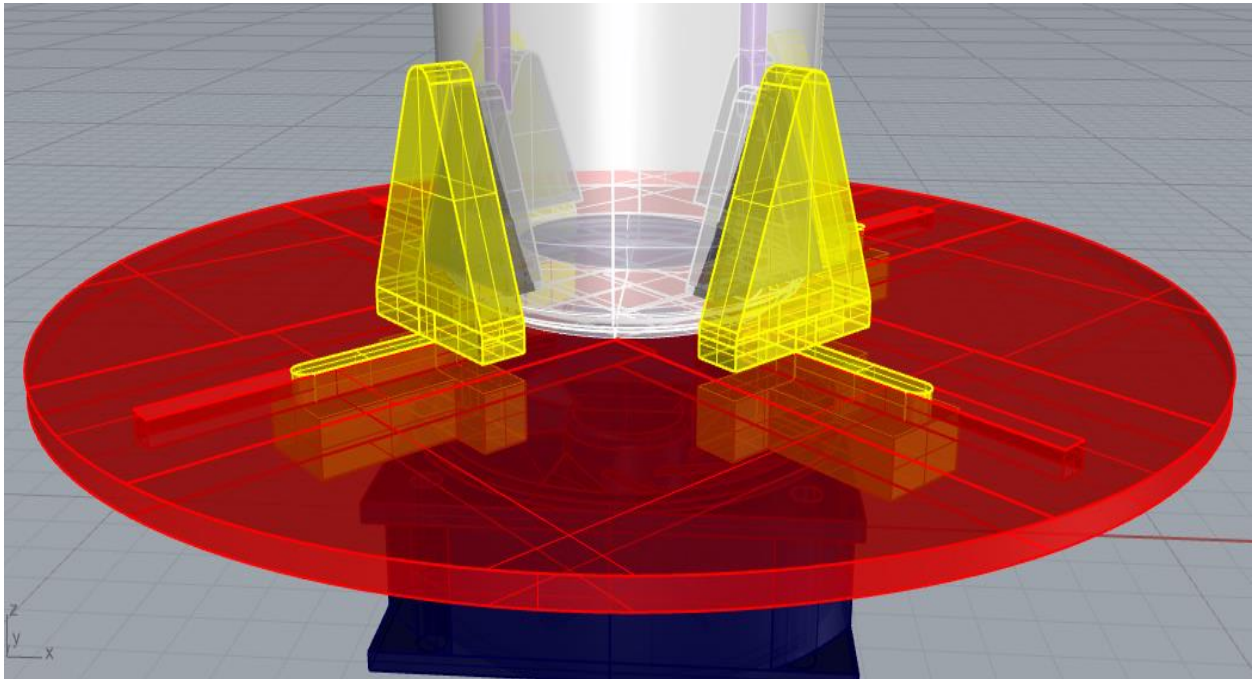
*Figura 8. Tabla comparativa de estudio de mercado de envases de polipropileno encontrados en las tiendas Homecenter. Autoría propia*



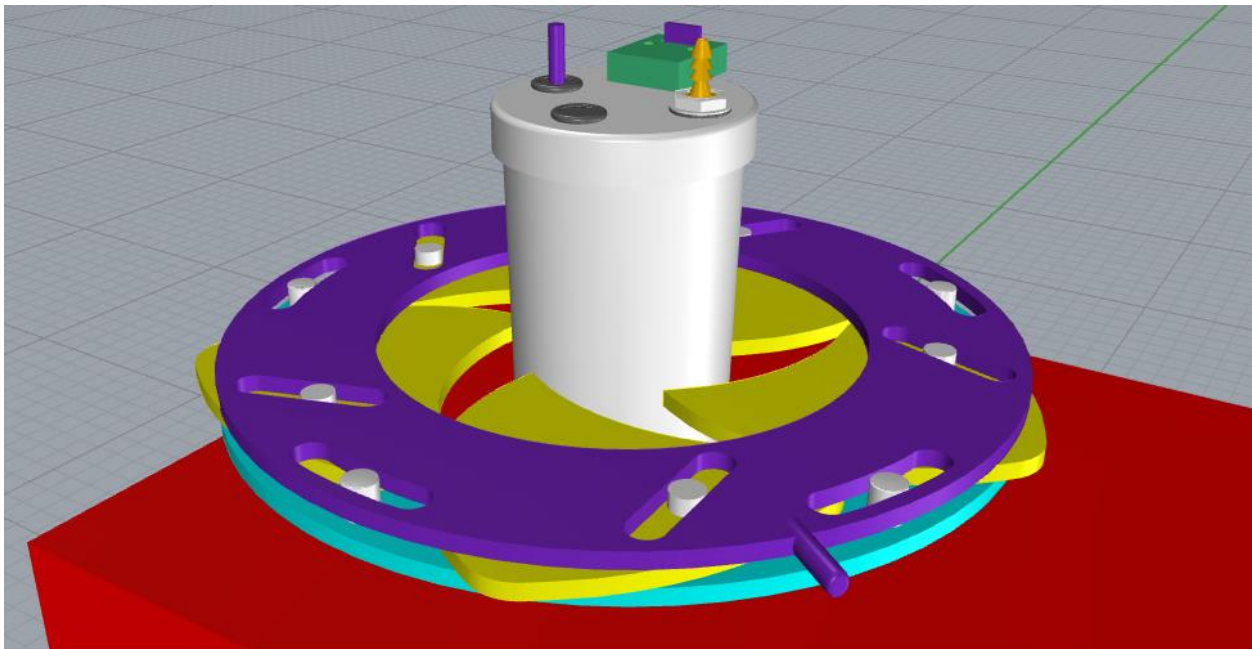
*Figura 9. Diseño de soportes para recipientes. Autoría propia*



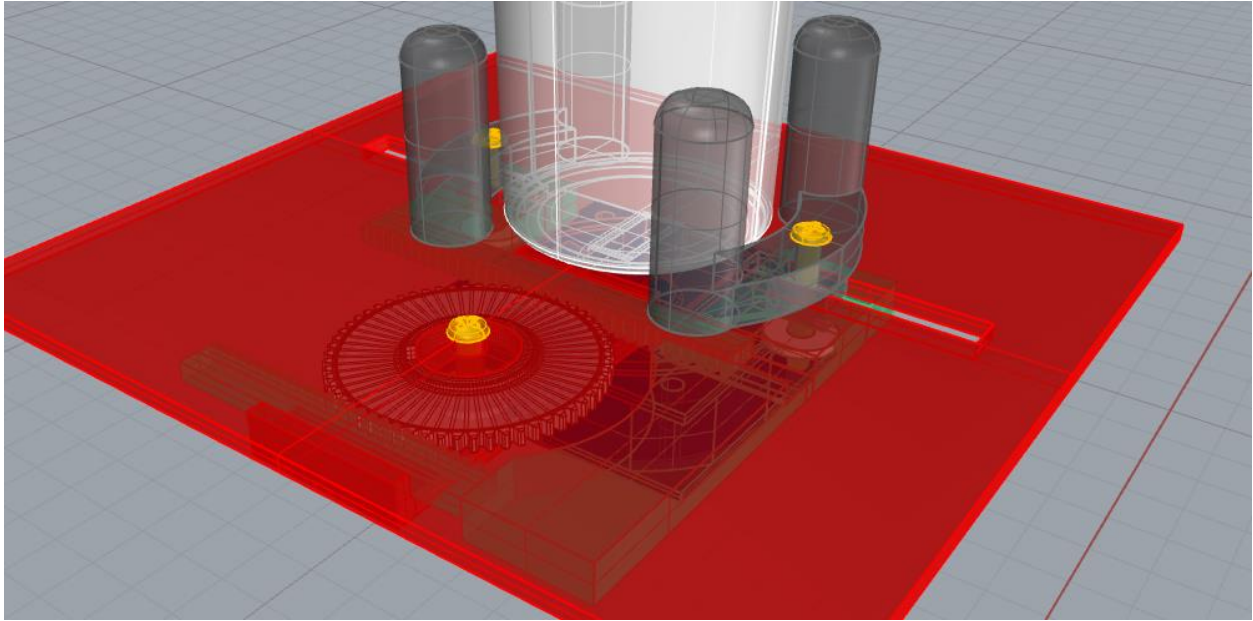
*Figura 10, Base y soporte para envase – Diseño basado en solicitud de los ingenieros. Autoría propia.*



*Figura 11, Base y soporte adaptable para cualquier medida de diámetro de los envases mencionados en la figura 8.*

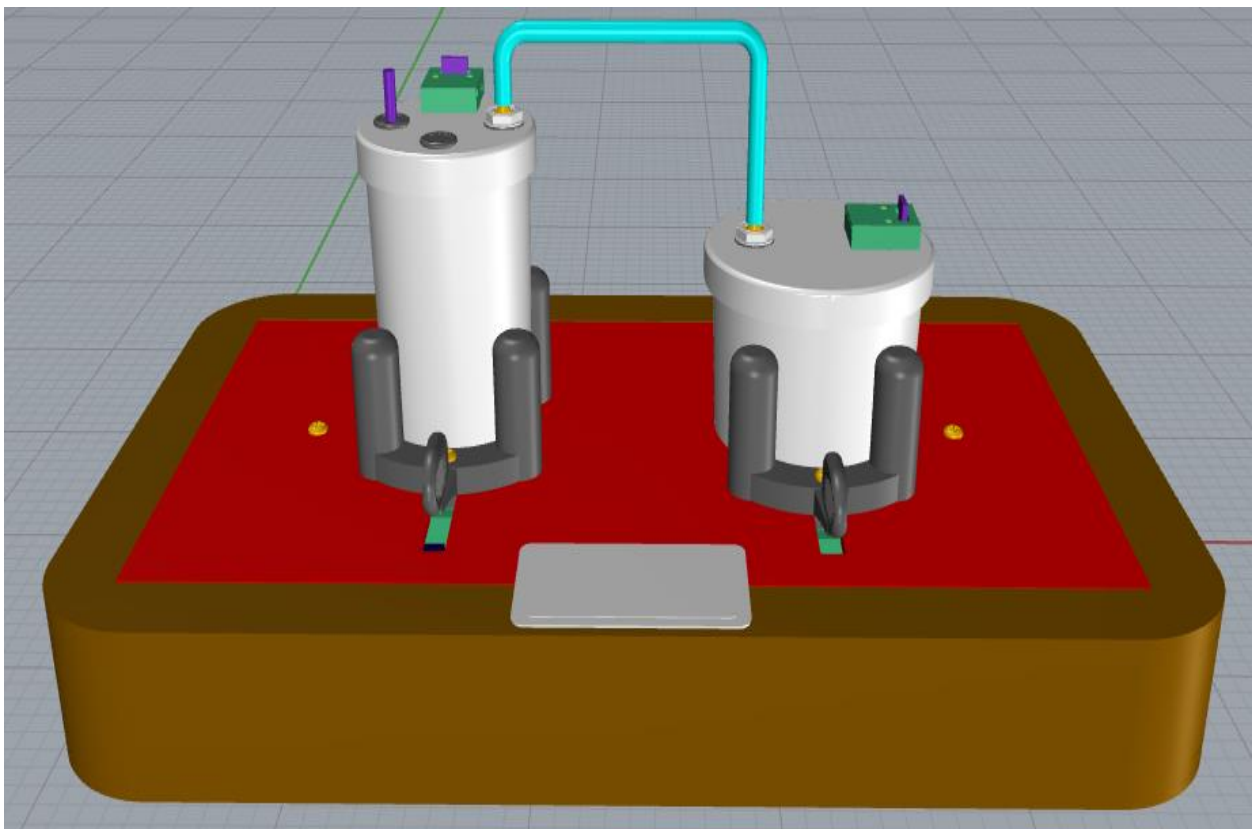


*Figura 12. Diseño de soporte adaptable tipo diafragma. Autoría propia*



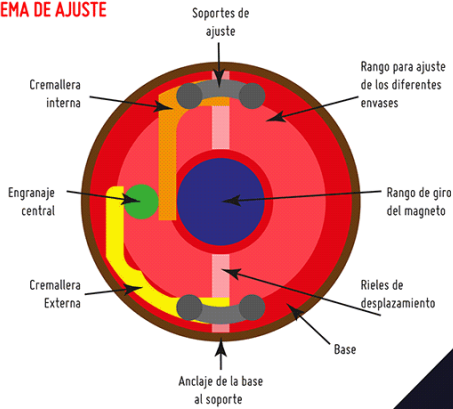
*Figura 13. Diseño de soporte optimizando materiales de producción y manipulación del sistema. Autoría propia*

Para diseñar la base solo se tiene en cuenta los 2 envases mostrados en la figura 14 y en la reunión con el equipo de ingeniería, se establece cambiar de forma debido a que, si requieren montar otro u otros recipientes, esta base no alcanzaría y tocaría montar diferentes bases para que funcione adecuadamente el sistema, para solucionar esta problemática presentada sobre la marcha, decido diseñar un módulo individual por cada recipiente basándose en la forma geométrica de apertura del sistema de ajuste y que se puedan unir o retirar cada módulo sin generar fatiga en el usuario como se muestra en la figura 15



*Figura 14. Base horizontal, sirve únicamente para 2 recipientes. Autoría propia*

**ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AJUSTE**

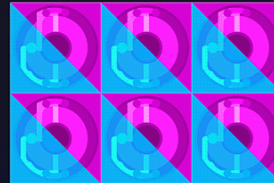
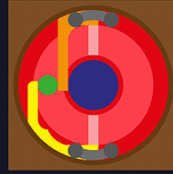


**Requerimientos**

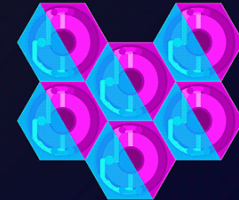
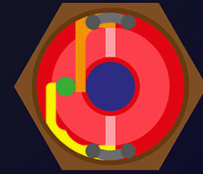
- Diseñar una base permita tener la cantidad de sistemas de uso (biorreactores, controladores y/o contenedores de gas) que necesita el usuario
- Se debe poder acoplar y desacoplar de manera sencilla

**Nota:** El color azul representa los lados geométricos donde deben estar los conectores tipo macho y el color fucsia los conectores hembra para unir la estructura modular requerida según su diseño.

**MÓDULO CUADRADO**



**MÓDULO HEXAGONAL**



**Ventajas**

- Factibilidad en producción
  - \* Menos material usado
  - \* Menos procesos en la elaboración
  - \* Menos partes para ensamblar
- Desventajas**
- Pérdida de espacio en las esquinas
  - Menos adaptación estructural

**Ventajas**

- Más puntos de anclaje
  - Menos espacio perdido
  - Mayor adaptación a la forma del envase
  - Mejor estructura
  - Más fácil de agarrar
- Desventajas**
- Proceso de producción más complicado
  - Más material para producción
  - Mas partes para ensamblar

Figura 15. Esquemización y selección formal modular. Autoría propia.



Figura 16. Módulos hexagonales (dos para recipientes y uno para el panel de control). Autoría propia.

