

# DISEÑO DE UNA COCINA FUNCIONAL CON ACEITE VEGETAL USADO, MEDIANTE MODELADO CAD, SIMULACIÓN ESTÁTICA Y SIMULACIÓN TÉRMICA EN SOLIDWORKS, PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN SECTORES COMERCIALES COMO HOTELES Y RESTAURANTES.

*James Zorin Cruz Gómez*

*Código: 23551828764*

*Heiner Ricaurte Jaimes Rangel*

*Código: 23551826713*

*Universidad Antonio Nariño*

*Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica*

*Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial*

*Director:*

*M.Sc. Carlos Alirio Díaz González*

## **RESUMEN:**

En este proyecto se realiza el diseño de una estufa que funciona con aceite vegetal usado de cocina. Se lleva a cabo una metodología en la cual se investigan técnicas de diseño y análisis de sistemas similares. Las fases para desarrollar este proyecto comienzan con una investigación documental, de esta forma se plantean fases de diseño que dan solución a la problemática planteada. Algunos de los parámetros de diseño seleccionados son tanque de almacenamiento, caudal de aire de entrante del sistema, dimensiones exteriores, entre otros. Una vez establecido los parámetros de diseño se realizan cuatro modelos CAD, los cuatro modelos cumplen con las condiciones de funcionamiento de una cocina usando aceite vegetal usado como combustible, sin embargo, para seleccionar un modelo y continuar con el análisis, se realiza una evaluación de los parámetros de forma numérica. Con lo anterior se logra seleccionar un modelo y posteriormente realizar un análisis estático y térmico, con el cual se logra demostrar que el modelo analizado es capaz de soportar unas condiciones determinadas. Una vez analizadas las condiciones de funcionamiento del sistema, se concluye con un diseño de estufa funcional con aceite vegetal usado, con dimensiones optimizadas, de fácil mantenimiento, completamente reciclable y de bajo peso.

**PALABRAS CLAVE:** *Aceites vegetales, simulación estática, simulación térmica, diseño*

## **ABSTRACT:**

This project designs a stove that works with used vegetable cooking oil. A methodology is carried out in which similar system design and analysis techniques are investigated. The phases to develop this project begin with documentary research, in this way design phases are proposed that solve the problem posed. Some of the selected design parameters are storage tank, system inlet airflow, exterior dimensions, among others. Once the design parameters are set four CAD models are made, the four models meet the operating conditions of a kitchen using vegetable oil used as fuel, however, to select a model and continue with the analysis, an evaluation of the parameters is performed numerically. This allows you to select a model and then perform a static and thermal analysis, which demonstrates that the analyzed model is capable of withstanding certain conditions. Once the operating conditions of the system have been analyzed, it is concluded with a functional stove design with used vegetable oil, with optimized dimensions, easy to maintain, fully recyclable and low weight.

**KEYWORDS:** *Vegetable oils, static simulation, thermal simulation, design*

## I. INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Colombiano, mediante su resolución 316 de 2018, establece los parámetros que se deben de cumplir para el tratamiento y disposición de aceites vegetales usados. Para el tratamiento de dichos desechos se establecen recomendaciones de subproductos y subprocesos que pueden generarse con el tratamiento y aplicación de aceites vegetales usados [1].

En Colombia se comercializan diferentes marcas y tipos de aceites vegetales, por tal motivo el consumo de dichos productos asciende a un valor aproximado de 170 millones de litros, del cual se estima que el 35% se convierten en desechos que deben de ser tratados con el fin de que no den a parar a los desagües de los hogares colombianos [2].

Los sistemas de calefacción y cocina que funcionan con aceites vegetales usados han sido desarrollados por empresas privadas e instituciones educativas. En el Instituto Agrícola de Ingeniería de la Universidad de Hohenheim de Alemania, desarrolló el diseño de una estufa de presión que funciona con aceites vegetales de distintos tipos. Los investigadores en colaboración con Bosch Siemens detectaron que la madera y el carbón son los combustibles más usados para procesos térmicos. La estufa diseñada funciona con aceites vegetales, lo que representa un dispositivo que funciona con una energía alternativa amigable con el medio ambiente, y su aplicación podría ser en sectores residenciales y sectores comerciales [3].

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia es un país rico en biodiversidad y recursos hídricos, por tal motivo la vigilancia y estudio de la disposición de aceites vegetales usados se considera de suma importancia. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo ha determinado que la forma incorrecta de desechar los aceites usados genera impactos ambientales negativos, generando cambios desfavorables para los ecosistemas, destrucción de los suelos, obstrucción de las redes hidráulicas rurales y en algunos casos pérdida de la fertilidad de los suelos. También la mala disposición genera afecciones o enfermedades a los humanos en relación con la contaminación de los recursos hídricos. Lo anterior se ha generado porque no se cumplen las normativas establecidas por la Carta Ambiental emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo; dicha entidad afirma que solo ciudades como Bogotá y Barranquilla aplican protocolos para la correcta disposición de aceites vegetales usados [1].

Al desechar los aceites vegetales y no vegetales en los lavaderos y los baños, se aumenta la contaminación de los ríos y lagos a donde va a parar dichos desechos.

Otra de las problemáticas que se generan al no realizar una

correcta disposición de los aceites usados, es el aumento de los costos de tratamiento de aguas residuales, ya que cuentan con altas cantidades de residuos orgánicos, lo que genera que se formen atascos en los sistemas de las plantas de tratamiento, ya que al combinarse con residuos de jabón se forman bolas de grasa que obstaculizan los equipos de tratamiento. Un litro de aceite usado tiene la capacidad de contaminar hasta 40 mil litros de agua, por tal motivo el correcto funcionamiento de las plantas de tratamiento depende de la correcta disposición de los aceites usados [4].

## III. JUSTIFICACIÓN

La implementación de metodologías para el aprovechamiento de aceites vegetales usados, contribuye con la disminución de la contaminación de la biodiversidad colombiana; por tal motivo el ministerio de ambiente y desarrollo, mediante la carta ambiental muestra los beneficios de dichas prácticas, las cuales se reflejan económicamente en los sectores productivos, en el sector de tratamiento de aguas residuales. También se sustenta que dichas prácticas aumentan productividad y eficiencia de los procesos en los que se ve involucrado los residuos de aceites vegetales [1].

Estudios realizados en la Universidad Autónoma de Occidente de Cali, reflejaron que la mala gestión de los residuos provenientes de los aceites vegetales, aumentan el costo del tratamiento de las aguas contaminadas hasta 5 veces su valor. Lo anterior con base a que el aceite vegetal es un producto de consumo continuo, por tal motivo la generación de residuos también es continua. Los estudios llegaron a la conclusión de que en vista de que el agua no es un recurso inagotable, se deberían crear y aplicar metodologías para concientizar a los consumidores del impacto ambiental y económico que se genera al no tratar dichos residuos. El uso de aceites vegetales usados para la fabricación de biodiesel y jabón disminuye el impacto negativo que se genera al no tratar de forma correcta el aceite vegetal usado [5].

## IV. OBJETIVOS

### A. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una cocina funcional con aceite vegetal usado para su implementación en sectores comerciales hoteleros y restaurantes.

### B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar los parámetros del equipo quemador de aceite vegetal usado a partir de revisión de datos técnicos.

2. Dimensionar los componentes del modelo apoyado en herramienta CAD.
3. Realizar un análisis estático y térmico, mediante la herramienta de simulación CAD para determinar las condiciones de operación del sistema.

## V. ALCANCE

El alcance de este desarrollo es el diseño básico de una cocina o quemador que funcione con aceite vegetal usado. Para lograr dicho objetivo se determinará las metodologías implementadas en otras investigaciones similares. Con la información filtrada y organizada se establecerá un modelo que sea funcional en los sectores comerciales como hoteles y restaurantes. Por último, se verificará los parámetros de funcionamiento del modelo mediante análisis de elementos con la herramienta SolidWorks Simulation.

Para este proyecto solo se realizará el diseño básico; con esto se da paso a una posterior investigación donde se fabrique el prototipo y se establezca de forma experimental su funcionamiento.

## VI. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este proyecto se plantea su realización en 3 fases, que se describen a continuación.

### FASE1: Determinación De Parámetros Del Sistema.

-Investigar en bases documentales y repositorios institucionales desarrollos relacionados con quemadores de aceite vegetal usado.