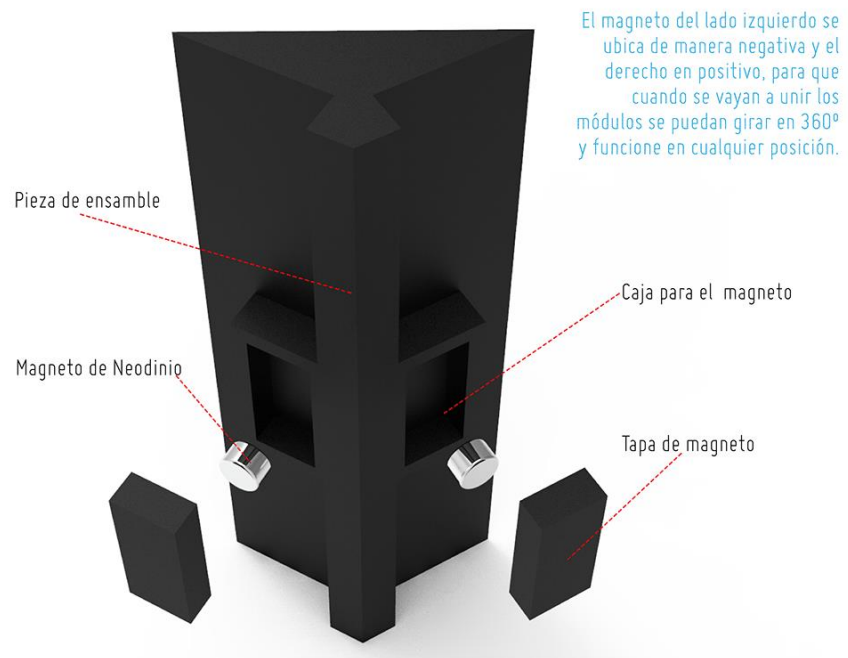


*Figura 17. Módulos hexagonales con proporción humana. Autoría propia.*

Para unir los módulos, inicialmente se pensó en un sistema de encaje que por un lado fuera tipo macho y por el otro tipo hembra para que se pueda girar por cualquier lado y permita hacer la unión sin importar la posición del hexágono, pero las pruebas de comprobación no salieron como se esperaba, pues era complicado unirlos y más complicado aún separarlos y finalmente se decidió manejar el sistema de unión por medio de magnetos en las aristas de los módulos, que en el caso de la figura 17 están en la parte central vertical de color negro como se muestra en la explicación de la figura 18.

**Consideración de diseño**

Debido a la complejidad de producir en impresión 3D los acoples modulares y la fatiga que genera el intentar unir los módulos, se cambia el sistema para que funcione de maneja magnética.



*Figura 18. Sistema de unión mediante magnetos y ensamble modular. Autoría propia.*

Según el modelo de comprobación del sistema de ajuste que se va a usar para los envases, se rediseña el mismo para tener un mejor ajuste y mejor funcionalidad del mecanismo, en la figura 19 se muestra la explosión de este sistema.



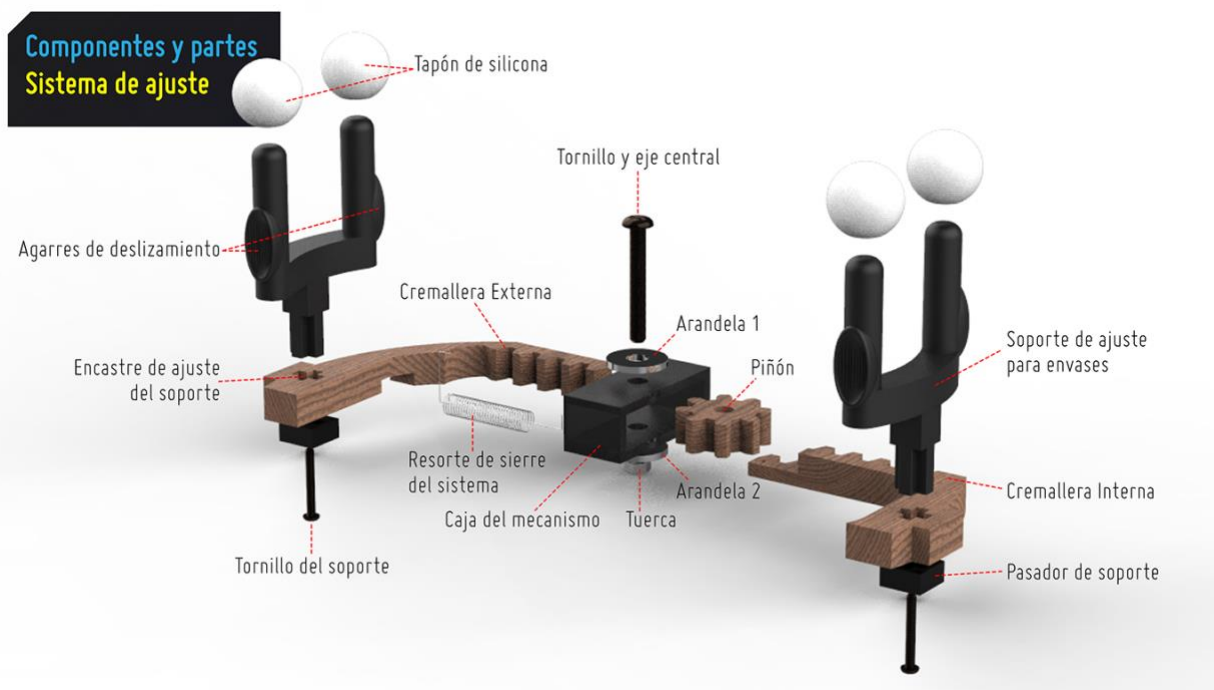


Figura 19. Explosión del sistema de ajuste. Autoría propia

### Modelo Productivo Fase 1

Al tratarse de un proyecto de ciencia abierta se van a manejar modos productivos básicos no industrializados.

| Tipo de pieza                              | Proceso productivo                         |
|--|--|
| Módulo hexagonal                           | Corte láser en acrílico 5mm                |
| Sistema de adaptación modular por magnetos | Impresión 3D                               |
| Sistema de ajuste                          | Impresión 3D                               |
| Tapones y antideslizantes                  | Molde en impresión 3D para verter silicona |

|   |   |
|---|---|
| Soporte de sensores   | Molde en impresión 3D para verter polímero termoenduresible o resina  |
| Soportes de estructuras   | Impresión 3D  |
| Tornillería, acoples, adaptadores<br>Envases de polipropileno<br>Componentes electrónicos | Comprar las cantidades especificadas en ferreterías, almacenes de distribución o internet según referencia. |

*Tabla 1. Proceso productivo por tipo de pieza del módulo.*

Para el ensamble del producto se deben descargar los archivos, seguir paso a paso del manual de instrucciones de armado, conseguir las piezas como tornillos, acoples, envases, sensores, controladores (programarlos).