-Catalogar la información recolectada, aplicando un cuadro comparativo donde se evidencie de forma clara cuál es la metodología más eficiente para el diseño de quemadores.

-Seleccionar la metodología de diseño que se implementara, con base a la eficiencia presentada por cada metodología investigada.

### FASE2: Dimensiones Del Modelo.

-Modelar prototipo con base a las metodologías investigadas, mediante en el software CAD SolidWorks.

### FASE3: Análisis De La Operación Del Sistema Mediante Simulación.

-Analizar estáticamente la estructura del modelo diseñado, mediante la herramienta SolidWorks Simulation.

-Analizar térmicamente la estructura de modelo diseñado, mediante la herramienta SolidWorks Simulation.

-Analizar los resultados de las simulaciones del modelo diseñado.

-compilar los resultados en una ficha técnica, para su posterior presentación y evaluación.

## VII. ESTADO DEL ARTE

### A. METODOLOGÍA PARA DISEÑAR EL MODELO

En la tabla 1 se hace una comparación de metodologías realizadas para realizar dichos proyectos, de esta información se obtiene una metodología para la creación de nuestro sistema (Se muestra un extracto de la tabla, en el anexo A están todas las columnas descritas).

Al realizar la investigación y analizar las distintas metodologías aplicadas en cada proyecto, se opta por realizar una metodología de diseño seleccionando las fases de cada proyecto que se ajusten a esta implementación. Lo anterior por motivo de que cada proyecto investigado cumple con sus propios objetivos establecidos, esto significa que ninguna de las metodologías planteadas cumple a cabalidad el objetivo principal de este proyecto. A continuación, se evidencia la metodología de diseño ajustada para cumplir con el objetivo planteado.

Fase1: Diseño cámara de combustión.

Fase2: Diseño tanque almacenamiento.

Fase3: Diseño hornilla, garganta, chimenea y carcasa exterior.

Fase4: Análisis Computacional.

### B. DELIMITACIONES DE PARÁMETROS

Las delimitaciones de los parámetros se basan en el cumplimiento del objetivo principal, el cual es diseñar una cocina que funcione con aceite vegetal usado para su uso industrial.

En la tabla 2, se evidencian los parámetros considerados teniendo en cuenta el objetivo de este proyecto.

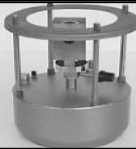

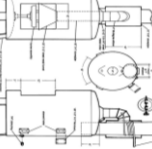
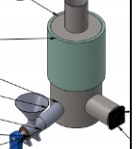
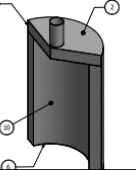

N°	Nombre	Aplicación	Metodología	Ilustración
1	Estufa de aceite vegetal para países en desarrollo.	Cocinar	<b>Siete fases (Ver Anexo 1)</b>	 (Stumpf, 2002).
2	Desarrollo de una estufa doméstica para países tropicales y subtropicales.	Cocinar	<b>Seis fases (Ver Anexo 1)</b>	 (Kratzeisen, Stumpf, & Müllera, 2007).
3	Diseño calefactor de aceite usado madre tierra.	Cocinar Calefacción	<b>Cinco fases. (Ver Anexo 1)</b>	 (Journey to Forever, 2005).
4	Diseño de un sistema para la gestión de aceites vegetales usados.	Cocinar Calefacción	<b>Cuatro fases. (Ver Anexo 1)</b>	N/A
5	Diseño y construcción de prototipo de quemador de lecho estacionario.	Producir biodiesel	<b>Seis fases (Ver Anexo 1)</b>	 (Jaramillo strepo & Enrique Rosero, 2012).
6	Diseño y construcción de estufa Rocket e intercambiador de calor.	cocinar Calefacción	<b>Ocho fases (Ver Anexo 1)</b>	 (Flego, 2019).
7	Caldera BIOFELL que funciona con distintos aceites vegetales usados.	Cocinar Calefacción	<b>Siete fase (Ver Anexo 1)</b>	 (TIFELL ELECTROSOLAR S.A., 2020).

Tabla 1 Cuadro comparativo metodologías.

N°	Parámetros	Observación
1	Área de entrada de aire	Estimado por el diseñador
2	Capacidad en litros del depósito	1L – 10L
3	peso	10kg – 30 kg
4	Configuración del sistema	Dependiente - independiente (tanque combustible con/sin cámara de combustión)
5	Quemador	Debe contar con ventilación natural forzada.
6	Combustible	Acete vegetal usado
7	Material	Acero AISI 1020 – acero ColdRolled
8	Protección	Estructura exterior

Tabla 2. Delimitación de los parámetros de funcionamiento.

## VIII. ILUSTRACIONES PRELIMINARES

### A. MODELO 1

Este modelo está enfocado en un sistema de garganta larga con el cual la entrada de aire sea lo mayor posible; también cuenta con un sistema de suministro independiente de la cámara de combustión el cual es elevado y permite el paso del aceite a la cámara de combustión por gravedad. A continuación, se ilustra en la figura 1 el primer modelo realizado.

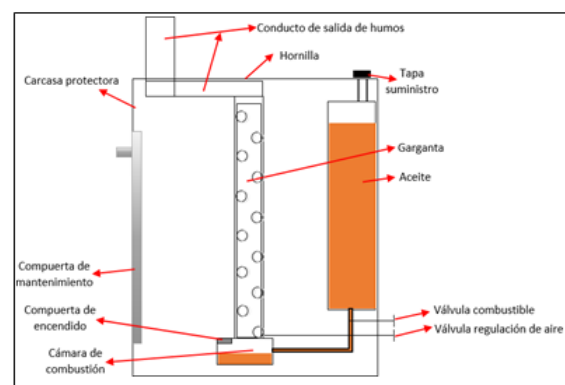


Figura 1. Modelo 1

### B. MODELO 2

Este modelo está enfocado en un sistema de garganta larga con el cual la entrada de aire sea lo mayor posible; cuenta con un sistema de suministro dependiente de la cámara de combustión. A continuación, se ilustra en la figura 2.

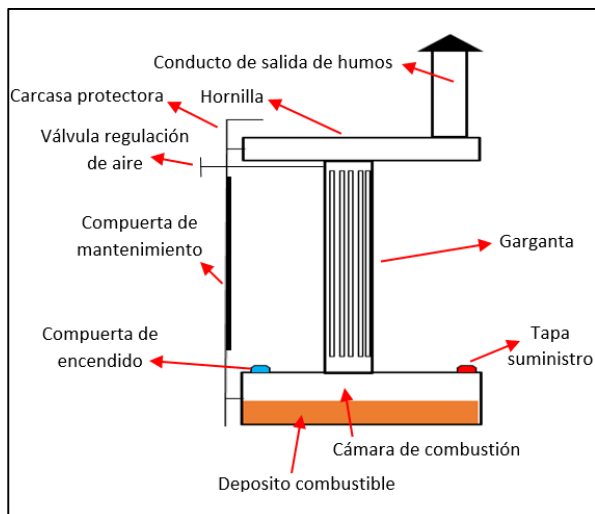


Figura 2. Modelo 2.

### C. MODELO 3

Este modelo está enfocado en un sistema de garganta corta con el cual la entrada de aire sea menor a las propuestas anteriormente; también cuenta con un sistema de suministro independiente de la cámara de combustión, el cual es elevado y permite el paso del aceite a la cámara de combustión por gravedad. A continuación, se ilustra en la figura 3.

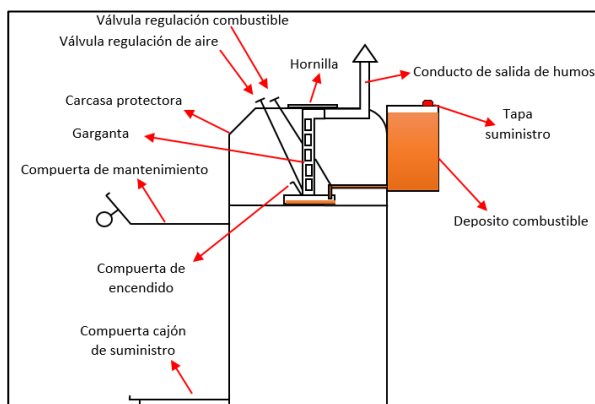


Figura 3. Modelo 3.

### D. MODELO 4

Este modelo está enfocado en ser un sistema pequeño que cuenta con una compuerta y garganta pequeña para la entrada de aire; también cuenta con un sistema de suministro dependiente de la cámara de combustión. A continuación, se ilustra en la figura 4.

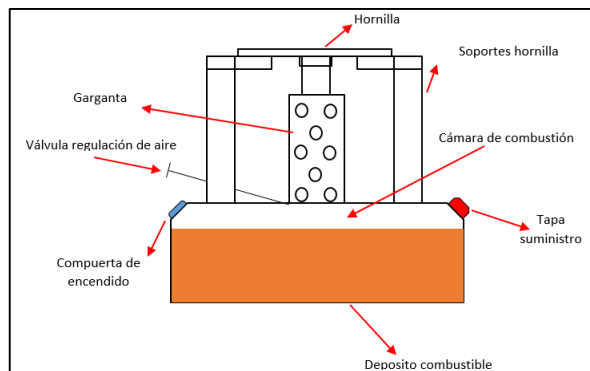


Figura 4. Modelo 4

## IX. MODELADO CAD

En este subcapítulo se ilustrarán los modelos CAD realizados mediante la herramienta de modelado SolidWorks. Los parámetros principales tenidos en cuenta para las geometrías son el volumen del tanque de combustible, los orificios para el suministro de aire, la hornilla y la carcasa exterior del sistema.

### A. CAD MODELO 1

En la tabla 3 se muestran los parámetros del primer modelo y en la figura 5, la representación CAD del Modelo 1.

No	Elemento	Dimensiones(mm)	Característica	Material
1	Tanque	240x100x4 50	Volumen = 10.8 litros Espesor = 3 mm	Acero AISI 1020
2	Hornilla	200x200x3 0	Espesor = 4 mm	Acero AISI 1020
3	Garganta	Ø64mm, ↓ 700mm	Espesor = 3mm	Acero AISI 1020
4	chimenea	Ø64mm, ↓ 350mm	Espesor = 3mm	Acero AISI 1020

Tabla 3. Tabla de parámetros modelo CAD 1

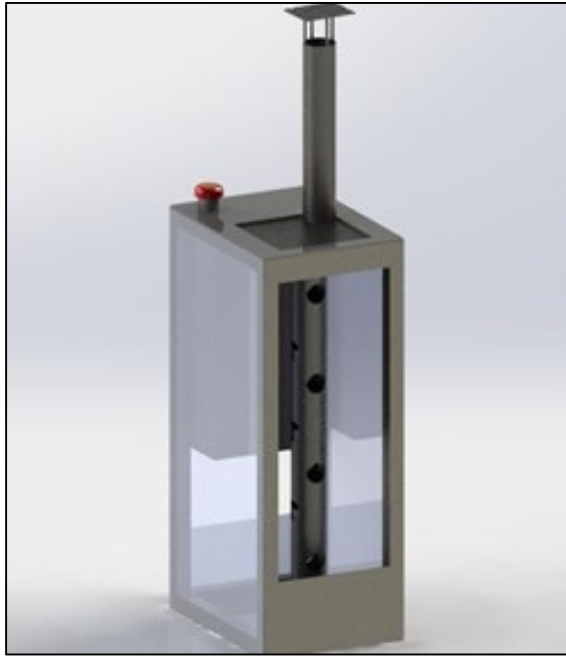


Figura 5. CAD modelo 1

En la figura 6 se muestran las piezas del modelo 1: a) tanque de combustible, b) hornilla, c) garganta, d) chimenea.

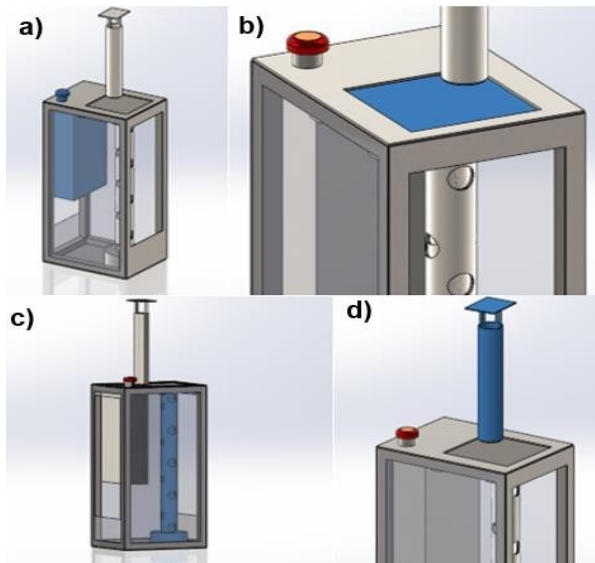


Figura 6. Piezas del modelo 1

## B. CAD MODELO 2

En la tabla 4 se muestran los parámetros del primer modelo y en la figura 7, la representación CAD del Modelo 2.

En la figura 8 se muestran las piezas del modelo 2: a) tanque de combustible, b) hornilla, c) garganta, d) chimenea.

No	Elemento	Dimensiones (mm)	Característica	Material
1	Tanque	$\varnothing 300mm$ , $\downarrow 100mm$	Volumen = 7 litros Espesor = 6 mm	Acero AISI 1020
2	Hornilla	$\varnothing 400mm$ , $\downarrow 70mm$	Espesor = 6 mm	Acero AISI 1020
3	Garganta	$\varnothing 88mm$ , $\downarrow 760mm$	Espesor = 6mm	Acero AISI 1020
4	Chimenea	$\varnothing 88mm$ , $\downarrow 760mm$	Espesor = 6 mm	Acero AISI 1020

Tabla 4. Tabla de parámetros modelo CAD 2

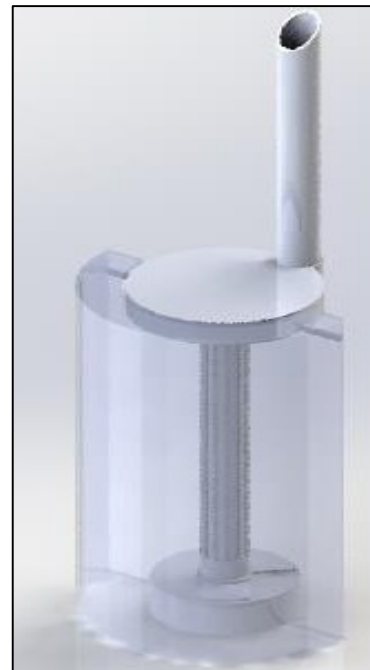


Figura 7. CAD modelo 2

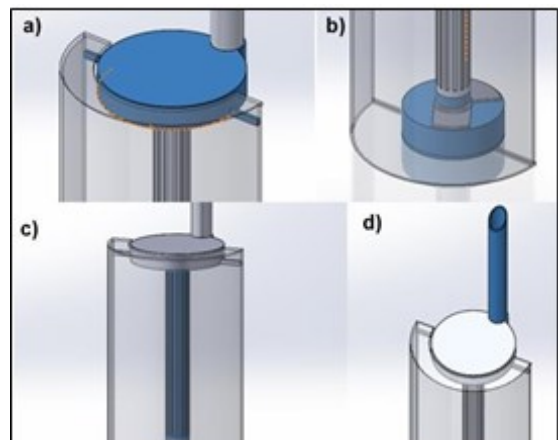


Figura 8. Piezas modelo 2

### C. CAD Modelo 3

En la tabla 5 se muestran los parámetros del primer modelo y en la figura 9, la representación CAD del Modelo 3.

No	Elemento	Dimensiones(mm)	Característica	Material
1	Tanque	240x100x4 50	Volumen = 10.8 litros Espesor = 4 mm	Acero AISI 1020
2	Hornilla	203,8x203,8x38.1	Espesor = 3 mm	Acero AISI 1020
3	Garganta	Ø55mm, ↓ 308,8mm	Espesor = 5mm	Acero AISI 1020
4	chimenea	Ø55mm, ↓ 208,8mm	Espesor = 5mm	Acero AISI 1020

Tabla 5 Tabla de parámetros modelo CAD 3.



Figura 9. CAD modelo 3.