### **Acotado Fase 1**

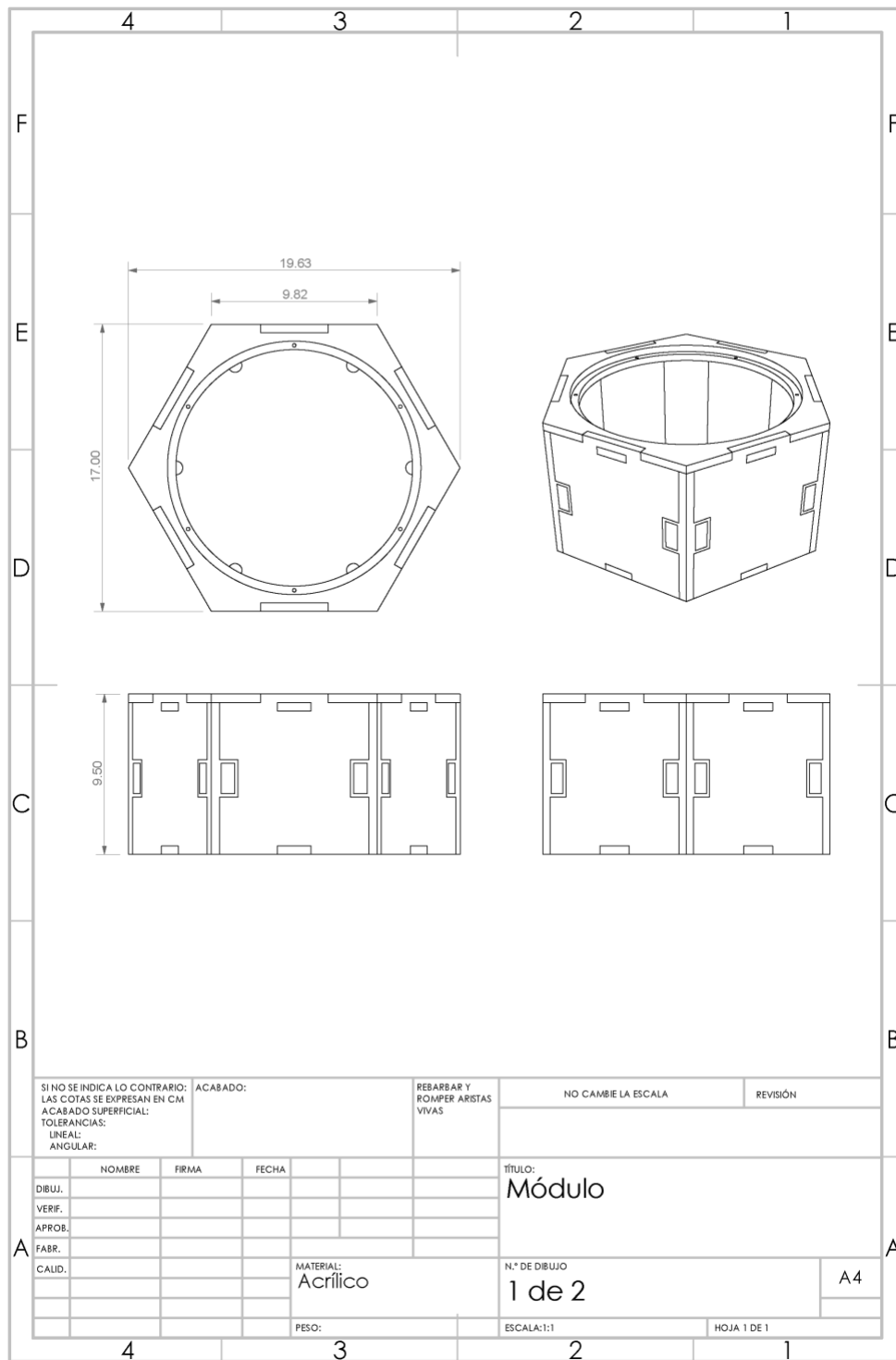


Figura 20. Acotado N° 1 – Módulo fase 1. Dibujo 2D en Solidworks. Autoría propia

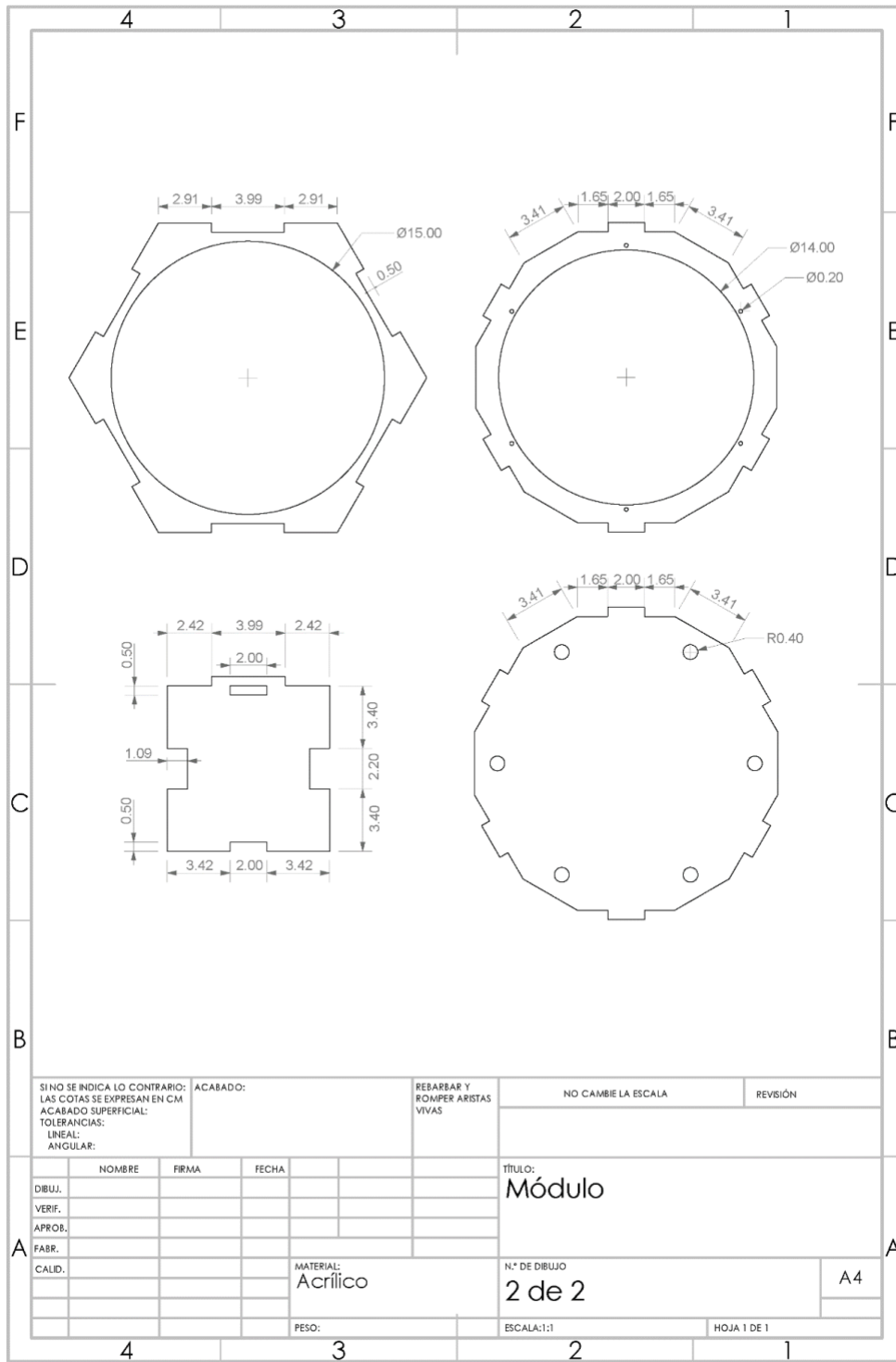


Figura 21. Acotado N° 2 – Módulo fase 1. Dibujo 2D en Solidworks. Autoría propia

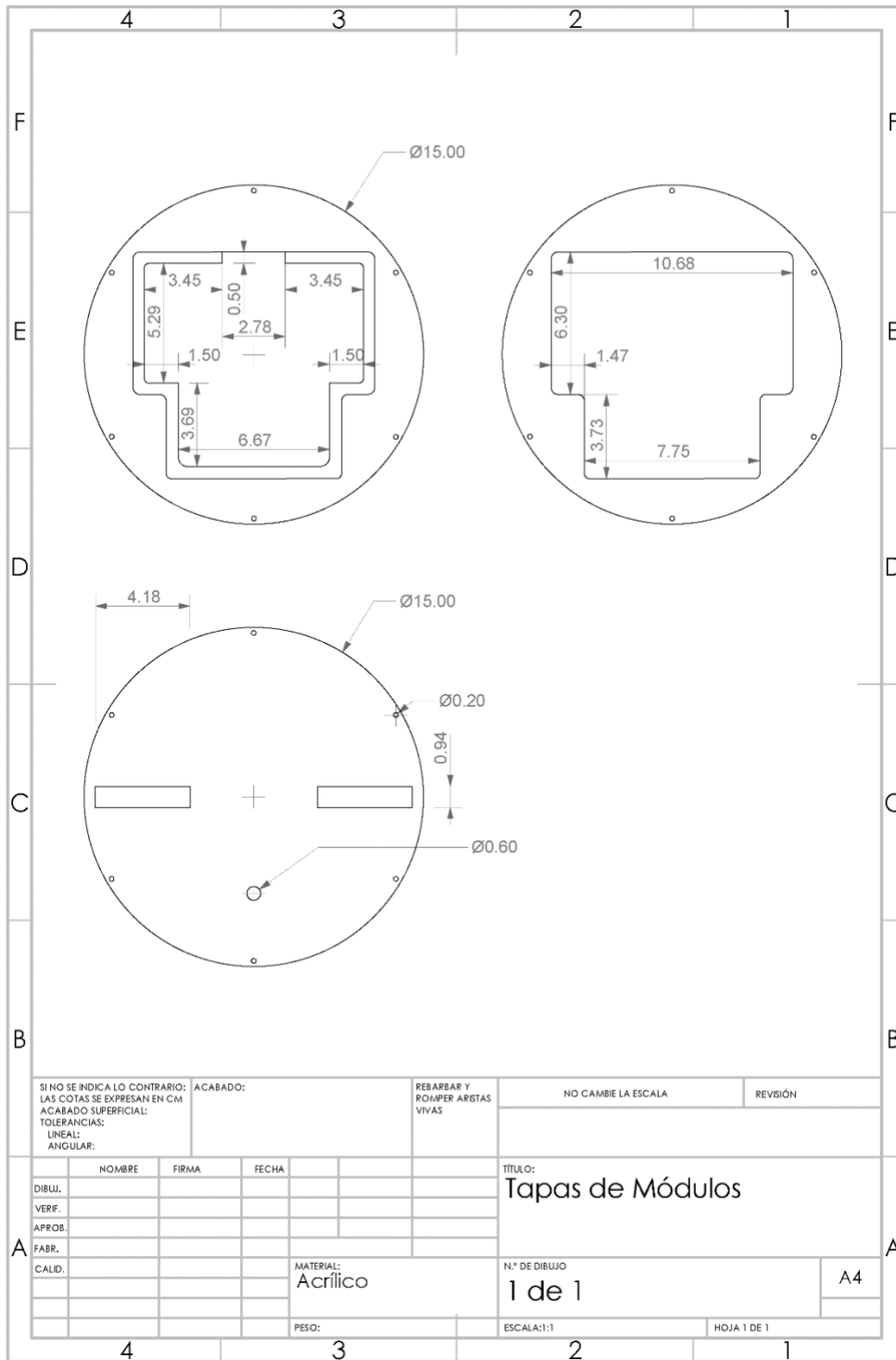


Figura 22. Acotado N° 3 – Módulo fase 1. Dibujo 2D en Solidworks. Autoría propia

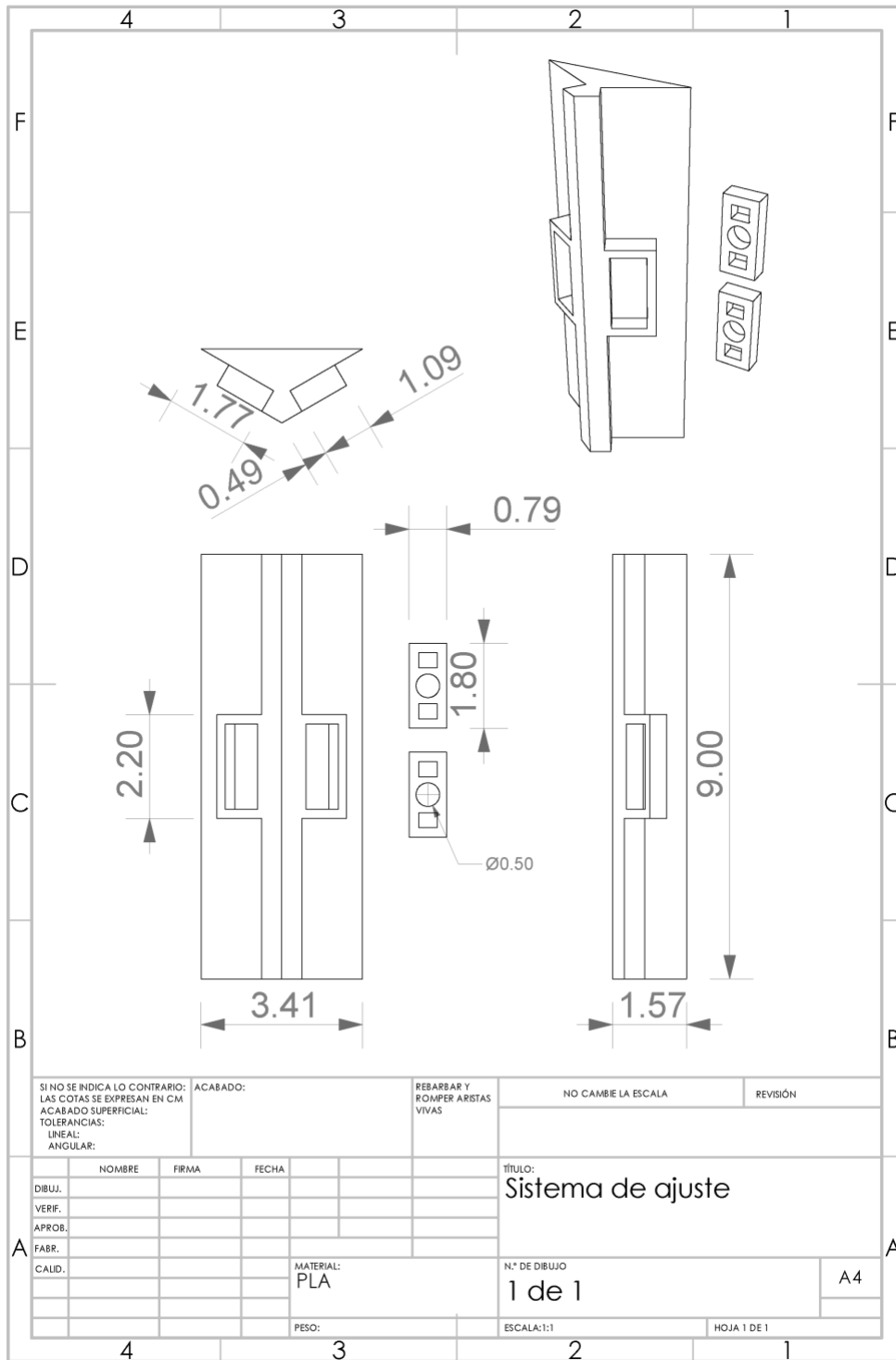


Figura 23. Acotado N° 4 – Módulo fase 1. Dibujo 2D en Solidworks. Autoría propia

## Fase 2

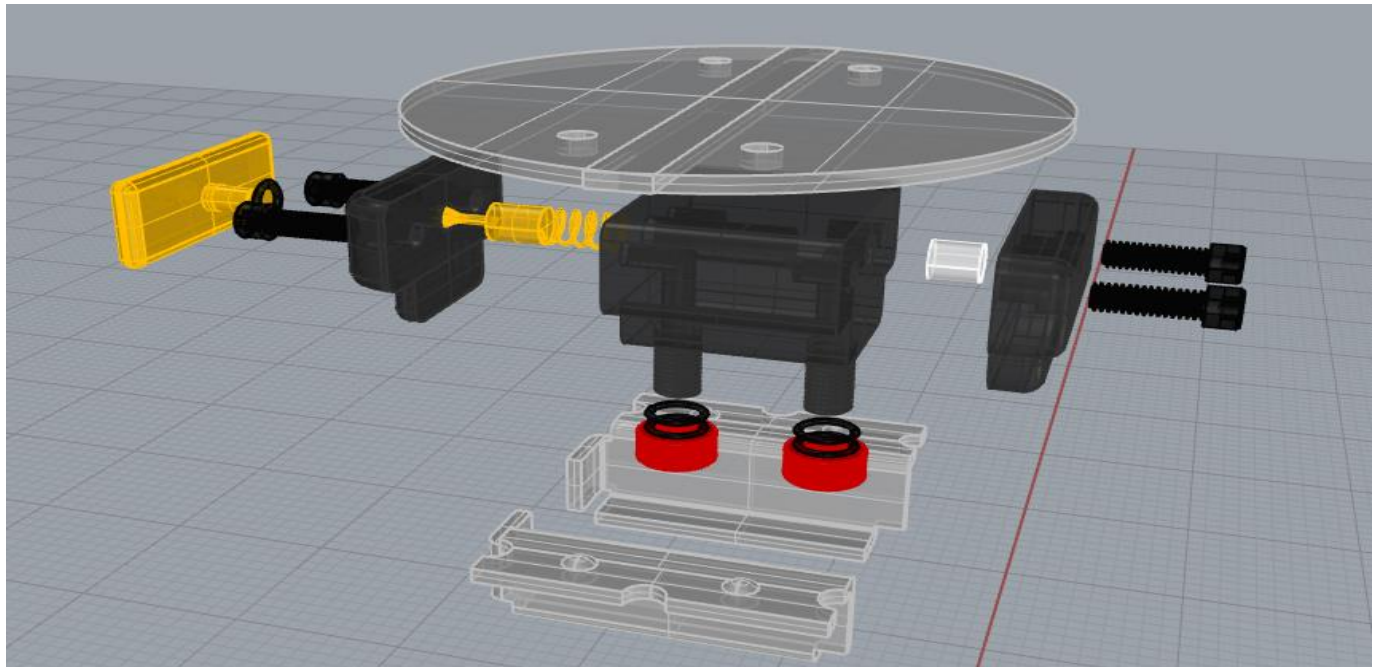
Teniendo en cuenta todo el funcionamiento de la fase uno y la complejidad de ensamble, se realiza un diseño diferente aterrizado al mismo contexto de laboratorio, pero esta vez pensado en comercialización y no en ciencia abierta.

Se decide utilizar únicamente 2 contenedores, uno para el material en descomposición y el otro para el gas y se escoge un tipo de envase que se encuentra en el mercado, ideal para laboratorios, el cuerpo es en vidrio y la tapa se polipropileno los cuales cumplen con el requerimiento de soportar temperatura hasta los 140 °C para poder meterlos en autoclaves (dispositivo de laboratorio)



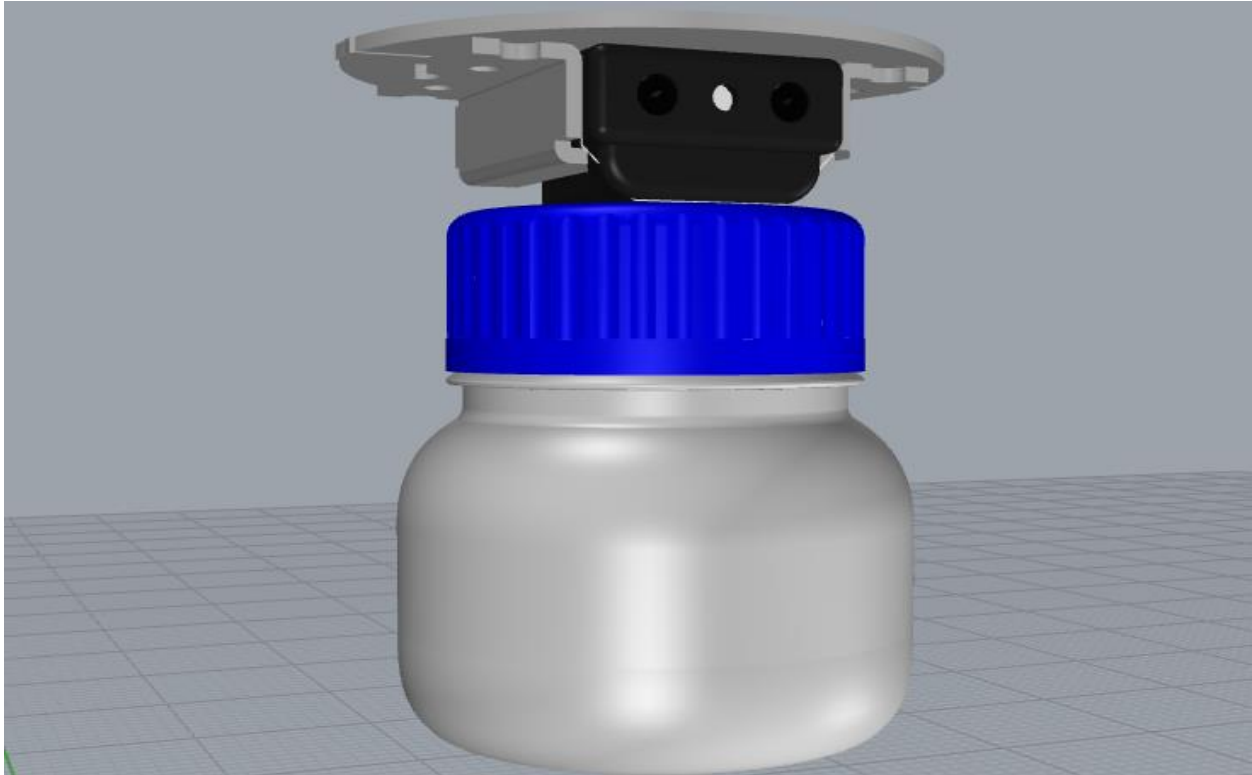
*Figura 24. Envase en vidrio de 250ml con tapa GL45. Foto tomada de [www.Amazon.com](http://www.Amazon.com).*

Se diseñó un soporte el cual va montado sobre la tapa, este tiene como función sostener el envase, conectar el envase al sistema de mangueras, y contener el gas cuando el contenedor está por fuera de todo el dispositivo. La pieza de la caja se puede hacer en polipropileno por inyección o en aluminio por CNC y la forma de ensamblarla es con tornillo milimétrico; cuenta con otros componentes necesarios para su funcionamiento como un tapón de silicona, una válvula en bronce con resorte para mantenerla cerrada, cinco empaques de caucho, una unión que se debe fabricar en bronce con un torno mecánico y el soporte en hierro troquelado y ensamblado a la estructura por platilla y puntos de soldadura.



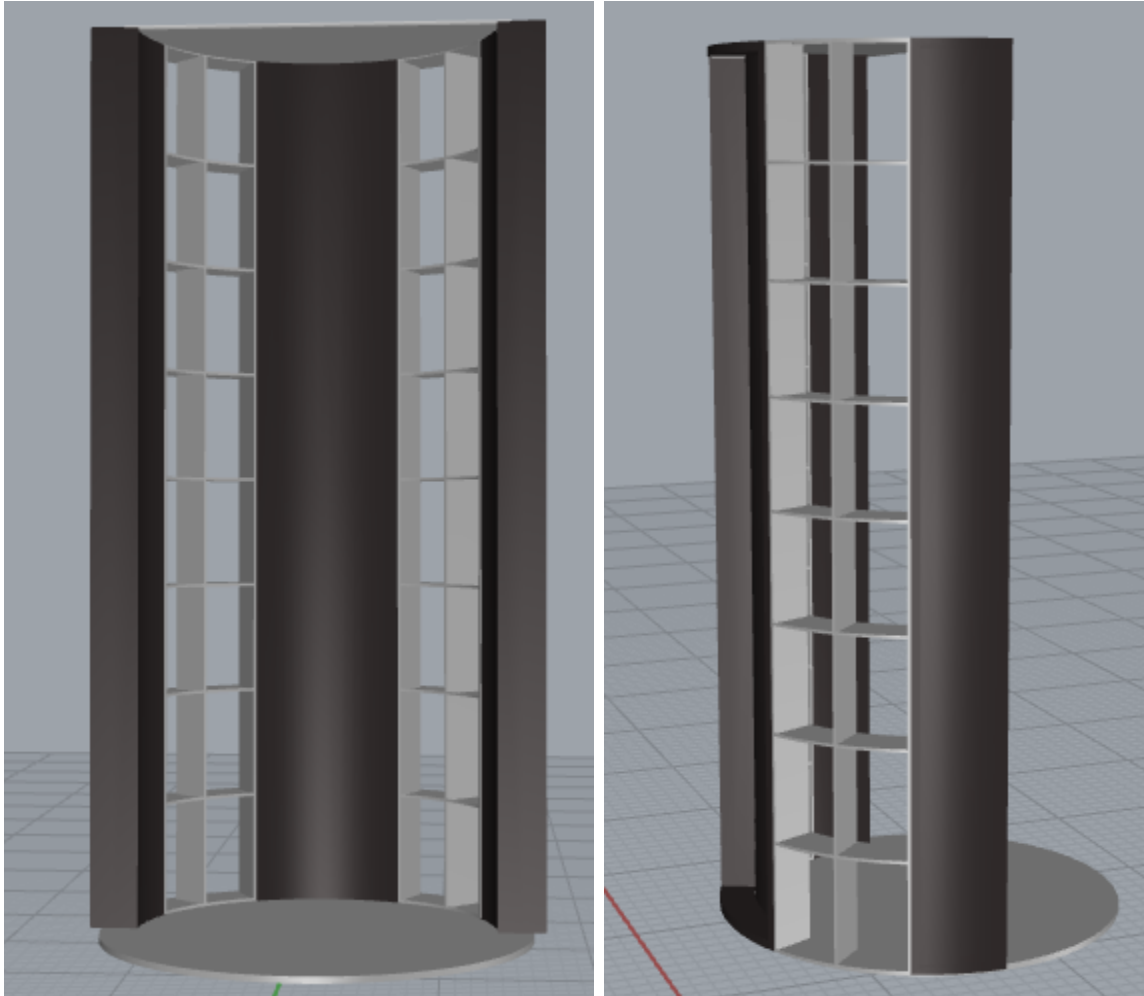
*Figura 25. Explosión del sistema de ajuste para mostrar piezas y componentes. Autoría propia.*