En la figura 10 se muestran las piezas del modelo 3: a) hornilla, b) tanque de combustible, c) garganta, d) chimenea.

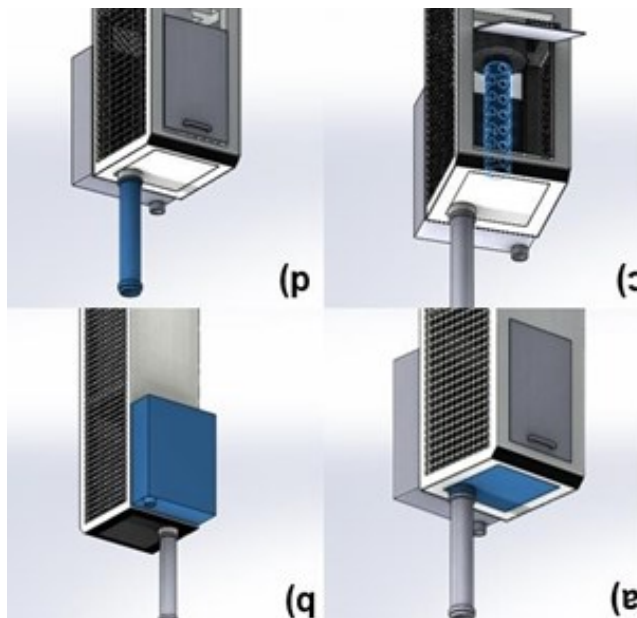


Figura 10. piezas modelo 3

### D. CAD MODELO 4

En la tabla 6 se muestran los parámetros del primer modelo y en la figura 11, la representación CAD del Modelo 4.

No	Elemento	Dimensiones(mm)	Característica	Material
1	Tanque	Ø160mm, ↓ 80mm	Volumen = 1,6 litros Espesor = 3 mm	Acero SAE 1020
2	Hornilla	Ø210,17mm, ↓ 206mm	Espesor = 6 mm	Acero SAE 1020
3	Garganta	Ø50mm, ↓ 100mm	Espesor = 5mm	Acero SAE 1020
4	chimenea	Ø55mm, ↓ 208,8mm	Espesor = 5mm	Acero SAE 1020

Tabla 6. Tabla de parámetros modelo CAD 4

En la figura 10 se muestran las piezas del modelo 4: a) hornilla, b) tanque de combustible, c) garganta, d) carcasa exterior



Figura 11. CAD modelo 4

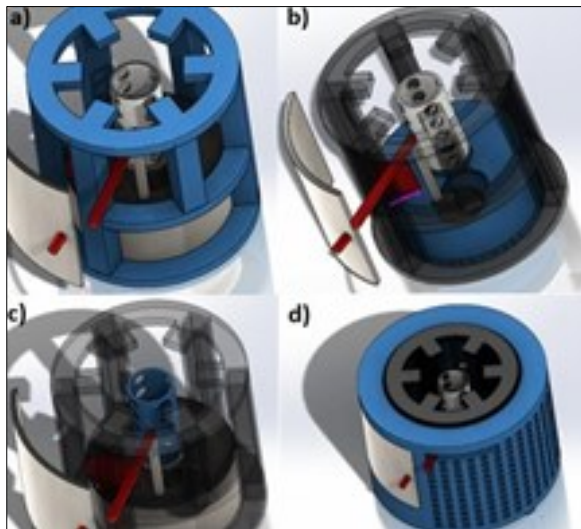


Figura 12. Piezas modelo 4

## X. PROCEDIMIENTO

### A. SELECCIÓN DEL PROTOTIPO

Para la selección del diseño se usará una metodología de evaluación por puntaje de 1 a 10, la cual será justificada subjetivamente por los diseñadores, teniendo en cuenta el objetivo principal de este proyecto. Algunos de los parámetros que se tendrán en cuenta son el peso, el área de entrada de aire, las dimensiones exteriores, la capacidad del tanque de almacenamiento y la configuración de funcionamiento.

Cabe aclarar que el volumen de tanque, peso del sistema y dimensiones son calculados por el software SolidWorks.

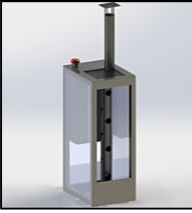



No	Parámetro	Especificación	Valoración (1-10)	Observación	Valoración ponderada
C A D 1	Dimensiones	300x400x1230 [mm]	6		7,67
	Vol. Tanque	10.8 Litros	10		
	Peso	81,35 Kg	3		
	Caudal de aire	0.011309 m <sup>3</sup> /s	9		
	Configuración	Tanque independiente	9		
	Materiales	Acero AISI 1020	9		
C A D 2	Dimensiones	600x542x1768 [mm]	4		5,33
	Vol. Tanque	7 Litros	6		
	Peso	115 Kg	1		
	Caudal de aire	0.01008 m <sup>3</sup> /s	6		
	Configuración	Tanque dependiente	9		
	Materiales	Acero AISI 304	6		
C A D 3	Dimensiones	280x380x1219 [mm]	8		7,33
	Vol. Tanque	10,8 Litros	7		
	Peso	37,98 Kg	7		
	Caudal de aire	0.0013744 m <sup>3</sup> /s	3		
	Configuración	Tanque independiente	9		
	Materiales	Acero ColdRolled	10		
C A D 4	Dimensiones	∅300mm, ↑ 200mm	9		8,0
	Vol. Tanque	1,6 Litros	6		
	Peso	18,34 Kg	9		
	Caudal de aire	0.001767 m <sup>3</sup> /s	6		
	Configuración	Tanque dependiente	9		
	Materiales	Acero AISI 1020	9		

Tabla 7. Cuadro de evaluación de parámetros

Como se evidencia en la tabla el sistema con el mayor puntaje es el modelo CAD 4, el cual cuenta con dimensiones reducidas, un bajo peso, un material común en los mercados y un caudal de entrada de aire proporcional a su tamaño. Este sistema tiene un puntaje bajo en capacidad de almacenamiento, sin embargo, se estima en su uso se recargue el sistema cada vez que sea necesario.



## B. SIMULACIÓN ESTÁTICA

A continuación, se muestra en las figuras 13 y 14 una escala de magnitud física proporcional a la energía de distorsión arrojada por el software SolidWorks que se presenta en el modelo.

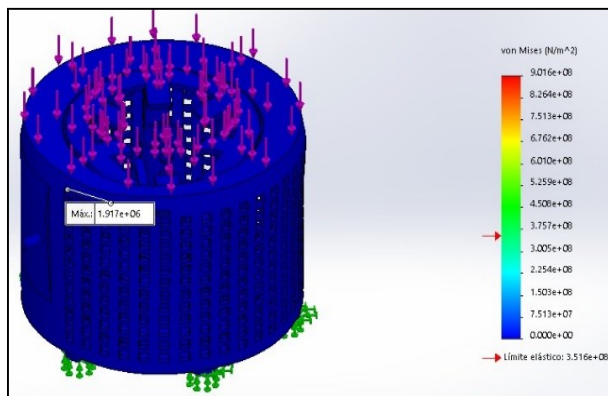


Figura 13. Escala de Von Mises.

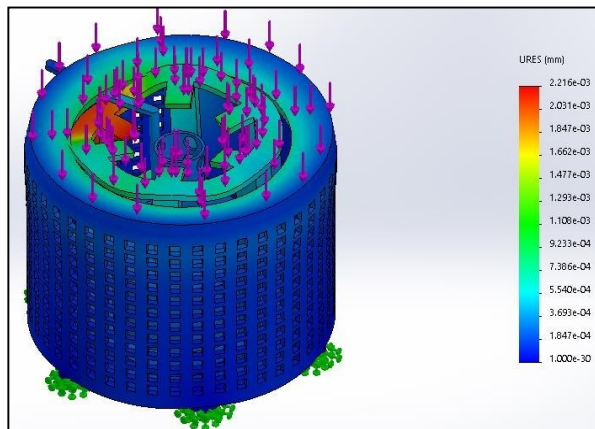


Figura 14. Escala de deformación URES (mm).

## C. SIMULACIÓN TÉRMICA

Los datos iniciales se estipulan como criterios, mostrados en la tabla 8, con base en las características del material del ensamble.