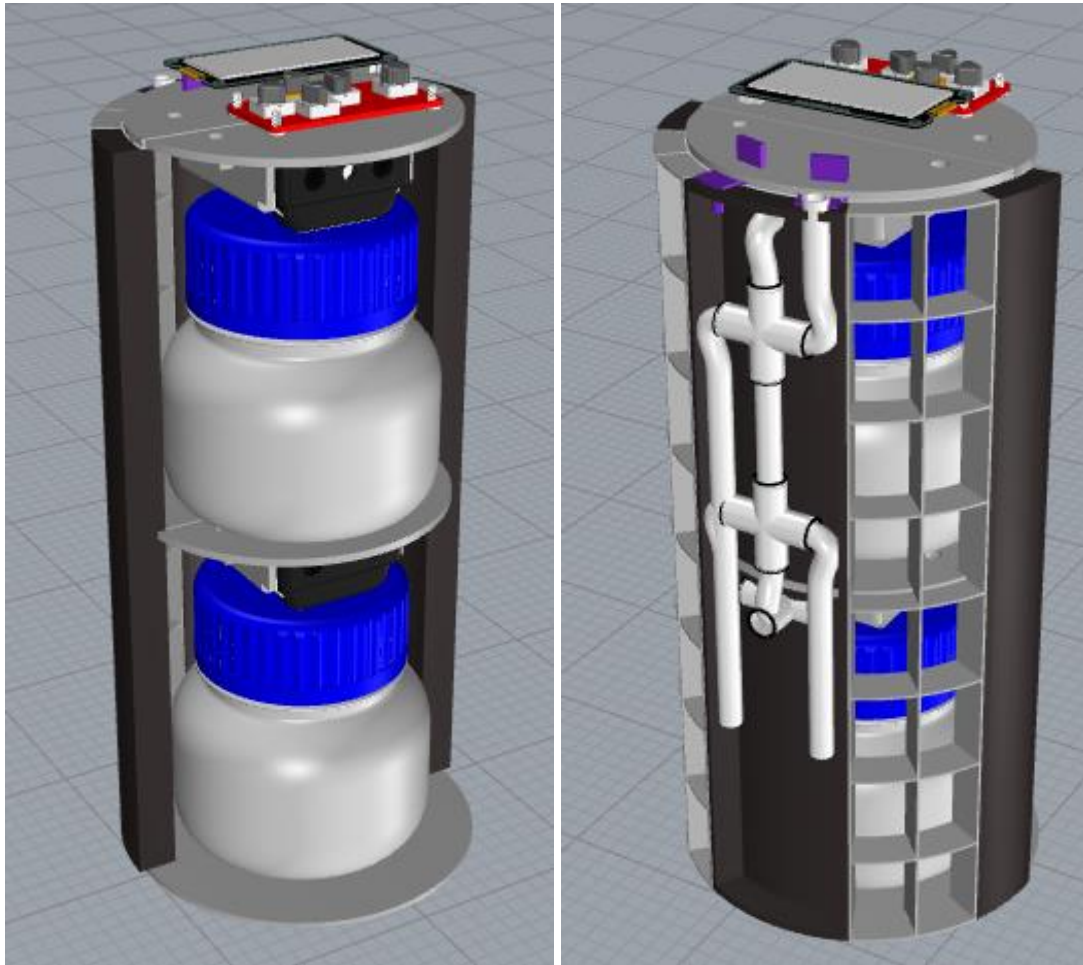


*Figura 26. Sistema de ajuste y conexión con el envase. Autoría propia.*

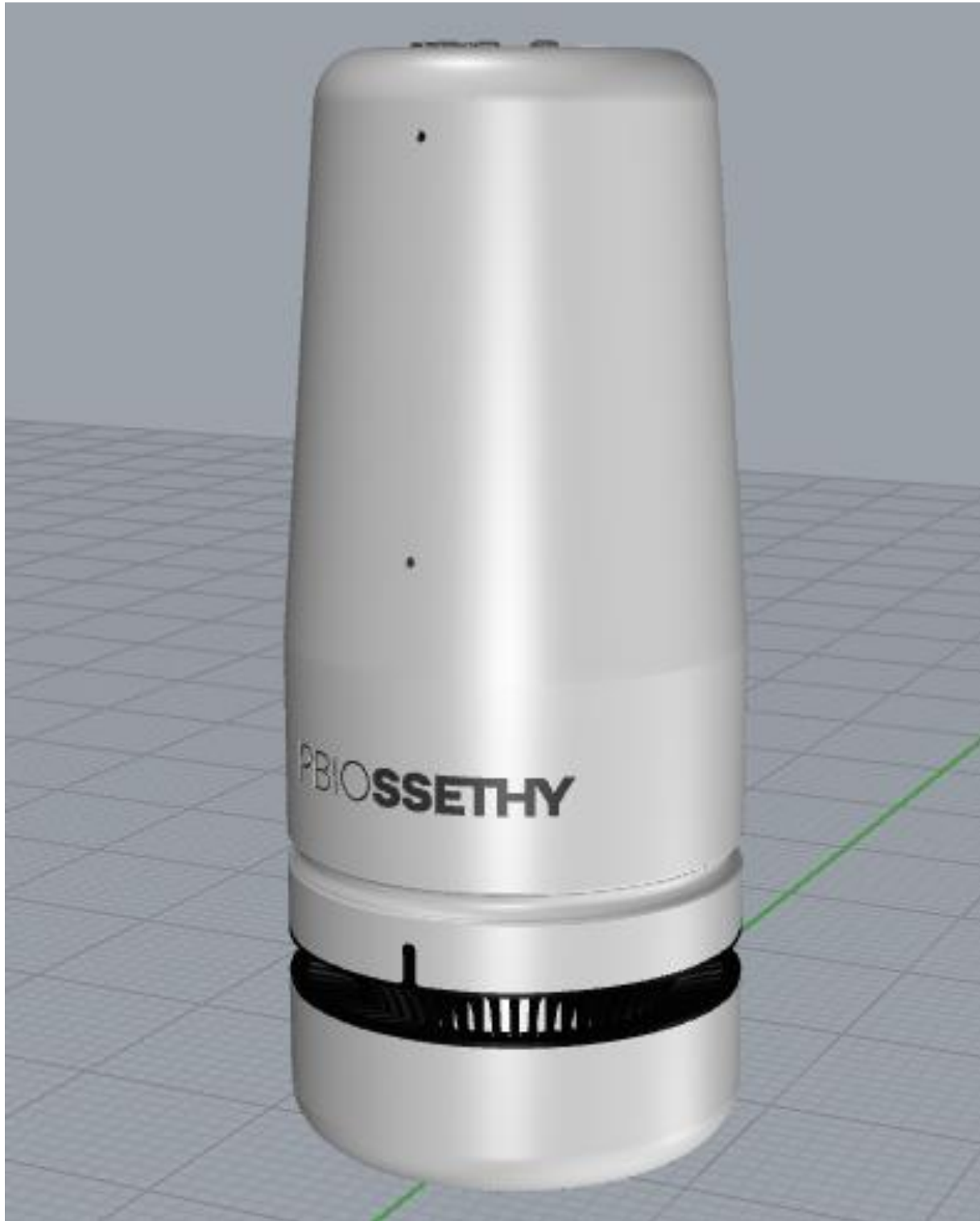
Para colocar un envase sobre el otro es necesario diseñar una estructura, está encargada de soportar los dos envases, el cableado y algunos elementos electrónicos como sensores, la red de gasoductos. La producción de esta estructura será con polipropileno inyectado y láminas de hierro troqueladas con ranuras para ensamblar y previamente soldadas. La estructura se unirá a la base por medio de tornillos.



*Figura 27. Vista frontal de estructura, Figura 24. Vista diagonal posterior Estructura. Autoría propia.*



*Figura 28. Vista frontal, Figura 26. Vista posterior - Todo el sistema del biorreactor. Autoría propia.*



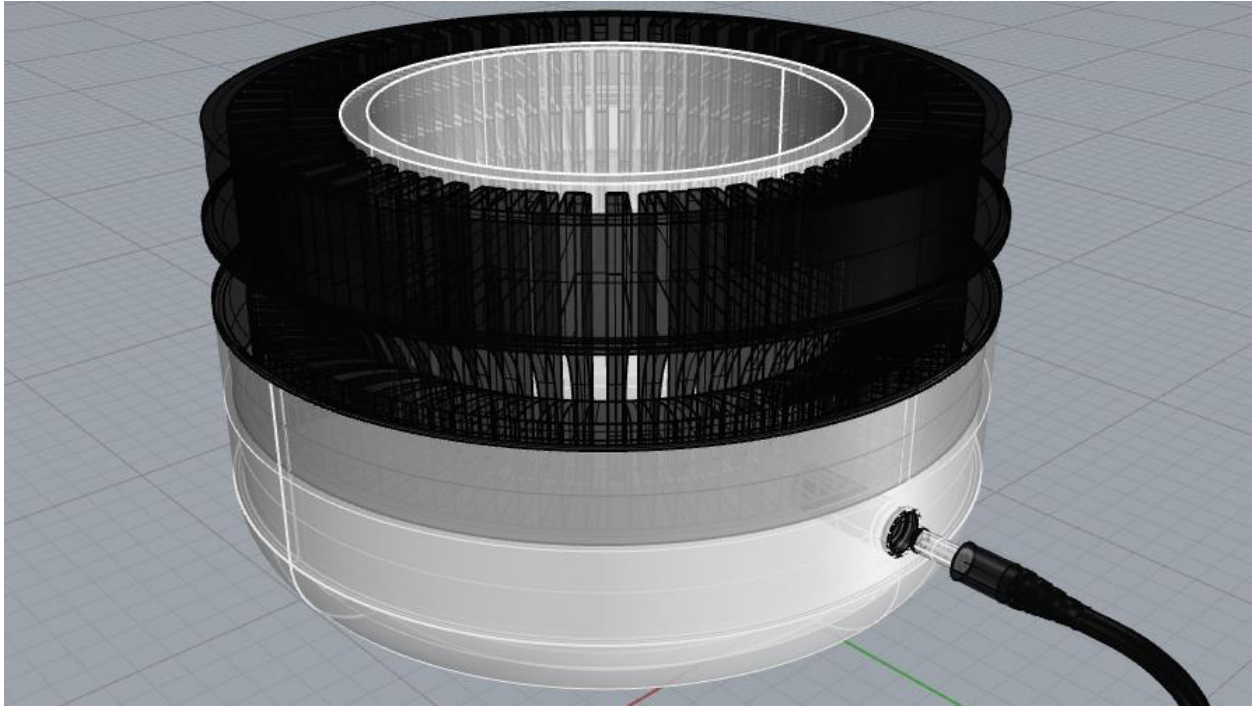
*Figura 29. Forma exterior del dispositivo. Se compone de tapa inferior, sistema de ventilación, y tapa superior. Autoría propia*

Este diseño tiene varias consideraciones, las tapas inferior y exterior se producen en lámina de acero inoxidable por su resistencia a la corrosión y a agentes microbianos, su acabado es ideal para la comunicación que se quiere dar.

La tapa inferior posee un tapón de silicona el cual funciona como anti vibrante por el agitador magnético que requiere el dispositivo y antideslizante para la manipulación por parte de los usuarios.

La tapa superior tiene una guía de encaje para cada vez que se quite y se vuelva a colocar, siempre quede en su posición, tiene 2 orificios frontales, para que el usuario pueda acceder por medio de jeringas con longitud superior a 7cm, pueda acceder al contenedor sin retirar la tapa y colocar los agentes químicos que requiera o extraer una parte de la muestra del gas, adicionalmente cuenta con una sustracción pensada para darle más resistencia y evitar que pierda su geometría. El logotipo se realiza con grabado láser.

El sistema de ventilación permite que entre aire para que enfríe tanto el sistema eléctrico como toda la parte interior del dispositivo, pero no requiere de ningún ventilador que transporte el aire por dentro, pues la temperatura máxima que se va a manejar es 40 °C. Este tiene la forma de rejilla visibilizando hacia la parte interior donde se van a manejar las luces indicadoras de funcionamiento.



*Figura 30. Parte inferior del dispositivo, en su interior se van a manejar los controladores electrónicos, las luces indicadoras y otros dispositivos electrónicos necesarios para el funcionamiento correcto. Autoría propia*

## Modelo Productivo Fase 2

| <b>Tipo de pieza</b>   | <b>Proceso productivo</b>  |
|------------------------|--|
| Carcasa                | Troquelado y repujado en torno   |
| Sistema de ventilación | Inyección polipropileno  |
| Estructura             | Inyección polipropileno.<br>Troquelado en hierro cal.20, unión soldadura |
| Caja de presión        | Aluminio modelado en CNC   |

|  |   |
|--|---|
| Soporte caja de presión                                | Troquelado en hierro cal.20, unión soldadura  |
| Caja de luz  | Extrusión de tubo polipropileno blanco transparente   |
| Antideslizante   | Inyección de silicona   |
| Tornillos, mangueras, uniones Prestolok PZA, tornillos | Comprar las cantidades especificadas en ferreterías, almacenes de distribución o internet según referencia. |

Tabla 2. Proceso productivo por tipo de pieza del dispositivo

**Acotado Fase 2**

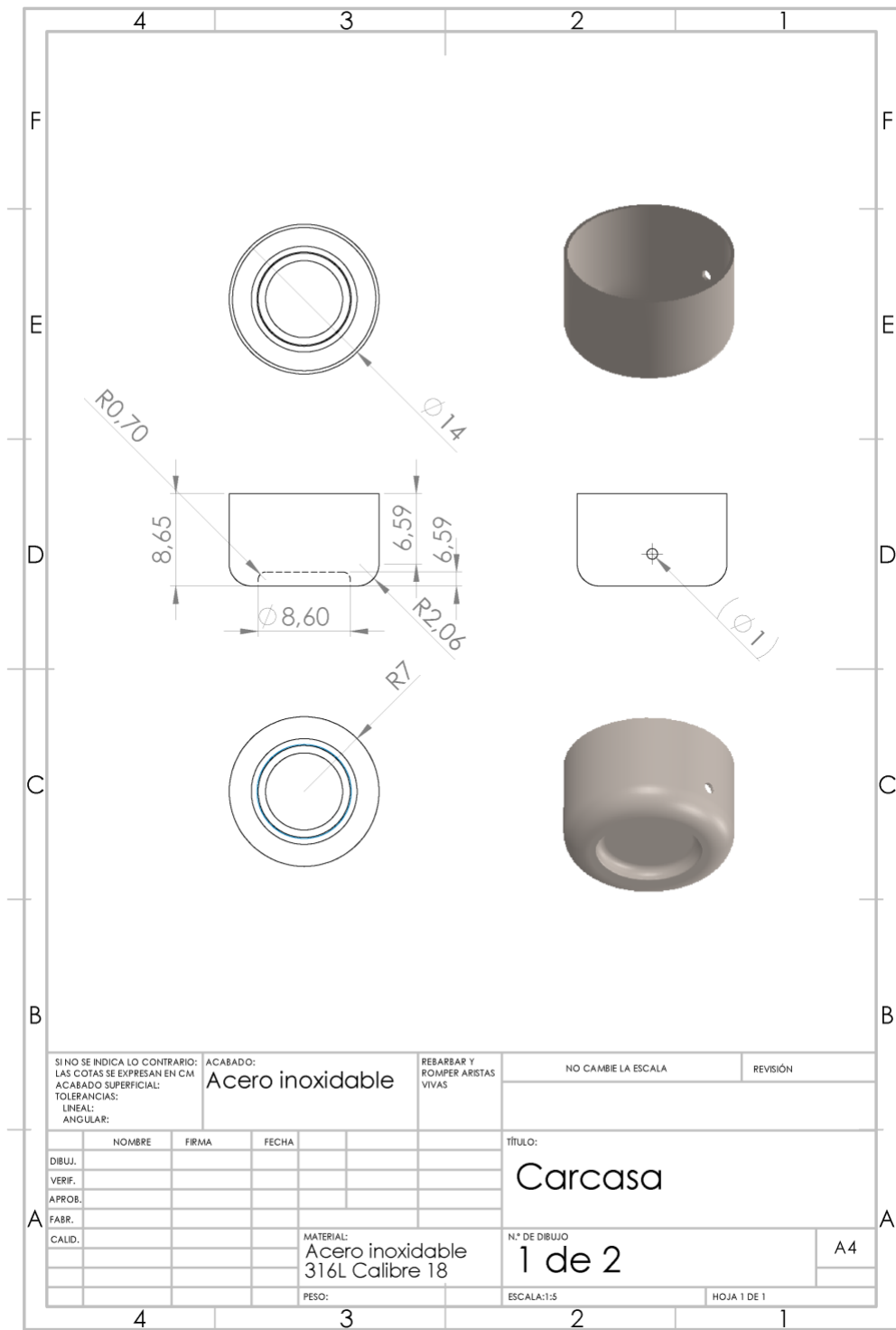


Figura 31. Acotado N° 1 – Dispositivo fase 2. Dibujo 2D en Solidworks.  
Autoría propia



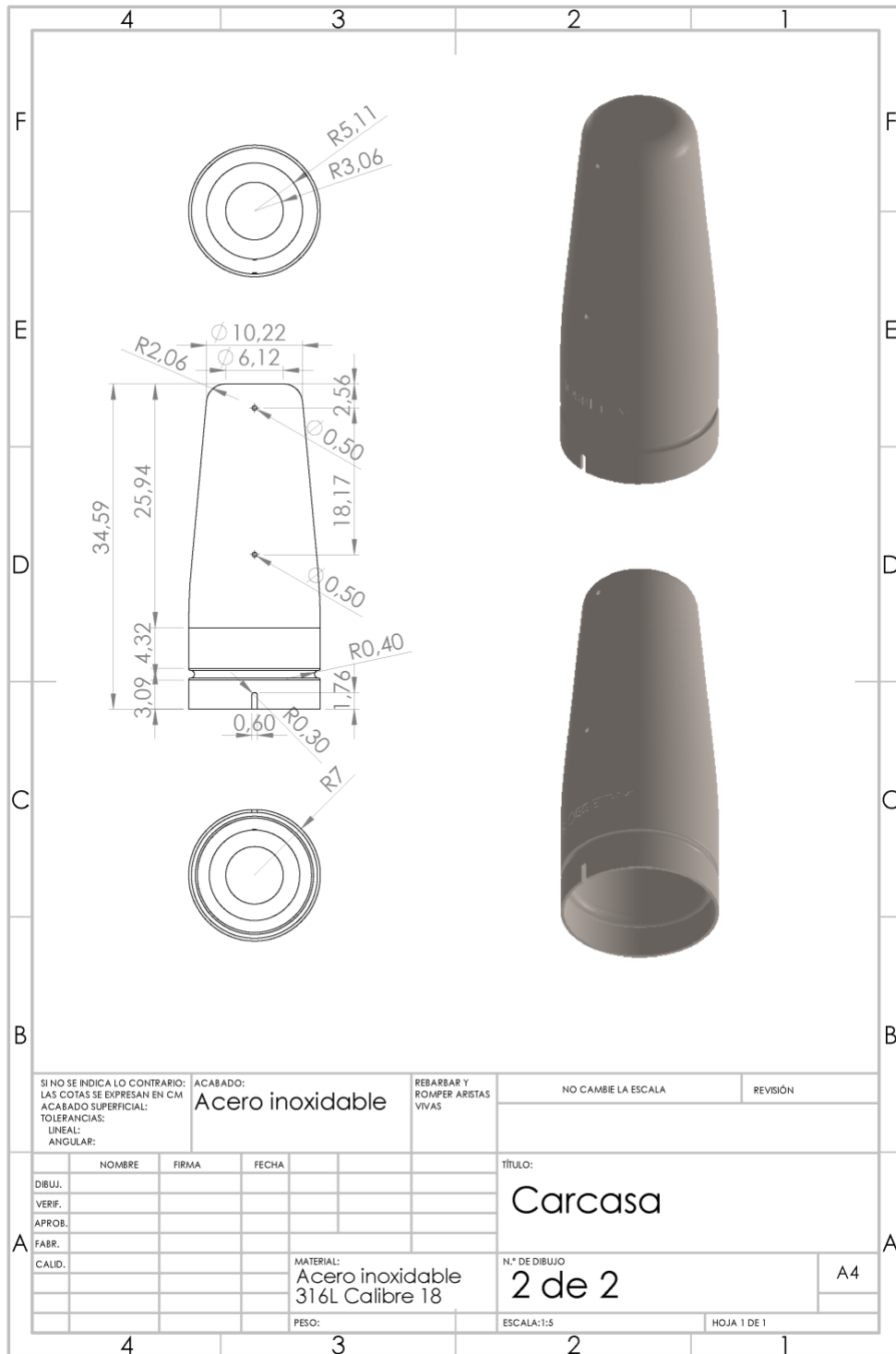


Figura 32. Acotado N° 2 – Dispositivo fase 2. Dibujo 2D en Solidworks.  
Autoría propia

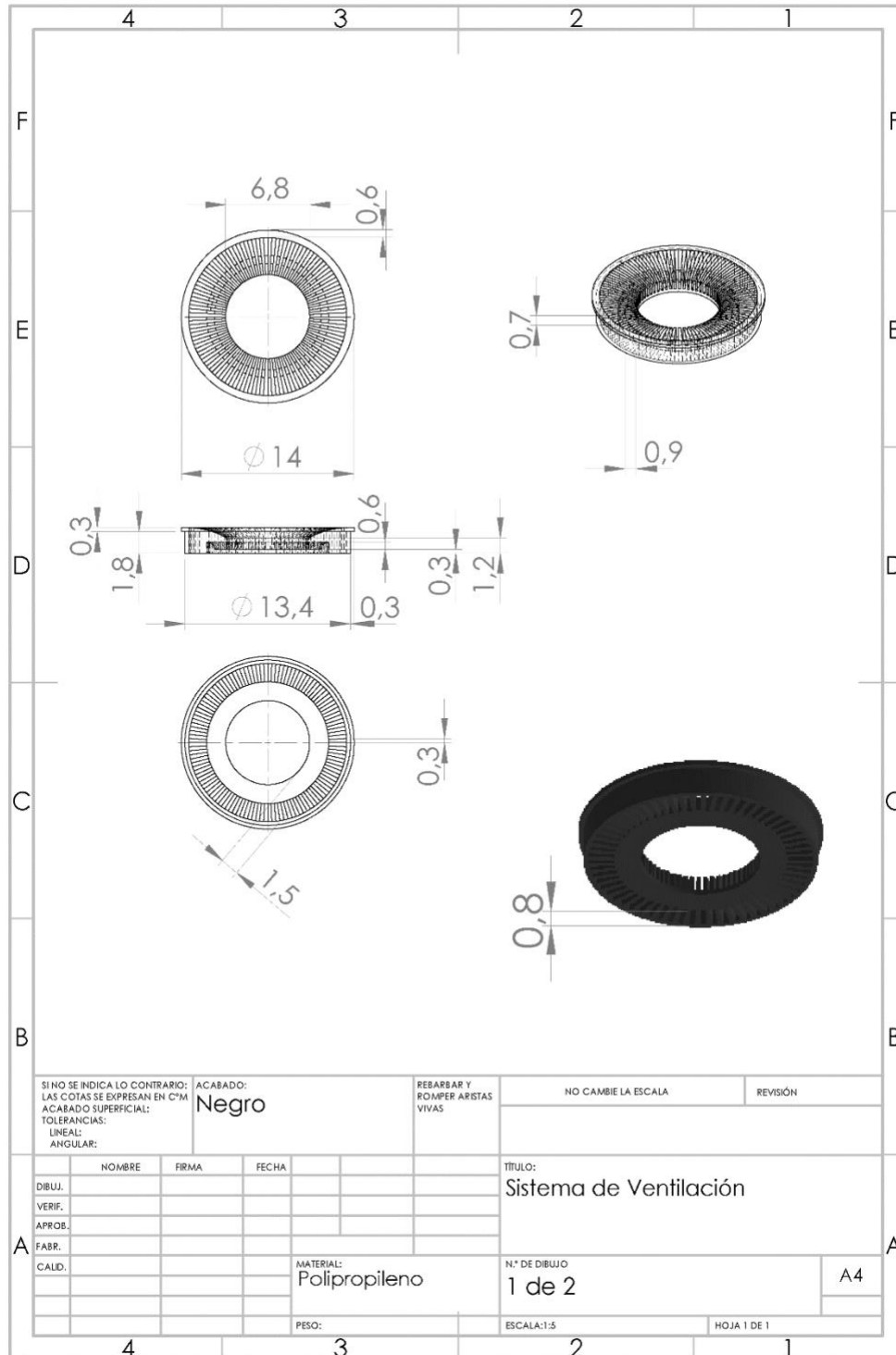


Figura 33. Acotado N° 3 – Dispositivo fase 2. Dibujo 2D en Solidworks.  
Autoría propia

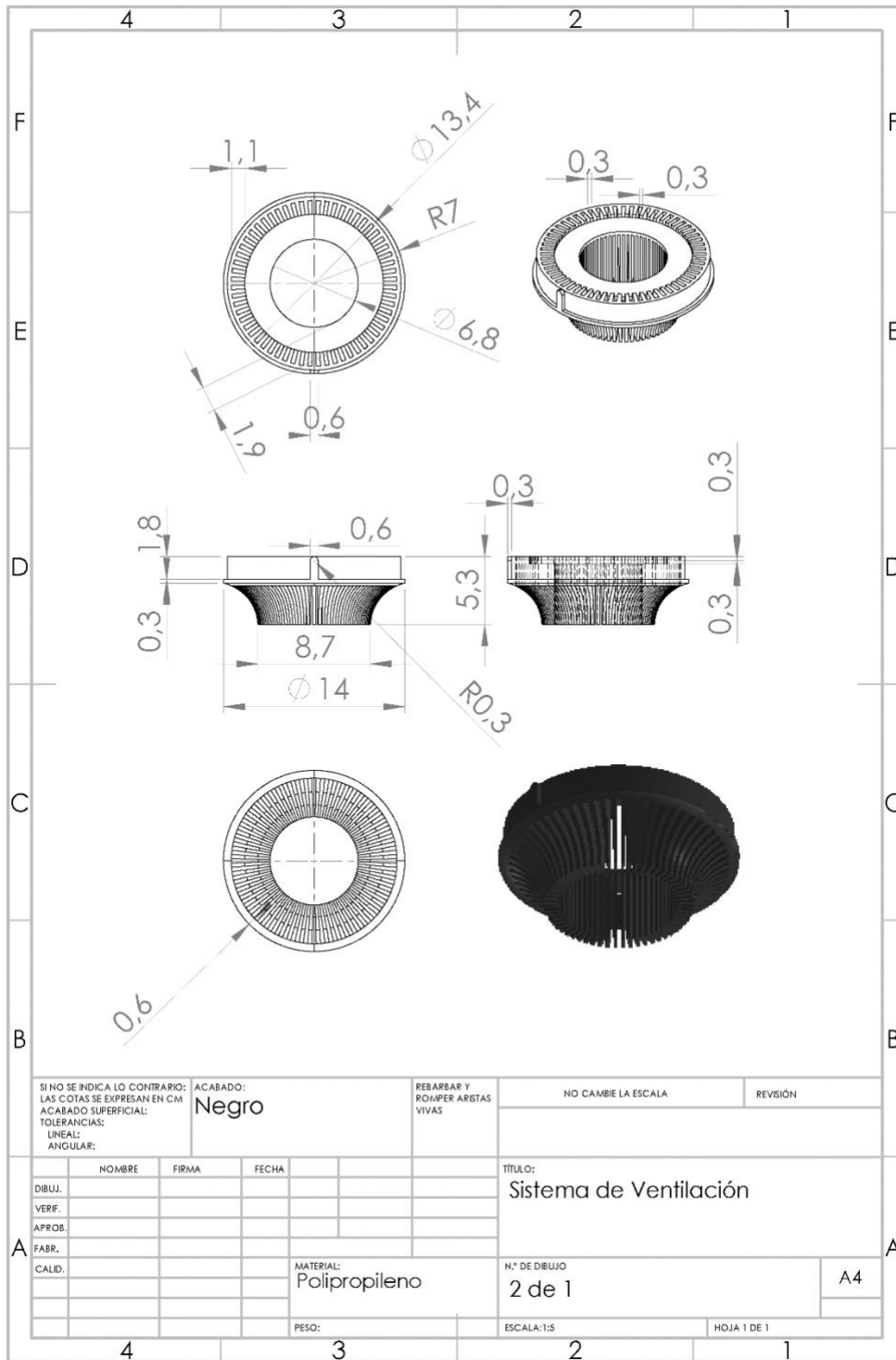


Figura 34. Acotado N° 4 – Dispositivo fase 2. Dibujo 2D en Solidworks.  
Autoría propia