Propiedad	Definición
Temperatura	30°C – 350°C
Coefficiente de convección del aire(h)	5 W/m² * K
Conductividad térmica(k)	47 W/m * K
Material	Acero AISI 1020

Tabla 8. Propiedades del material extraídas de SolidWorks.

## D. DEFINICIÓN DE LAS CARGAS TÉRMICAS

Con este análisis térmico se espera visualizar como es la distribución de la temperatura del equipo, basados en las temperaturas de funcionamiento de equipos realizados en otras investigaciones. Se define una temperatura de 350°C (623°K) en la garganta y el coeficiente de convección en el aire será de 5 W/m² \* K a una temperatura ambiente de 30°C (303,15°K). En la figura 15 se muestra cómo se definió la temperatura de la garganta en el programa.

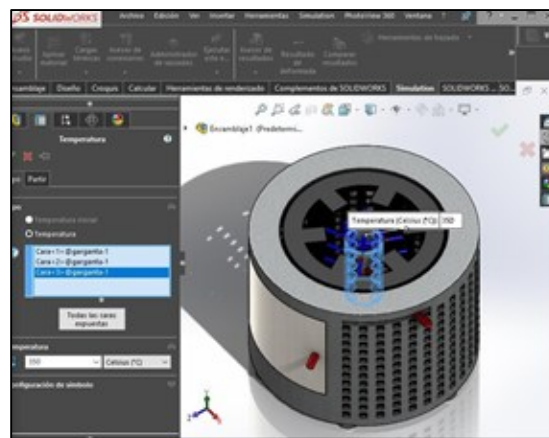


Figura 15. Definición de la temperatura en la garganta.

El coeficiente de convección natural del aire tiene un rango, para esta simulación se usará el valor mínimo, ya que el sistema se encuentra en un recinto cerrado donde la velocidad del aire es baja. Cabe aclarar que esta convección se considera natural ya que no se cuenta con un sistema de ventilación para el equipo. También se estima una temperatura ambiente de 30°C. Estos coeficientes de transferencia de calor del aire según condiciones se muestran en la Figura 16.

Condición del aire	Coefficiente (W/m² °C)
Convección natural	Desde 5 hasta 10 W/m² °C
Aire con velocidad de 2 m/s	Aproximadamente -10 W/m² °C
Aire con velocidad de 35 m/s	Aproximadamente -75 W/m² °C

Figura 16. Coeficientes de transferencia de calor del aire según condiciones

## XI. RESULTADOS

En esta sección se muestra el análisis de los resultados de las simulaciones del sistema. Este análisis estático y térmico está dividido en 4 fases de estudio, las cuales son:

### A. ANÁLISIS ESCALA DE VON MISES

Inicialmente se visualiza una escala de colores las cuales representan los esfuerzos a los que se encuentra sometido el equipo. En la figura 5-1 se puede ver una flecha roja que indica el límite elástico del acero 1020, el cual es  $3,51e+08$  pascales. Para comprender el resultado es necesario relacionar los colores que se presentan en la escala y los colores que se visualizan en el modelo.

Como se puede ver en el color azul del modelo se muestra que no se ha superado el límite elástico del material; en el queso que el esfuerzo supere el límite elástico se presentaría en el modelo tonos verdes, amarillos y rojos. De lo anterior se concluye que el modelo es capaz de soportar la carga seleccionada para la simulación ya que la magnitud de la carga aplica no supera el límite elástico del material.

### B. ANÁLISIS ESCALA DESPLAZAMIENTO

Los desplazamientos están representados por un gráfico y una escala de colores. El color correspondiente a la deformación máxima en el modelo es el rojo, esto simboliza donde comenzará la deformación y el color azul donde no se presentarán deformaciones, sin embargo, el elemento muestra gráficamente un desplazamiento visual aumentado para que el modelador visualice donde se presentará el primer desplazamiento.

Por tal motivo es importante aclarar que la ilustración no representa el desplazamiento real; con base al grafico donde se presenta el color rojo se genera un desplazamiento máximo de  $0,002246$  mm, lo cual es un valor bajo y casi imperceptible a la vista. Esto se presenta en la figura 17.

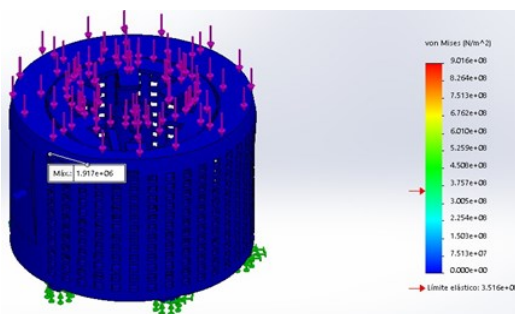


Figura 17. Escala de Von Mises.

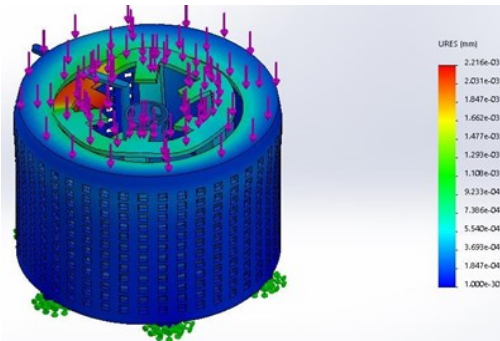


Figura 18. Escala desplazamiento URES (mm).

### C. FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad es un valor adimensional que relaciona el valor máximo de Von Mises y el límite elástico del material; este valor relaciona la probabilidad de que ocurra una falla estructural en el modelo.

Gracias a la simulación CAE realizado en el software SolidWorks es posible determinar el valor más alto del esfuerzo de Von Mises, con lo cual se reduce el tiempo para calcular el factor de seguridad [6]. Este factor está representado por la ecuación 1. Los datos para calcular el factor de seguridad de todo el ensamble se obtienen de la figura 13 y se utilizan las ecuaciones 1 y 2.

$$\begin{aligned} \sigma_{von\ mises} &= \text{esfuerzo máximo de Von Mises} \\ &= 9,016 * 10^8 \text{ Pascales} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{límite\ elástico} &= \text{límite elástico del material} \\ &= 3,516 * 10^8 \text{ Pascales} \end{aligned} \quad (2)$$

$$FS = \frac{\sigma_{von\ mises}}{\sigma_{límite\ elástico}} \quad (3)$$

$$FS = \frac{9,016 * 10^8 \text{ Pascales}}{3,516 * 10^8 \text{ Pascales}} \cong 2,56$$

De lo anterior calculado, se concluye que el sistema diseñado es capaz de soportar 2,56 veces la carga de 500 N.

Teóricamente el factor de seguridad debe de ser igual o mayor a 1, de esta forma se garantiza que el sistema diseñado soporte mínimo la carga seleccionada. Por último, se aclara que un factor de seguridad mayor a 1 es conveniente para los resultados de este desarrollo, ya que al ser un equipo que funcionará en cocinas y estará en cercanías a personal, debe de ser lo suficientemente resistente para que no se presenten accidentes cuando se encuentre en operación.

## D. ANÁLISIS DE TEMPERATURA

A continuación, en la figura 19 se puede visualizar la escala de temperatura que muestra un máximo de temperatura de 350°C para la garganta de la estufa, y una temperatura aproximada de 45°C para la carcasa exterior. De lo anterior se concluye que gracias al flujo de calor por convección natural la capa externa del equipo tiene una temperatura segura para su funcionamiento. Sin embargo, al ser un análisis computacional es posible que al fabricar el equipo y colocarlo en funcionamiento las temperaturas varíen.

El acero AISI 1020 estructural tiene una temperatura de fundición de 1200°C y según la NFPA 251, el acero pierde su capacidad estructural si está sometido al 80% del límite elástico y temperaturas superiores a 538°C [7].

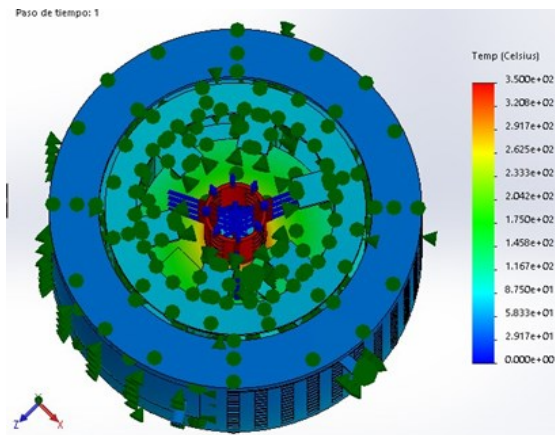


Figura 19. Resultados del análisis térmico en SolidWorks.