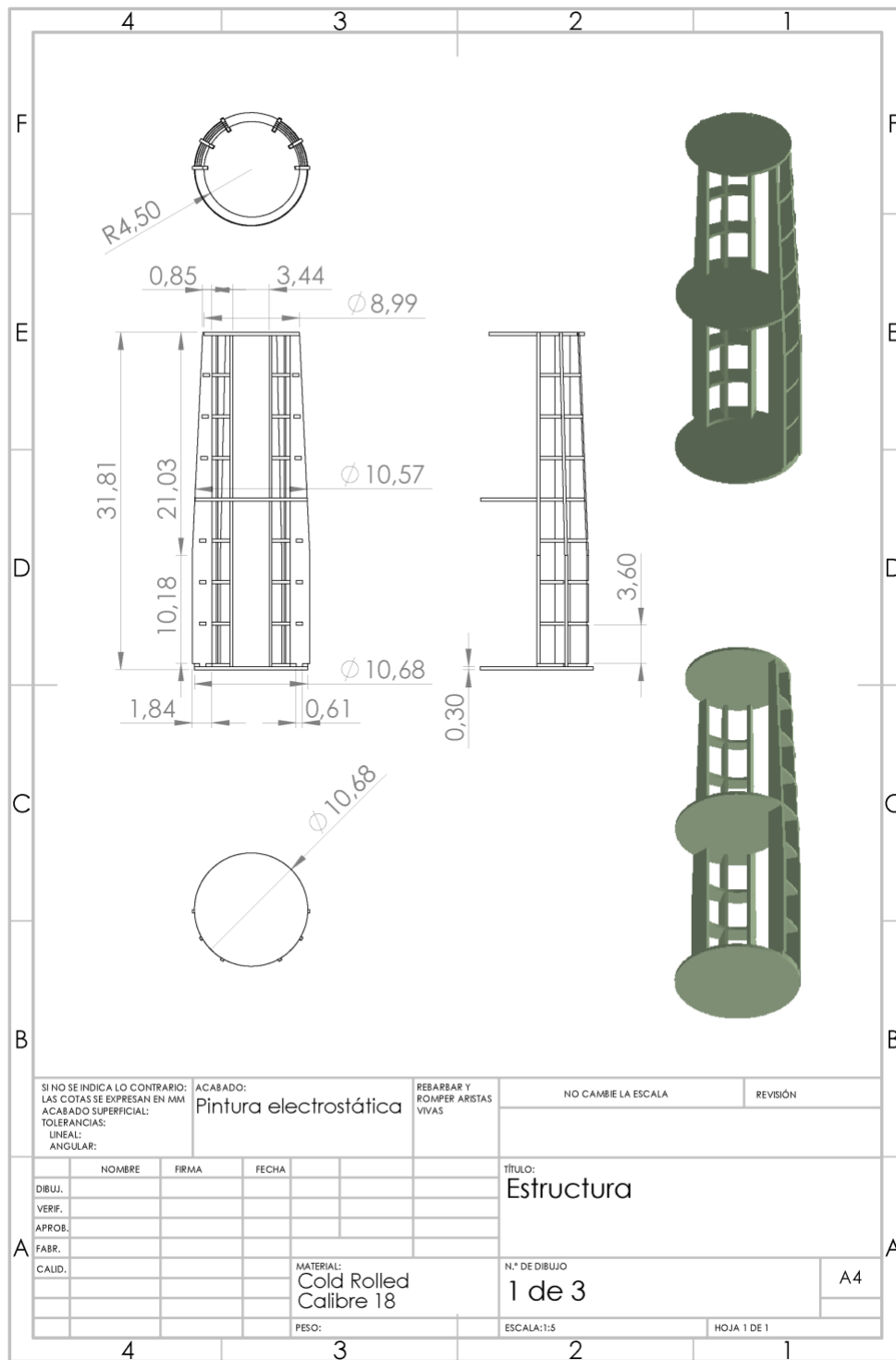


Figura 35. Acotado N° 5 – Dispositivo fase 2. Dibujo 2D en Solidworks.  
Autoría propia

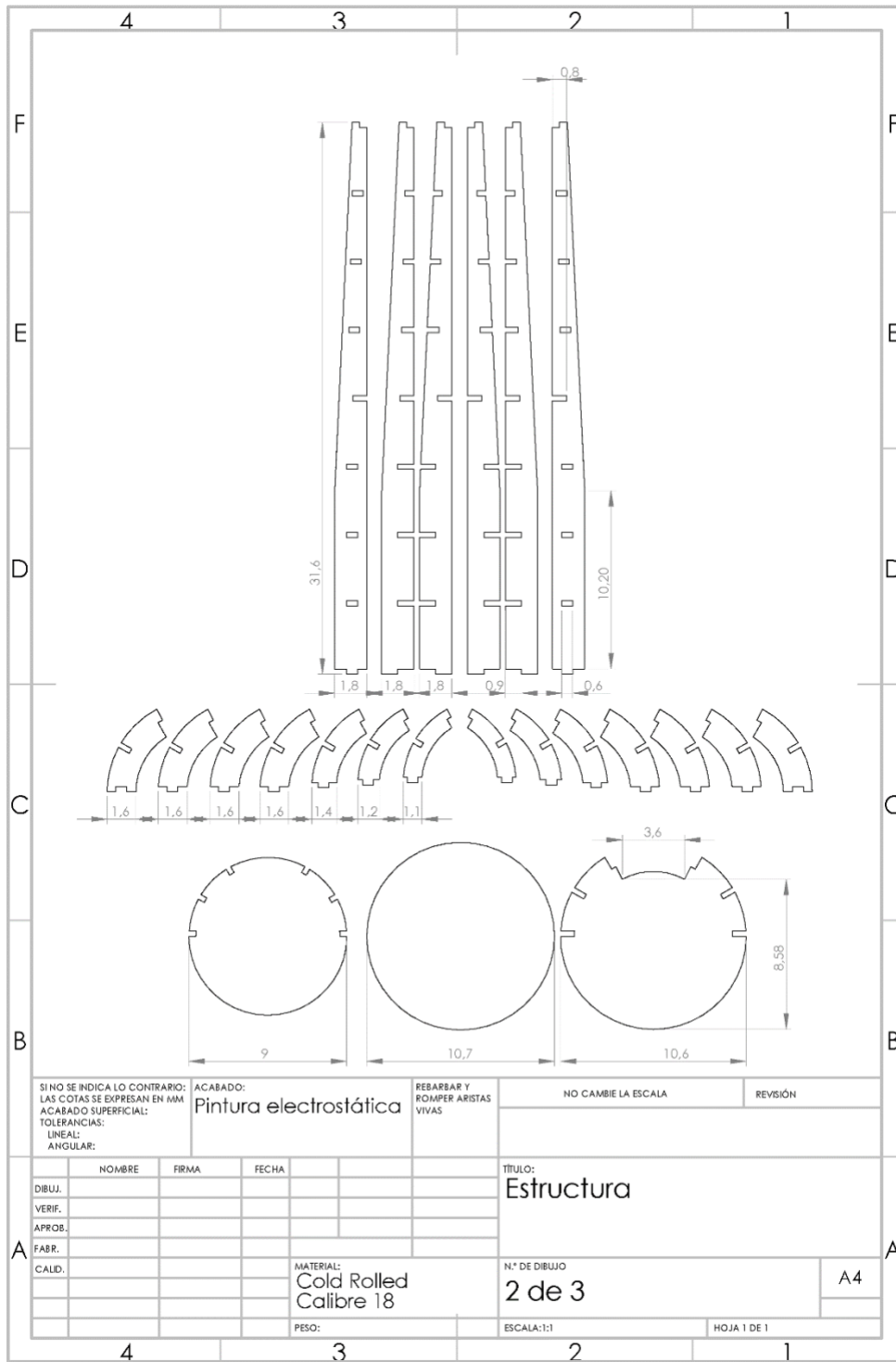


Figura 36. Acotado N° 6 – Dispositivo fase 2. Dibujo 2D en Solidworks.  
Autoría propia

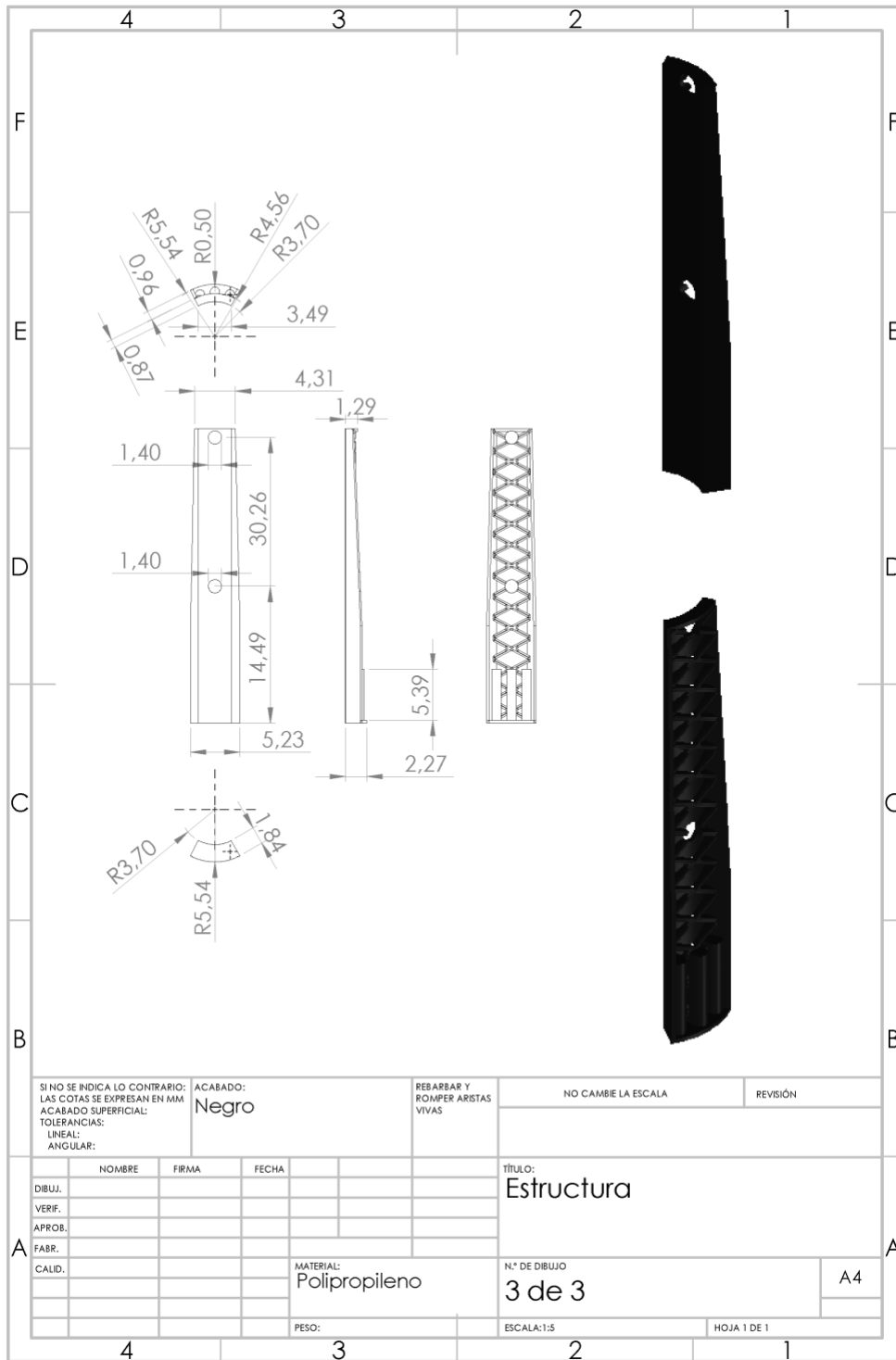


Figura 37. Acotado N° 7 – Dispositivo fase 2. Dibujo 2D en Solidworks.  
Autoría propia

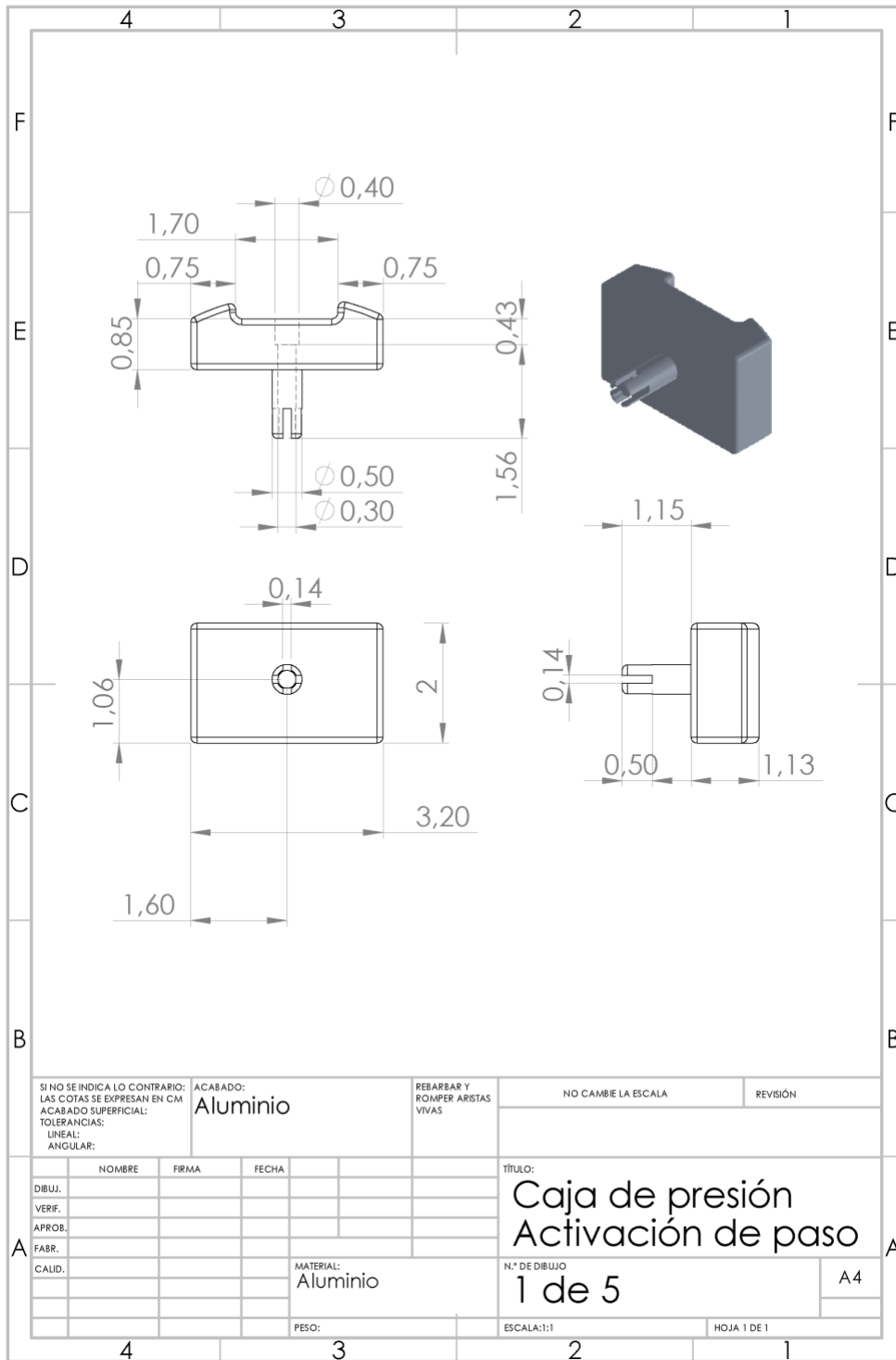


Figura 38. Acotado N° 8 – Dispositivo fase 2. Dibujo 2D en Solidworks.  
Autoría propia