En la Anexo B, se muestra el diseño final como una ficha técnica del producto, con el nombre Estufa ECOUAN.

## XII. CONCLUSIONES

Se logró concluir con el diseño de una estufa que funciona con aceites vegetales usados, aplicando una metodología investigativa, con la cual es posible determinar condiciones de funcionamiento y parámetros específicos del sistema, dando así solución a la problemática planteada y cumpliendo con el objetivo de este proyecto.

Al caracterizar siete (7) metodologías de diseño implementadas en otras investigaciones se pudo generar una metodología de diseño adaptada para el cumplimiento de los objetivos propuestos en este desarrollo.

El estudio estático permitió determinar que el equipo es seguro estructuralmente, ya que el factor de seguridad calculado representa que el equipo es capaz de soportar 2.5 veces una carga de 500 N, sin embargo, la limitación del peso es un factor importante para garantizar que una vez que se fabrique el equipo no sea usado con una carga mayor a 500 N, ya que son condiciones que están fuera de

las establecidas en la ficha técnica.

El estudio térmico permitió analizar el flujo de calor del equipo, determinando la temperatura de carcasa la cual no sobrepasa 45°C, por lo cual se concluye que no represente un riesgo para el operador del sistema y que la temperatura de carcasa no genera riesgos en su uso en restaurantes y hoteles.

Al concluir con los análisis de funcionamiento se logra obtener un sistema seguro estructuralmente ya que es capaz de soportar 500 N o su equivalente de 51 litros, y térmicamente no sobrepasa una temperatura de 45°C, por lo cual se concluye que el equipo deberá ser seguro ante las tensiones y a cargas térmicas establecidas en los análisis. Sin embargo, puede fallar por fatiga o causar accidentes en su uso si no se tiene en cuenta las condiciones de funcionamiento establecidas de la ficha técnica.

Al finalizar la aplicación de la metodología de diseño se logró concluir con una estufa que funciona con aceite vegetal usado, con la cual se contribuye con el desarrollo sostenible de sistemas para la correcta disposición de aceites vegetales usados, por tal motivo este diseño puede ser implementado tanto en hoteles, restaurantes o de uso residencial, ya que su tamaño es reducido y al ser completamente de un material comercial de bajo costo, dicho equipo también será de costo reducido.

## XIII. RECOMENDACIONES

El equipo fue diseñado para soportar un poco más de dos veces la carga máxima reflejada en la ficha técnica, sin embargo, al estar sometido a cargas térmicas y cargas estáticas, se recomienda no sobrepasar las condiciones de funcionamiento.

Al realizar la fabricación del equipo, si no se encuentra el acero 1020 disponible, existen varias alternativas que el fabricante puede optar, sin embargo, se recomienda realizar nuevamente en análisis estático con el material a usar para corregir la ficha técnica y que el usuario final tenga la información correcta de funcionamiento del equipo.

El análisis térmico muestra que el equipo no representa un peligro para el operador, sin embargo, se recomienda realizar pruebas de funcionamiento del equipo construido para garantizar que la temperatura exterior de carcasa no represente un peligro para el operador.

Las pruebas térmicas pueden realizarse usando un termómetro laser; en caso de que la temperatura no sea segura para el operario, se recomienda colocar un letrero de advertencia, con el fin de señalar que el equipo se encuentra en funcionamiento y existe riesgo de

quemaduras.

80.pdf

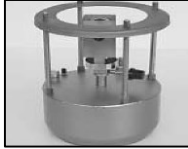

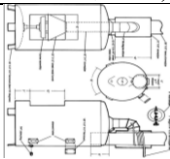
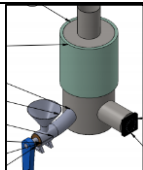
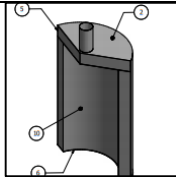

#### XIV. BIBLIOGRAFÍA

- [1] MinAmbiente. (01 de 03 de 2018). Resolución 0316. Republica de Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá D.C: Diario Oficial. Obtenido de <https://www.car.gov.co/uploads/files/5bc61aa88da6b.pdf>
- [2] SemanaSostenible. (24 de 08 de 2017). ¿Cómo y por qué deshacerse del aceite de cocina usado? Semana Sostenible, 1. Obtenido de <https://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/aceite-de-cocina-usado-como-botarlo-y-reciclarlo-en-colombia/38474>
- [3] Kratzeisen, M., Stumpf, E., & Müllera, J. (2007). Desarrollo de una estufa a presión de aceite vegetal. University of Kassel-Witzenhausen and University of Göttingen. Stuttgart, Germany: Día tropical. Obtenido de <http://opac.tistr.or.th/Multimedia/Web/0032/wb0032085.pdf>
- [4] Gonzalez Ubierna, J. A., & Gonzalez Canal, I. (2015). Aceites Usados de Cocina. Problemática Ambiental, Incidencias en Redes de Saniamiento y Coste del Tratamiento en Depuradoras. Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia. España: Aguasresiduales. Obtenido de <http://residusmunicipals.cat/uploads/activitats/docs/20170427092548.pdf>
- [5] Solarte Burbano, N., & Vargas Dorado, M. C. (2013). Diseño de las estrategias de recolección del aceite de cocina usado para su reutilización en la producción de biodiesel en cuatro (4) barrios de la ciudad de cali. universidad autónoma de occidente , departamento de ciencias administrativas , Santiago Cali. Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/5196/1/TIA015>
- [6] SALAZAR TRUJILLO, J. E. (2007). Resistencia de materiales basica para estudiantes de ingenieria (Primera edición ed.). Manizales, Colombia: Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el 3 de 11 de 2020, de [http://www.bdigital.unal.edu.co/5855/1/jorgeeduardosalazartrujillo20072\\_Parte1.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/5855/1/jorgeeduardosalazartrujillo20072_Parte1.pdf)
- [7] Asociación Nacional de Protección contra Incendios. (2010). Métodos estándar de pruebas de resistencia al fuego de materiales y construcción de edificios. NFPA. Quincy: One Batterymarch Park. Obtenido de <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=251>
- [8] Betancourt, O. (2019). Viabilidad de una empresa de recolección, transformación y. universidad católica de Colombia, facultad de ciencias económicas y administrativas distribución de aceite de cocina en la ciudad de Bogotá: Creative Commons. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24249/1/Trabajo%20de%20Sintesis.pdf>
- [9] ECOCLIMAGROUP. (2020). Caldera de gasoil Tifell Biofell 50 BV - Solo Calefacción. ECOCLIMAGROUP, Pag. 1. Obtenido de <https://www.ecoclimagroup.com/calderas/calderas-de-gasoleo/calderas-de-gasoleo-condensacion/3146-caldera-de-gasoleo-tifell-biofell-50-bv-solo-calefaccion.html>
- [10] Flego, D. M. (2019). Diseño y construcción de estufa Rocket e intercambiador de calor modular para climatización ampliada. Universidad Nacional de Mar del Plata, DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA – FI – UNMDP. Mar de Plata: Facultad de Ingeniería. Obtenido de <http://200.0.183.55/bitstream/handle/123456789/425/DFlego-TFG-IME-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [11] Jaramillo Restrepo, D., & Enrique Rosero, S. A.


- (2012). Diseño y construcción de un prototipo de quemador de lecho estacionario que use como combustible cáscara de jatropha curca. universidad EAFIT, departamento de ingeniería mecánica. Medellín: escuela de ingeniería. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/47242305.pdf>
- [12] Journey to Forever. (2005). [journeytoforever.org](http://journeytoforever.org). (Mother's Alcohol Fuel Seminar) Obtenido de <http://journeytoforever.org/es/calefactores-aceite-usado/calefactor-madre-tierra.cgi>
- [13] Lemke Arins, J. L. (2018). Mejoras en la distribución de frío. Mundo HVAC&R. Nueva Zelanda: GRUPO EDITORIAL PUNTUAL MEDIA. Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/2015/03/mejoras-en-la-distribucion-de-frio/>
- [14] Márquez Farfán, L. (2013). Diseño de un sistema para la gestión de aceites vegetales usados en cañete para producir biodiesel. Universidad de Piura, Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Lima: FACULTAD DE INGENIERÍA. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2015/ING-L\\_003.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2015/ING-L_003.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [15] Stumpf, E. (2002). Plant-oil cooking stove for developing countries. Boiling point, Vol. 48, 37-38. Obtenido de <http://cdn1.practicalaction.org/b/p/4d927f47-a284-4c44-a788-13a02e33baf9.pdf>
- [16] TIFELL ELECTROSOLAR S.A. (01 de 10 de 2020). Sistemas de calefacción y energía solar. Obtenido de [www.TIFELL.com](http://www.TIFELL.com): <http://tifell.com/es/prod-gasol/biofell.php>
- [17] worldvectorlogo. (29 de 10 de 2020). worldvectorlogo. Obtenido de SolidWorks vector logotipo en SVG: <https://worldvectorlogo.com/es/logo/solidworks>

## XVII. ANEXOS

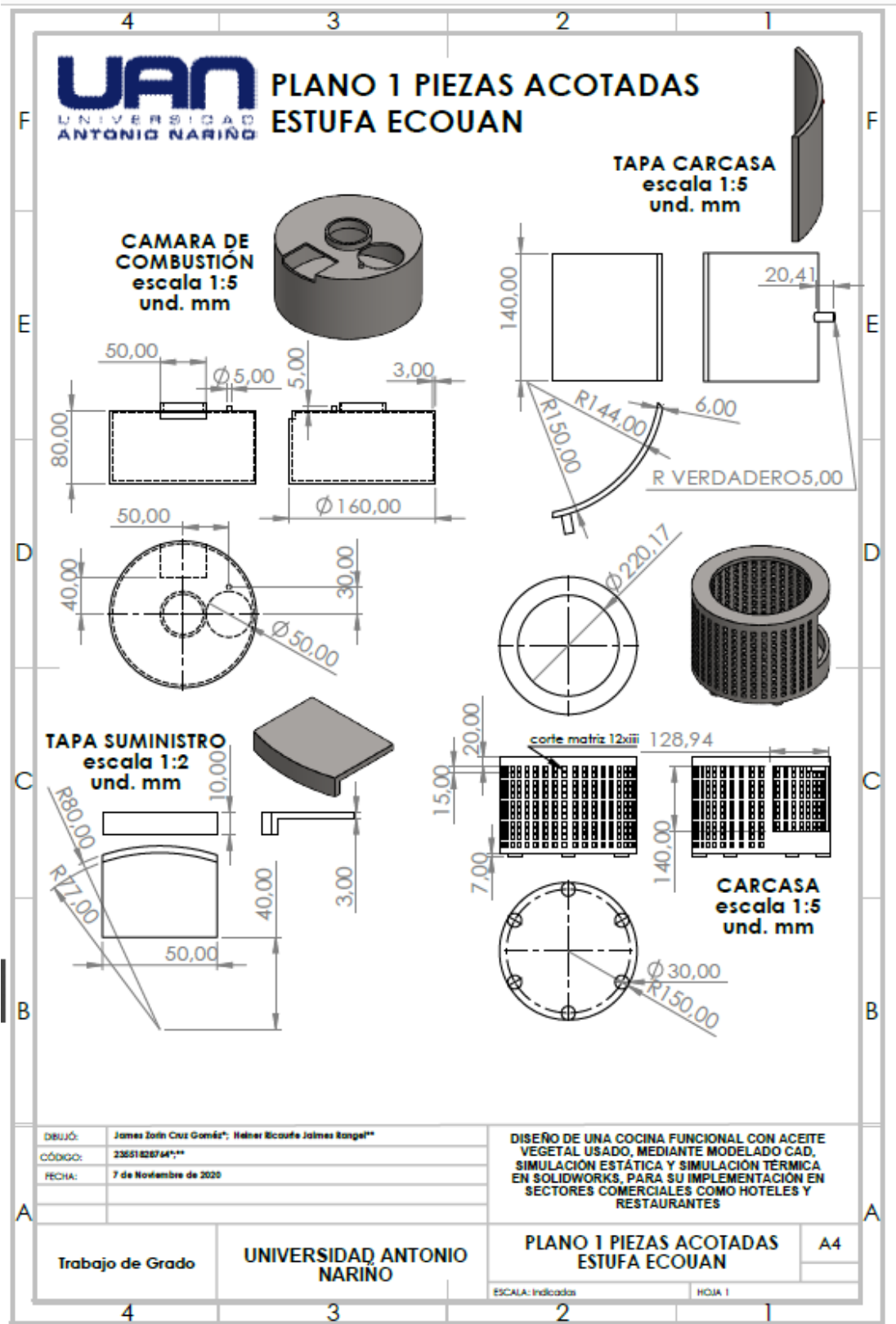
ANEXO A. Tabla comparativa de metodologías.

Cuadro comparativo				
Nº	Nombre	Aplicación	Metodología	Ilustración
1	Estufa de aceite vegetal para países en desarrollo.	Cocinar	<b>Fase1:</b> Análisis de combustibles. <b>Fase2:</b> Parametrización. <b>Fase3:</b> Pre calentamiento. <b>Fase4:</b> Modelado. <b>Fase5:</b> Fabricación. <b>Fase6:</b> pruebas. <b>Fase7:</b> Ajustes de diseño y conclusiones.	 (Stumpf, 2002).
2	Desarrollo de una estufa domestica para países tropicales y subtropicales.	Cocinar	<b>Fase1:</b> Dimensionamiento y requerimientos. <b>Fase2:</b> Diseño vaporizador. <b>Fase3:</b> Diseño quemador. <b>Fase4:</b> Diseño Tanque. <b>Fase5:</b> Diseño sistema de puesta en marcha. <b>Fase6:</b> Pruebas de funcionamiento.	 (Kratzeisen, Stumpf, & Müllera, 2007).
3	Diseño calefactor de aceite usado madre tierra.	Cocinar Calefacción	<b>Fase1:</b> Determinación de las dimensiones exteriores. <b>Fase2:</b> Cámara de combustión. <b>Fase3:</b> Goteo y Deposito o suministro. <b>Fase4:</b> Accesibilidad para mantenimiento. <b>Fase5:</b> válvulas para Flujo de aire y aceite.	 (Journey to Forever, 2005).
4	Diseño de un sistema para la gestión de aceites vegetales usados.	Cocinar Calefacción	<b>Fase1:</b> Análisis fisicoquímico de los tipos de aceites. <b>Fase2:</b> Análisis químico de la combustión. <b>Fase3:</b> Pruebas de funcionamiento con distintos porcentajes de las mezclas. <b>Fase4:</b> Análisis y conclusiones.	N/A
5	Diseño y construcción de prototipo de quemador de lecho estacionario.	Producir biodiesel	<b>Fase1:</b> Determinación de las propiedades fisicoquímicas del combustible. <b>Fase2:</b> Delimitación del poder calorífico. <b>Fase3:</b> Diseño estructural. <b>Fase4:</b> Fabricación. <b>Fase5:</b> Pruebas y análisis. <b>Fase6:</b> Granulometría	 (Jaramillo Restrepo & Enrique Rosero, 2012).
6	Diseño y construcción de estufa Rocket e intercambiador de calor.	cocinar Calefacción	<b>Fase1:</b> Geometría. <b>Fase2:</b> Materiales. <b>Fase3:</b> Análisis de principios termodinámicos. <b>Fase4:</b> Aspectos energéticos. <b>Fase5:</b> Cocina. <b>Fase6:</b> Calefacción. <b>Fase7:</b> Modelado CAD. <b>Fase8:</b> Análisis y conclusiones.	 (Flego, 2019).
7	Caldera BIOFELL que funciona con distintos aceites vegetales usados.	Cocinar Calefacción	<b>Fase1:</b> Análisis tipos de aceites. <b>Fase2:</b> Diseño cámara de combustión. <b>Fase3:</b> Diseño quemador. <b>Fase4:</b> Ventilación forzada. <b>Fase5:</b> Diseño dosificador. <b>Fase6:</b> Análisis porcentual de combustible y aire. <b>Fase7:</b> Pruebas de rendimiento.	 (TIFELL ELECTROSOLAR S.A., 2020).