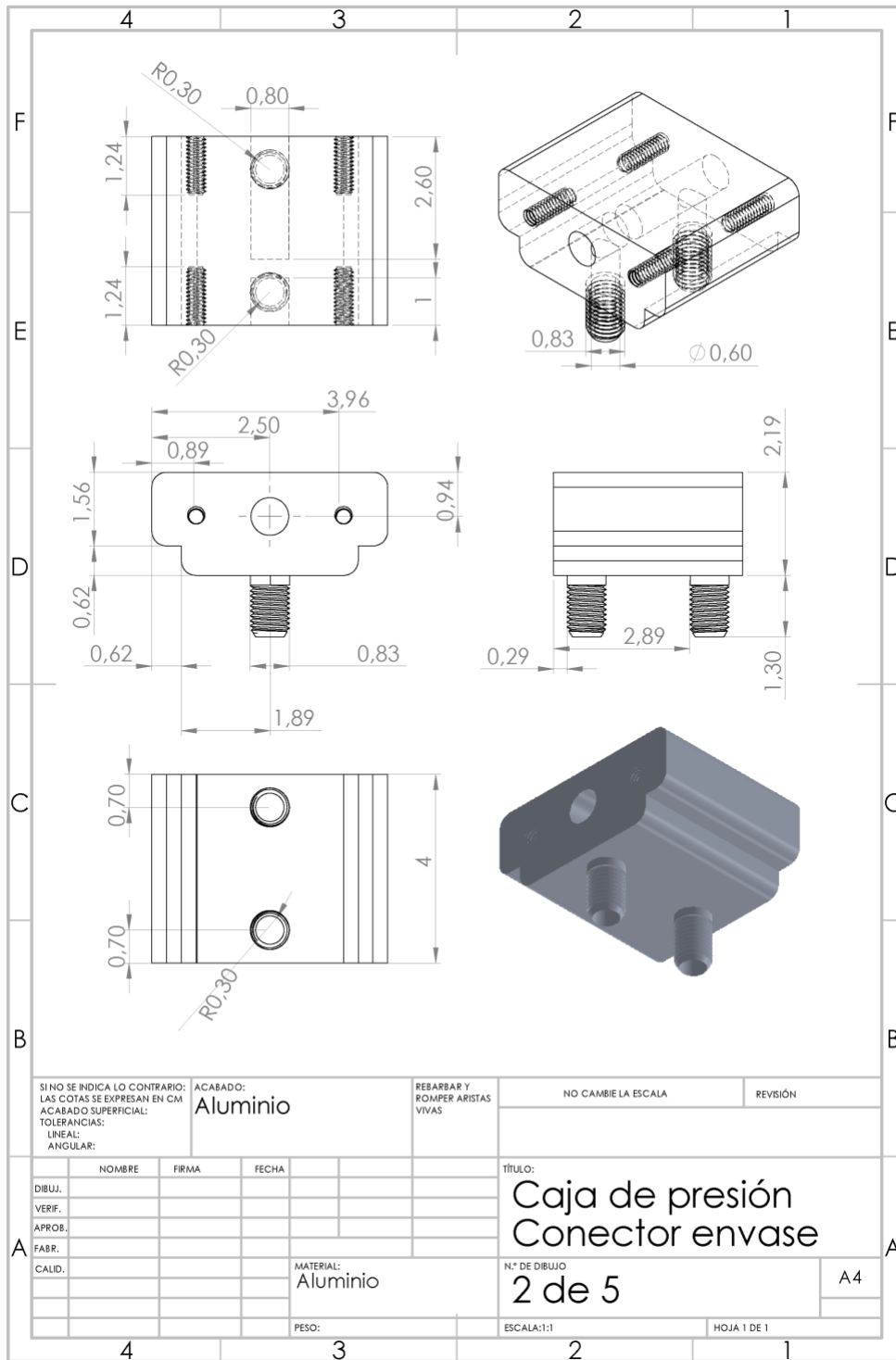


Figura 39. Acotado N° 9 – Dispositivo fase 2. Dibujo 2D en Solidworks.  
Autoría propia



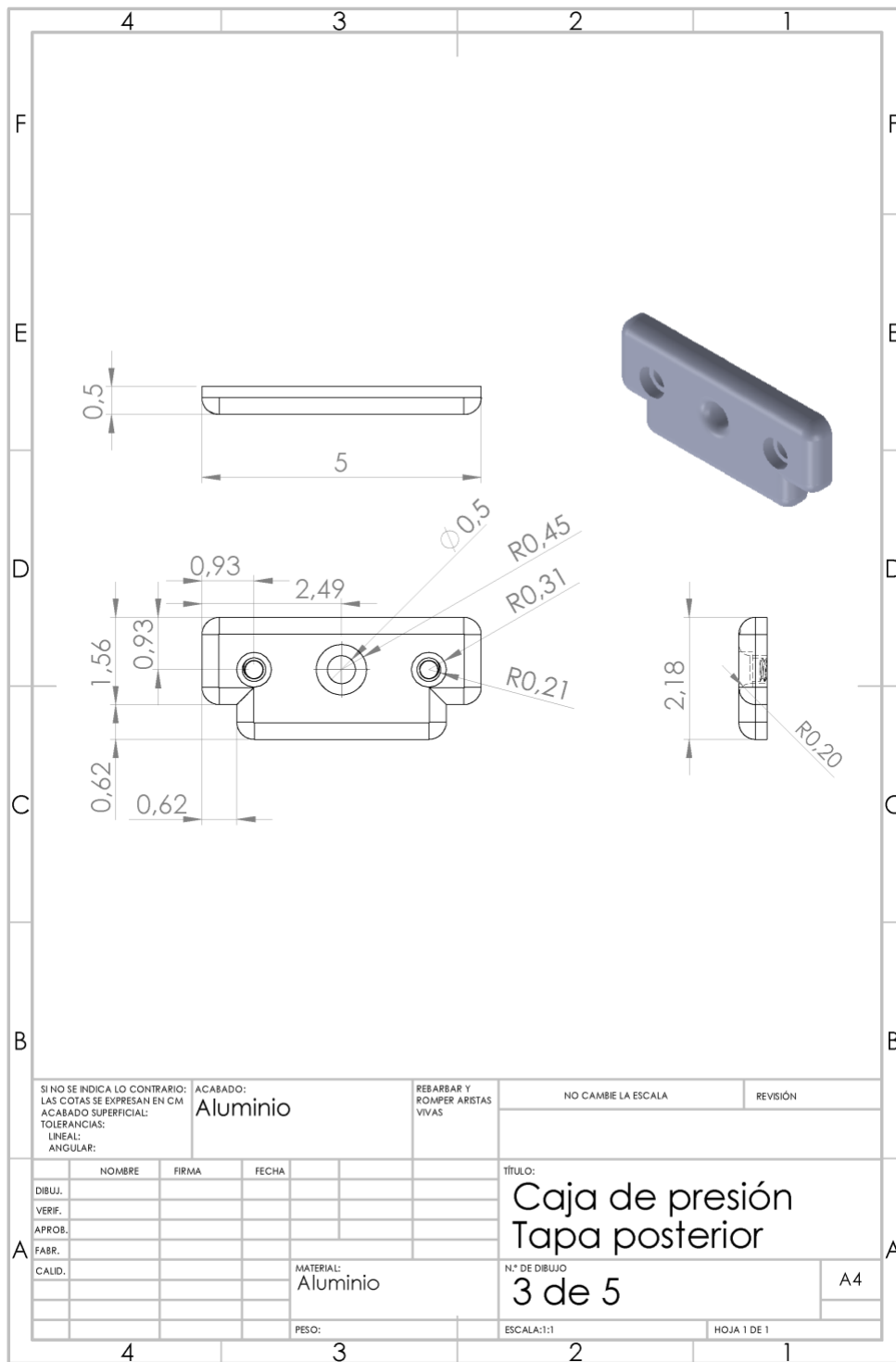


Figura 40. Acotado N° 10 – Dispositivo fase 2. Dibujo 2D en Solidworks.  
Autoría propia

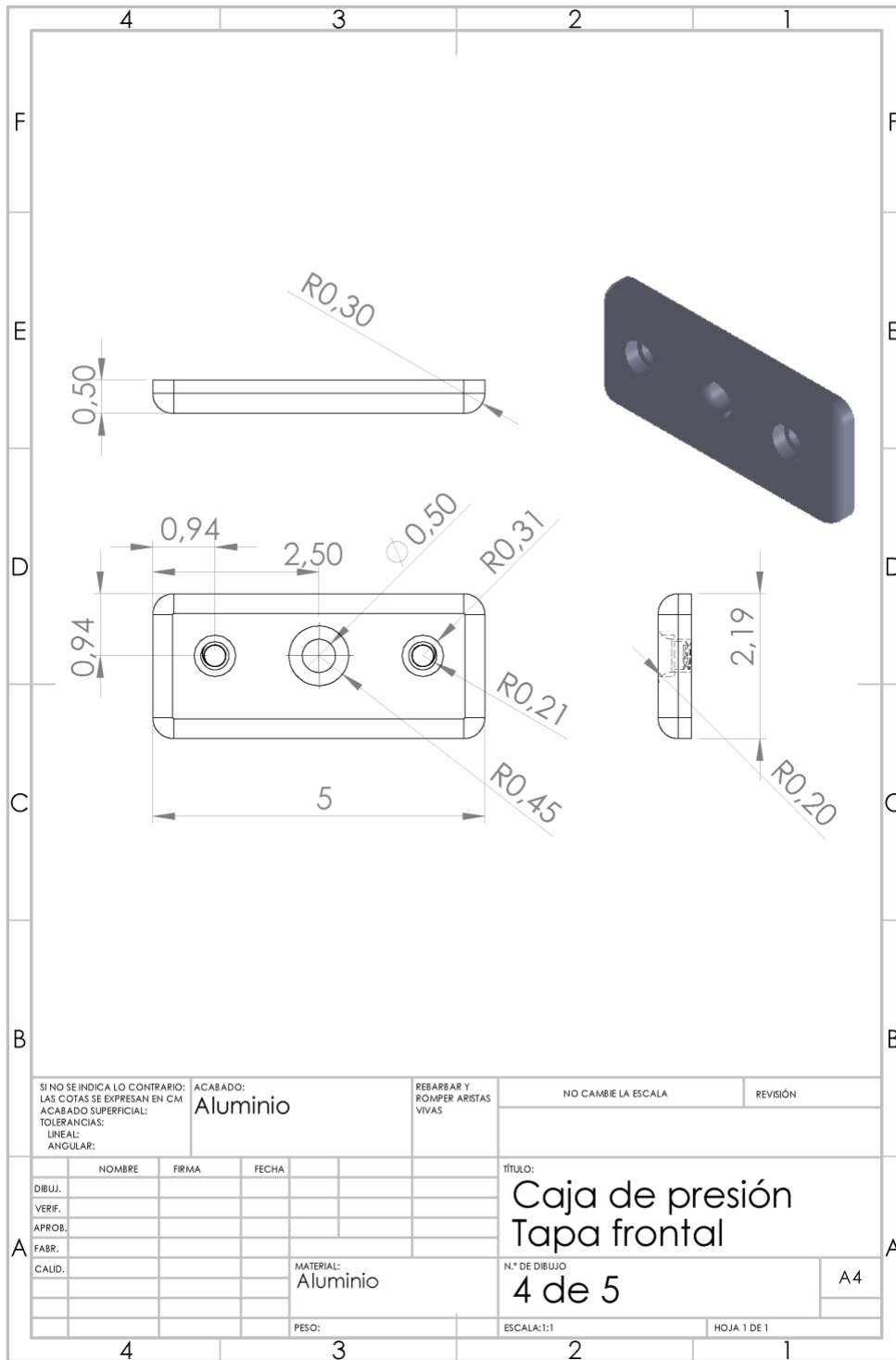


Figura 41. Acotado N° 11 – Dispositivo fase 2. Dibujo 2D en Solidworks.  
Autoría propia

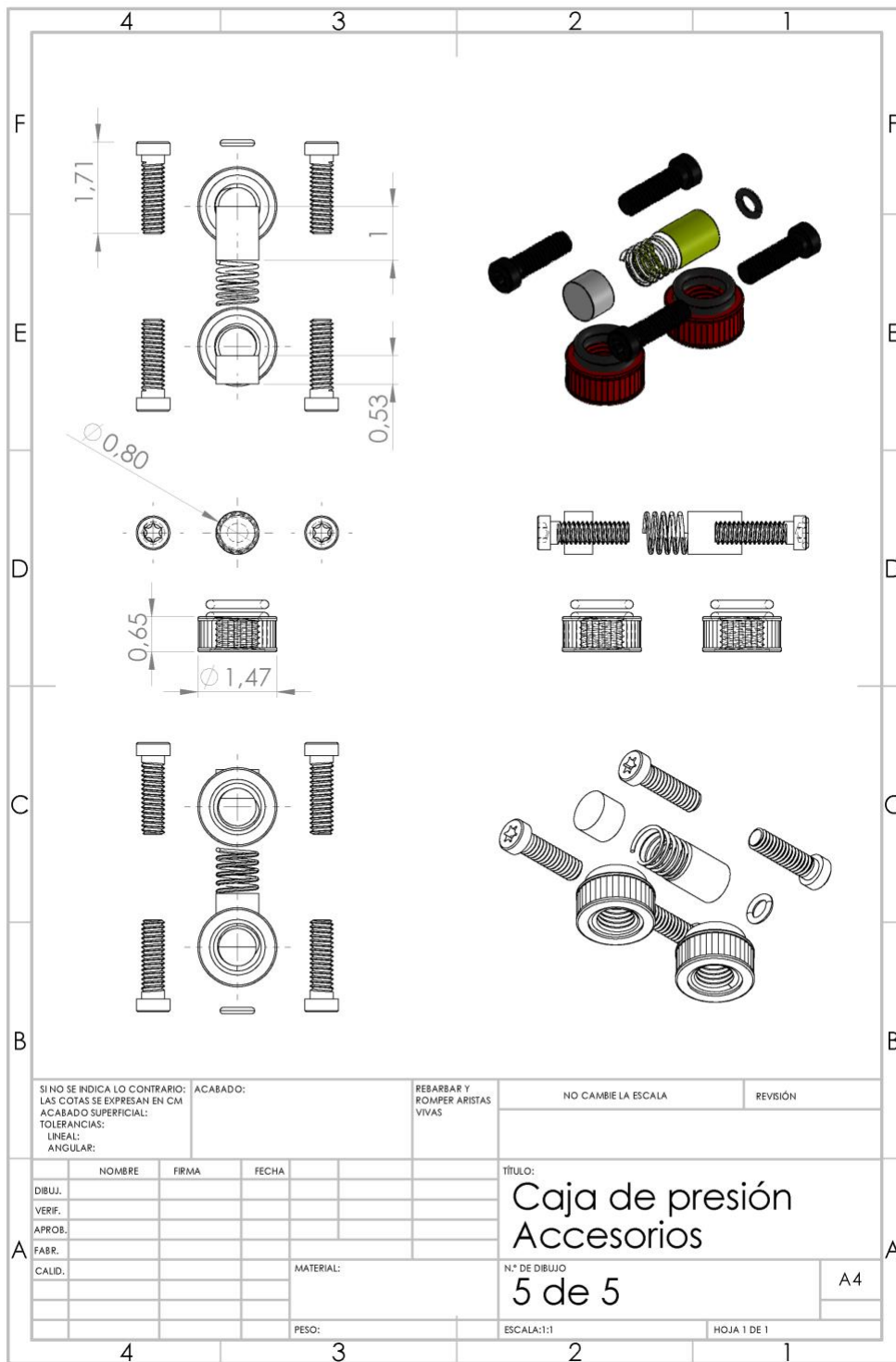


Figura 42. Acotado N° 12 – Dispositivo fase 2. Dibujo 2D en Solidworks.  
Autoría propia

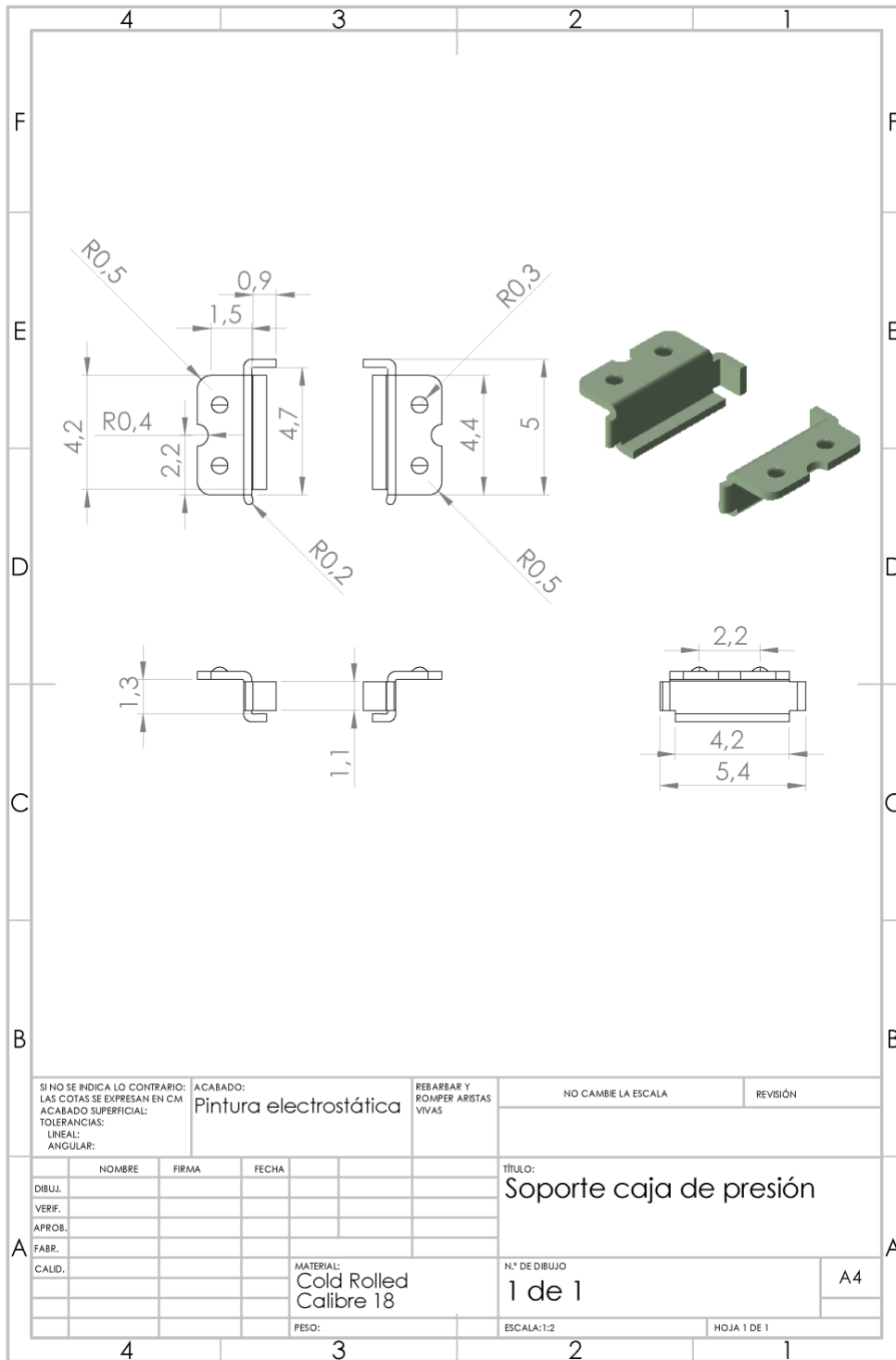


Figura 43. Acotado N° 13 – Dispositivo fase 2. Dibujo 2D en Solidworks.  
Autoría propia

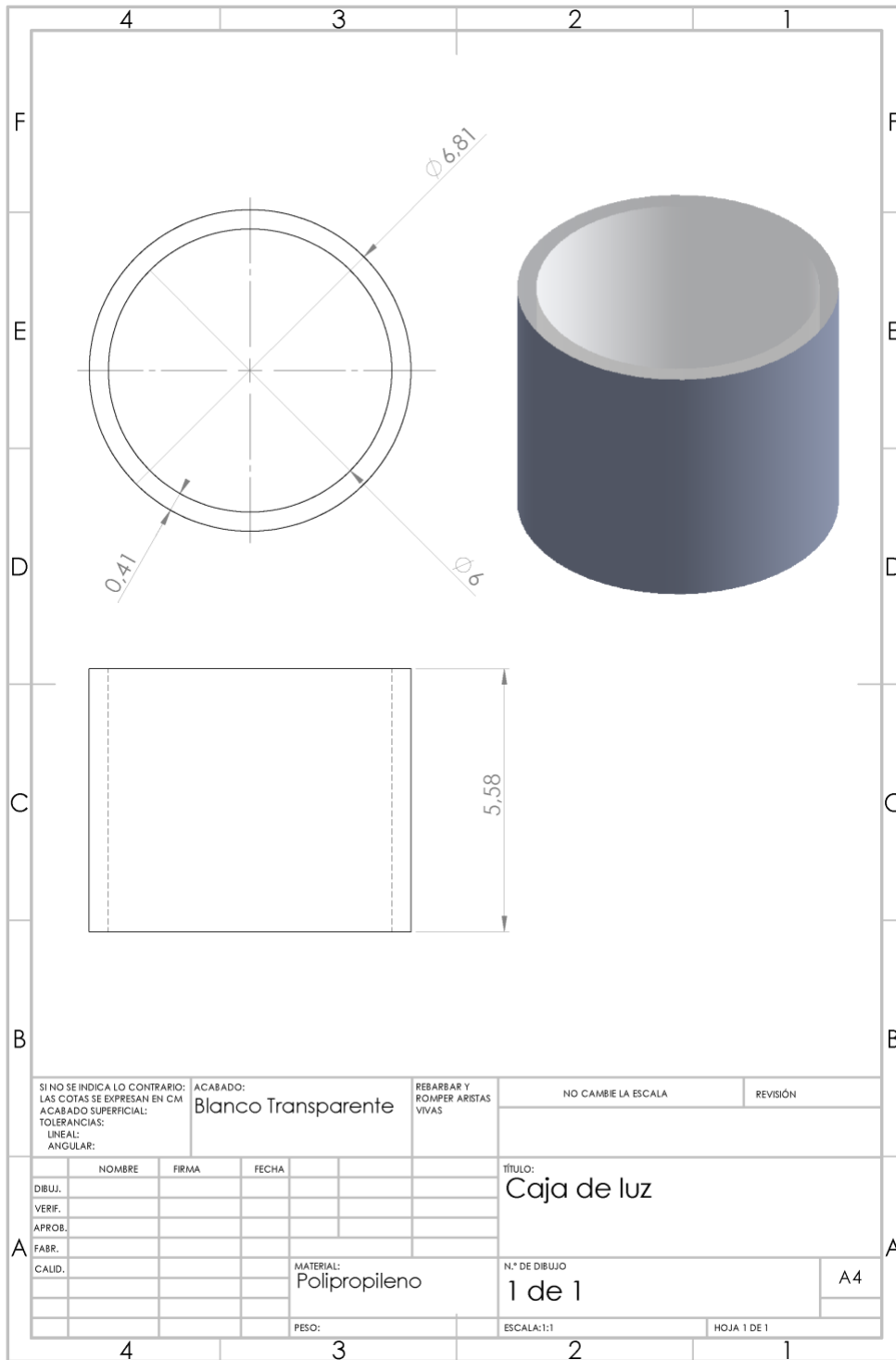


Figura 44. Acotado N° 14 – Dispositivo fase 2. Dibujo 2D en Solidworks.  
Autoría propia

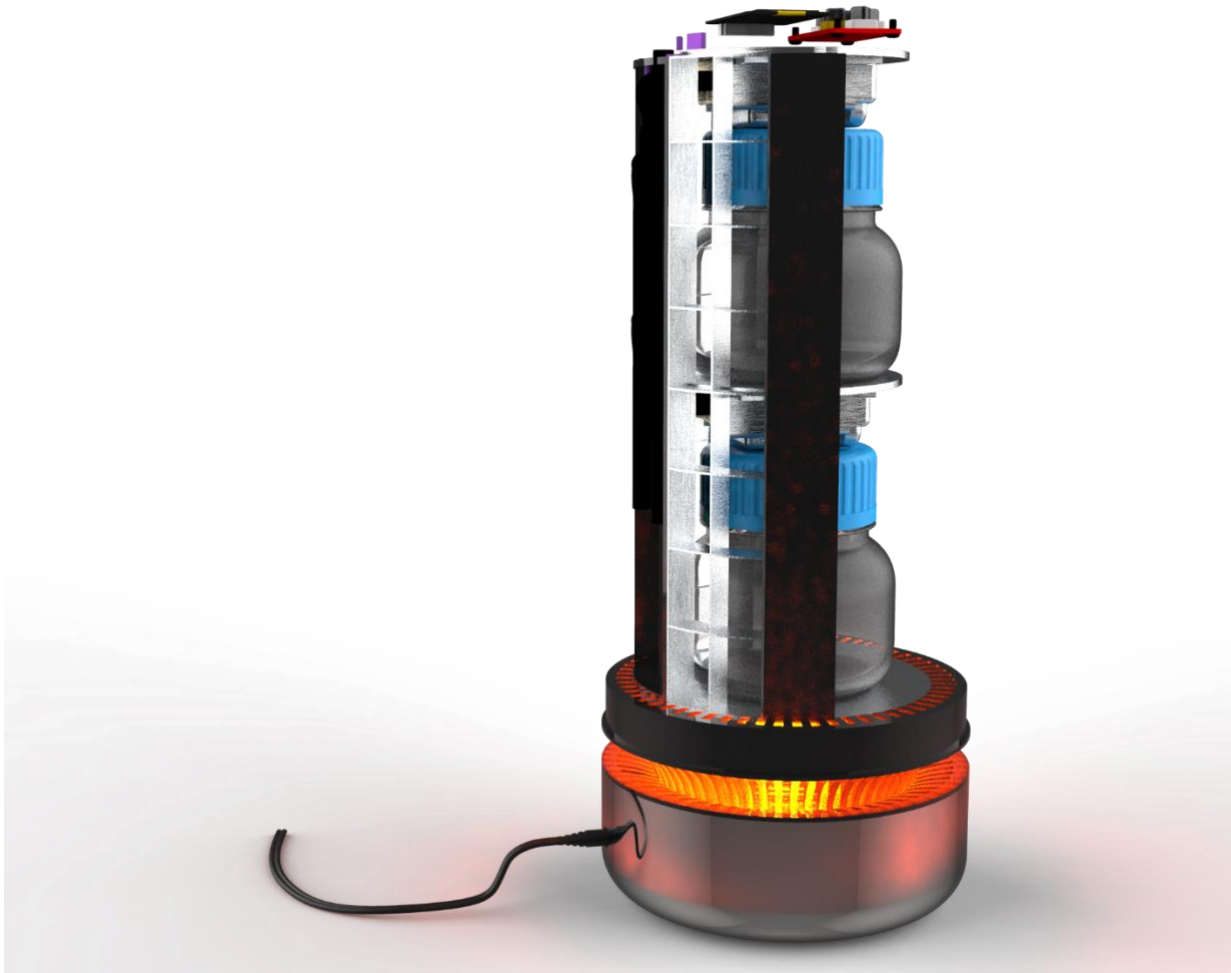
**Renders Fase 2**



*Figura 45. Producto final. Modelado Rhino y renderizado en Keyshot. Autoría propia*

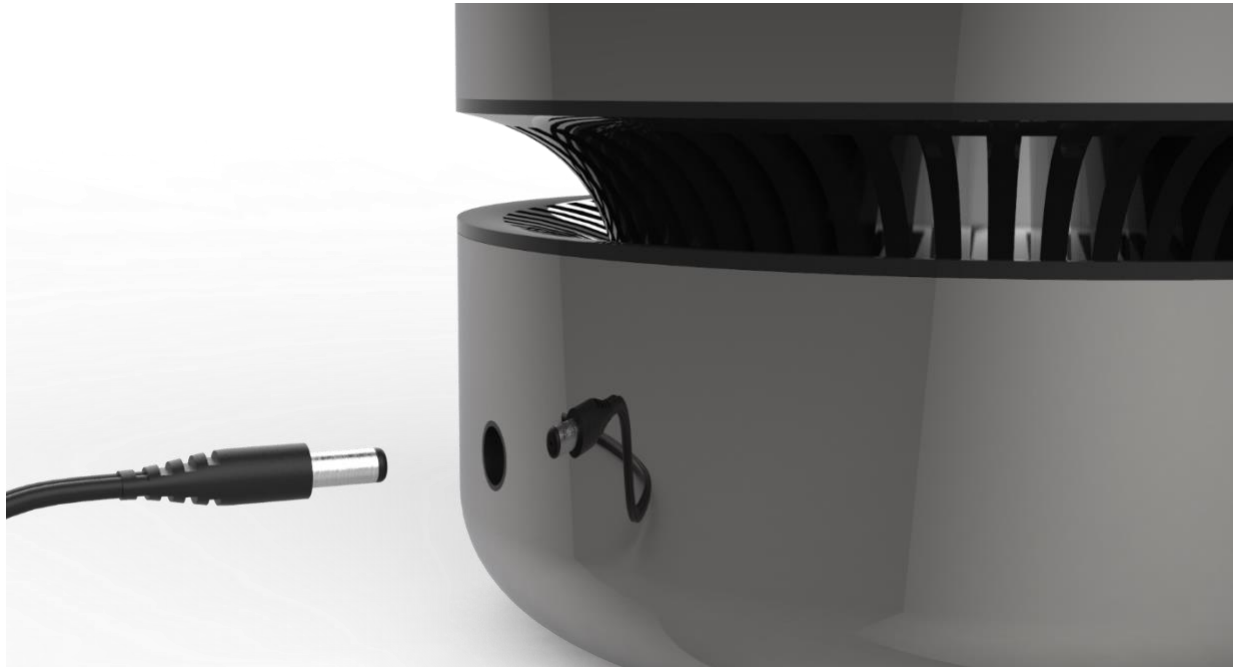


*Figura 46. Luces indicadoras. Modelado Rhino y renderizado en Keyshot.  
Autoría propia*



*Figura 47. Producto final sin tapa superior. Modelado Rhino y renderizado en Keyshot. Autoría propia*





*Figura 48. Conexión eléctrica del dispositivo. Modelado Rhino y renderizado en Keyshot. Autoría propia*

## Resultados.

El diseño del producto ha tenido bastantes cambios en pro de mejorar su forma y su función teniendo en cuenta factores o consideraciones que se creían que no se tendrían desde que se inició con el proceso de diseño.

En la siguiente tabla se muestran los resultados y el impacto que tiene cada proceso de diseño del producto.

| <b>Resultado</b>                 | <b>Impacto</b>                             |
|----------------------------------|--|
| Mapa de funcionamiento           | Cómo debe funcionar el sistema             |
| Bocetos 2D                       | Conceptualización de la forma              |
| Modelado 3D                      | Diseño al detalle y a escala 1:1           |
| Aproximación en materiales       | Saber cómo se va a conformar el sistema    |
| Mapa de estudio de ergonomía     | Saber cómo se va a usar el dispositivo     |
| Comprobaciones en producción     | factibilidad en producción                 |
| Comprobaciones en funcionamiento | Saber si el sistema funciona como se pensó |
| Comprobación ergonómica          | Saber si cumple con los parámetros         |
| Rediseño de las falencias        | Cambiar las cosas que generan errores      |
| Planos técnicos de producción    | Genera los parámetros de producción        |
| Producción                       | Elaboración del sistema                    |

Por favor ingresar al siguiente link de la plataforma Behance para visualizar la presentación de diseño del producto.

<https://www.behance.net/gallery/128063703/POTENCIAL-DE-BIOMETANO>

## **Bibliografía**

*Cepero, L., Savran, V., Blanco, D., Díaz Piñón, Suárez, J., & Palacios, A. (2012). Producción de biogás y bioabonos a partir de efluentes de biodigestores. Pastos y Forrajes, 35(2), 219-226.*

*ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE CONVERSIÓN A BIOGÁS DE LA BIOMASA EN COLOMBIA Y SU APROVECHAMIENTO. (s. f.). Recuperado 23 de febrero de 2021, de <https://bdigital.upme.gov.co/jspui/bitstream/001/1317/1/Informe%20final.pdf>*

*Herrero, M., & Araújo, F. (2018). ODS en Colombia: Los retos para 2030.*

*Martín, A. (s. f.). Biodigestión anaeróbica: Una alternativa para el tratamiento de la Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos. Ingeniería en Recursos Naturales Renovables – FCA – UNCUYO, 137.*

*Monitoreos ambientales: Indispensables en el desarrollo de nuestra II Fase | PTAR Salitre. (s. f.). Recuperado 23 de mayo de 2021, de <https://ptarsalitre.com.co/monitoreos-ambientales-indispensables-en-el-desarrollo-de-nuestra-ii-fase/>*

*Santomé, J. T. (1994). Globalización e interdisciplinariedad: El curriculum integrado. Ediciones Morata.*