## ANEXO B. ESTUFA ECOUAN

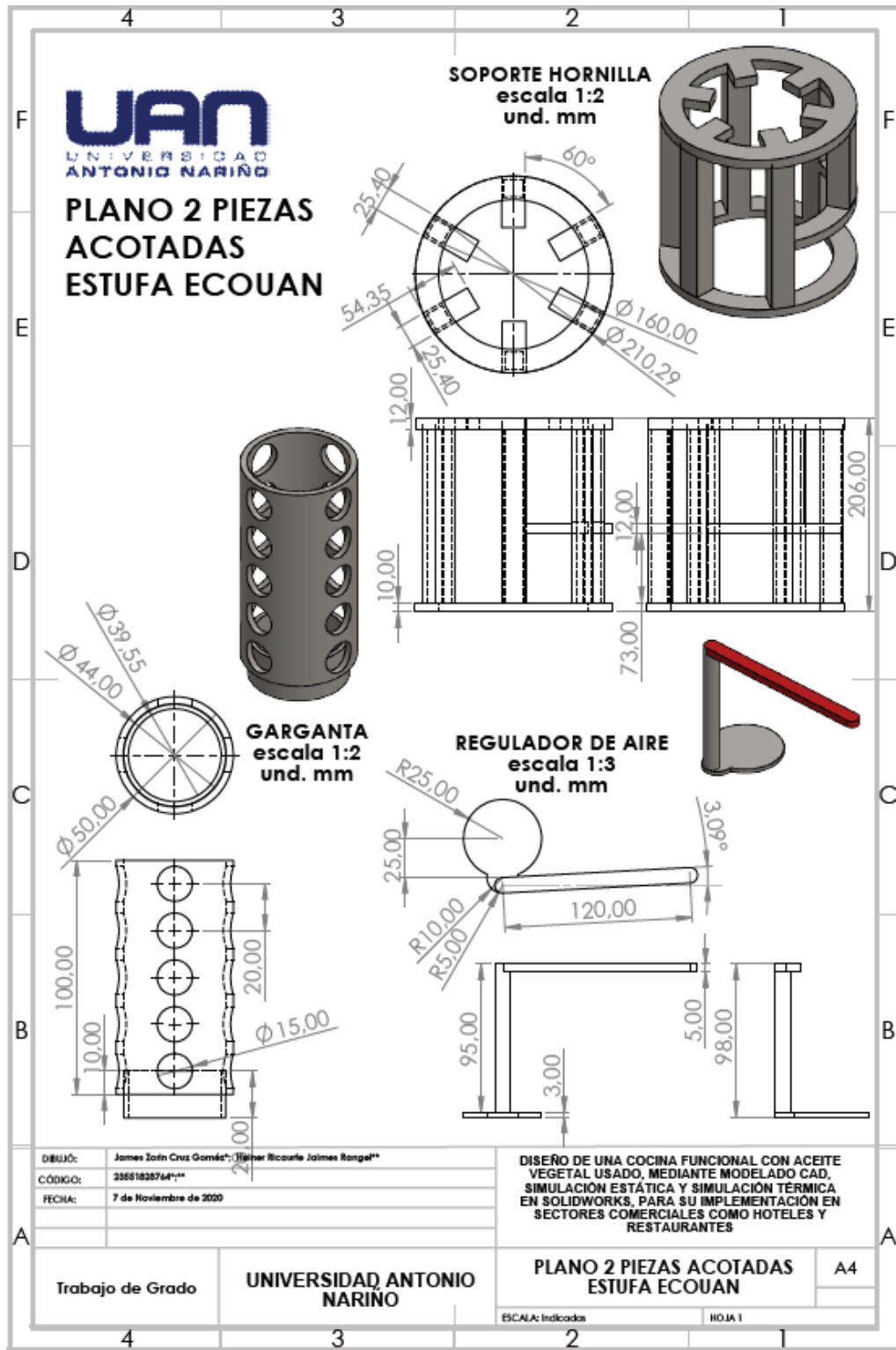
Ficha técnica		
<p>Fecha: 25-1-2021</p> <p>Nombre: Estufa ECOUAN.</p> <p>Aplicación: Cocina y calefacción.</p> <p>Versión: Diseño prototipo V1.0</p>		
Item	Descripción	
Descripción técnica	Este equipo puede ser usado para cocinar en distintos entornos. Su uso puede ser industrial o residencial. Este equipo tiene la versatilidad para ser usado como calefactor; gracias a su sistema para graduar el caudal de aire que entra a la cámara de combustión es posible graduar el poder calorífico generado.	
Datos técnicos	Dimensiones	Ø300mm, ↓ 200mm
	Vol. Tanque	1,6 Litros
	Peso	18,34 Kg
	Caudal de aire	0.001767 m <sup>3</sup> /s
	Capacidad máxima	51 Kg - 51 litros
	Materiales	Acero AISI 1020
Combustible	<p>Este equipo puede funcionar con las siguientes proporciones de combustible:</p> <p>Aceite vegetal (90%) + alcohol (10%)</p> <p>Aceite vegetal (80%) + alcohol (20%)</p> <p>Aceite vegetal (90%) + (diésel o gasolina) (10%)</p> <p>Aceite vegetal (80%) + (diésel o gasolina) (20%)</p>	
Instalación	Es un equipo de fácil instalación ya que al ser fabricado debe quedar un solo componente. Este equipo no puede tener otros equipos a su alrededor, ya que el calor que genera puede causar accidentes.	
Mantenimiento	Mantenimiento recomendado cada 2000 horas o 3 meses. Solo es necesario desarmar el equipo y limpiar los residuos en la cámara de combustión con agua y jabón.	
Uso del equipo	Para iniciar el equipo se debe suministrar las proporciones de combustible por la compuerta de encendido, luego encender la mezcla y graduar el caudal de aire de entrada con la palanca que se encuentra un costado.	

ANEXO C-1: PLANO 1 PIEZAS ACOTADAS





ANEXO C-2: PLANO 2 PIEZAS ACOTADAS



ANEXO D. PLANO EXPLOSIONADO.

4
3
2
1

F
F

E
E

D
D

C
C

B
B

A
A

4
3
2
1

UAN

UNIVERSIDAD  
ANTONIO NARIÑO

PLANO  
EXPLOSIONADO  
ESTUFA ECOUAN

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	camara de combustion y deposito	1
2	garganta	1
3	compuerta de encendido	1
4	soporte hornilla	1
5	carcasa protectora	1
6	regulador de aire	1
7	tapa	1

**VISTA EXPLOSIONADA**  
escala 1:5

DIBUJÓ:	James Zofin Cruz Gómez*, Heiner Ricaurte, Jaime Range**
CÓDIGO:	23551828744**
FECHA:	7 de Noviembre de 2020

**DISEÑO DE UNA COCINA FUNCIONAL CON ACEITE VEGETAL USADO, MEDIANTE MODELADO CAD, SIMULACIÓN ESTÁTICA Y SIMULACIÓN TÉRMICA EN SOLIDWORKS, PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN SECTORES COMERCIALES COMO HOTELES Y RESTAURANTES**

Trabajo de Grado

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO**

**PLANO EXPLOSIONADO**

A4

ESCALA: Indicadas
HOJA 1

## ANEXO E: CÓDIGO QR VIDEO DE LOS MODELOS

A continuación, se evidencia un código QR el cual puede ser escaneado la cámara de un Smartphone, en caso de que su Smartphone no reconozca el código QR se recomienda instalar la aplicación “QR DROID” para dispositivos con Android. Cabe aclarar que para usuarios de “IPHONE” la aplicación cámara de forma nativa lee el código QR. Los pasos para ver el video ilustrativo de este proyecto son:

- Abra la aplicación de cámara o la aplicación QR DROID.
- Enfoque el código QR hasta que la cámara reconozca el código y le muestre un enlace o link.
- De clic en el link o enlace, la aplicación lo dirigirá a la aplicación de YouTube o Chrome, en usuarios IPHONE en la parte superior saldrá “abrir en youtube”
- Al terminar los pasos anteriores podrá acceder al video ilustrativo.

Figura E. Código QR proyecto estufa ECOUAN.

