



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO DE UN HORNO INDUSTRIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN
ORGÁNICO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE COCO**

Diseño de trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial

**AUTORES: MICHAEL STEVEN GAHONA GAHONA
CRISTIAN JAIR CAIZA CORREA**

TUTOR: AUGUSTO VINICIO COQUE PAUCARIMA

Quito – Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIA DEL TRABAJO DE TUTULACION

Nosotros, Michael Steven Gahona Gahona con documento de identificación N° 1753859857 y Cristian Jair Caiza Correa con documento de identificación N° 1725778367, manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 22 de Julio de 2024

Atentamente,



Michael Steven Gahona Gahona

1753859857



Cristian Jair Caiza Correa

1725778367

**CERTIFICADO DE CESION DE DERECHOS DE AUTO DEL TRABAJO DE
TIRULACION A LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA**

Nosotros, Michael Steven Gahona Gahona con documento de identificación N.º 1753859857 y Cristian Jair Caiza Correa con documento de identificación N.º 1725778367, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: "DISEÑO DE UN HORNO INDUSTRIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN ORGÁNICO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE COCO", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 22 de Julio de 2024

Atentamente,



Michael Steven Gahona Gahona

1753859857



Cristian Jair Caiza Correa

1725778367

CERTIFICADO DE DIRECCION DEL TRABAJO DE TITULACION

Yo, Augusto Vinicio Coque Paucarima con documento de identificación N° 1718688516, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación:

DISEÑO DE UN HORNO INDUSTRIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN ORGÁNICO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE COCO

Realizado por Michael Steven Gahona Gahona con documento de identificación N.º 1753859857 y Cristian Jair Caiza Correa con documento de identificación N.º 1725778367, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 22 de Julio de 2024

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Augusto', written over a horizontal line.

Augusto Vinicio Coque Paucarima

1718688516

DEDICATORIA

Michael Gahona

Este proyecto de titulación está dedicado a Dios por permitirme alcanzar este logro tan anhelado y esperado en mi vida, por darme la fuerza y motivación para lograr este objetivo alcanzado.

Principalmente agradezco a mis padres Gloria y Ovidio, por apoyarme desde el comienzo de mis estudios hasta el final, por ser mis pilares y motivación a seguir estudiando y guiarme por el camino del bien y formarme con todos los valores de una buena persona, responsable y bondadosa, muchas gracias por todo el sacrificio que han realizado para ayudarme a cumplir esta meta tan importante en mi vida.

También dedico mi proyecto de titulación a mi abuelo que desde el cielo me cuida, cuyo amor y sabiduría continúan guiándome a pesar de su ausencia, aunque ya no está físicamente con nosotros, su espíritu vive en mis recuerdos y en los valores que me enseñaste. Gracias por tu infinito cariño, tus consejos y por ser un ejemplo de fortaleza y bondad, este logro es también tuyo, y te lo dedico con todo mi corazón.

Dedico a mis hermanos Angel y Byron, quienes me han apoyado desde pequeño motivándome a seguir mis sueños, por darme esa fortaleza para cada día levantarme y seguir adelante.

Dedico a mi novia Mallerly, que siempre me apoyo en este camino, es una de las personas que me motivo y alentó a cumplir mis metas, la que estuvo conmigo en mi inicio de carrera alegrándose por los pequeños logros en el transcurso de mi carrera.

Finalmente quiero dedicar a toda mi familia, por ser parte de este proceso y por todo el apoyo que me han brindado en este proceso, a mis amigos Katherine, Jonathan, Taina, Carlos, Cristian y Jerry que siempre han estado ahí para darme la mano en cualquier momento

Cristian Caiza

Este proyecto de titulación se lo dedico en primer lugar a Dios y a la Virgen por haberme dado toda la sabiduría y las fuerzas necesarias para poder terminar el proyecto y mi carrera, por siempre bendecirme y ayudarme a salir de los momentos malos.

Agradecer siempre a mis padres José y Adriana los cuales fueron el motivo principal por el que yo estudie ya que siempre me apoyaron económicamente la cual es la parte más difícil, siempre dando todo nunca me hicieron faltar algo en mi carrera universitaria.

Agradezco a mi hermano Brayan quien fue muy fundamental ya que siempre me apoyo y gracias a su conocimiento siempre me recomendaba las mejores cosas para que me vaya excelente en mi carrera universitaria.

A mis familiares que siempre me apoyaron y estuvieron atentos a toda mi carrera universitaria y siempre preguntando como me está yendo y dándome ánimos a pesar de cualquier circunstancia, pero siempre agradecido a mi abuelito el cual ya no se encuentra con nosotros, pero es a la primera persona el cual se la dedico este proyecto ya que su sueño siempre fue verme graduándome de la universidad.

También agradezco a mis amigos que me dio la universidad a Jonathan, Edu, Taina, Kathe, Carlos, Jerry y Michael que siempre nos apoyamos y estuvimos ahí en las buenas y en las malas ayudándonos entre todos.

Y por último, pero también muy importante se la dedico a una persona muy especial a May la cual fue muy importante en los últimos semestres y en este proyecto ya que siempre fue mi apoyo dándome siempre ánimos de que si lo voy a lograr a pesar de cualquier circunstancia, aunque yo dudaba de mis capacidades ella siempre creyó en mí y por siempre estar pendiente de mí, gracias.

AGRADECIMIENTO

Michael Gahona

Agradezco a Dios por permitirme llegar a cumplir esta meta tan importante en mi vida, por darme salud y sabiduría por protegerme con su bendición durante este largo camino.

De igual manera a la Universidad Politécnica Salesiana por permitirme ser parte de tan prestigiosa institución, a la carrera de Ingeniería Industrial por el apoyo brindado durante todo este proceso, a los docentes por ser parte del aprendizaje obtenido durante estos 5 años.

Finalmente quiero agradecer al Ing. Augusto Vinicio Coque Paucarima, por el acompañamiento y apoyo brindado durante toda la realización del proyecto de titulación, aportando con su conocimiento y responsabilidad, mis sinceros agradecimientos al Ing. Leonidas Esteban Ramirez Gangotena, por abrirme las puertas y brindarme su apoyo en las revisiones del proyecto.

Cristian Caiza

Agradezco a Dios y a Virgen por siempre acompañarme en este camino muy difícil, pero con toda su bendición y paso a paso se logró el objetivo.

A mis padres por siempre apoyarme y acompañarme en este camino muy difícil y siempre estar en las buenas y en las malas, a mi hermano por siempre estar presente en este camino de mi carrera universitaria y también a toda mi familia que siempre creyó en mí.

Finalmente quiero agradecer al Ing. Augusto Vinicio Coque Paucarima, por el acompañamiento y apoyo brindado durante toda la realización del proyecto de titulación.

INDICE

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIA DEL TRABAJO DE TITULACION	I
CERTIFICADO DE CESION DE DERECHOS DE AUTO DEL TRABAJO DE TITULACION A LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESINA; Error! Marcador no definido.	
CERTIFICADO DE DIRECCION DEL TRABAJO DE TITULACION; Error! Marcador no definido.	
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	9
Introducción.....	10
Problema de estudio	11
Justificación	12
Objetivos.....	12
Objetivo general	12
Objetivos específicos.....	12
CAPÍTULO I.....	13
MARCO TEÓRICO	13
1.1. Proceso obtención del carbón.....	13
1.1.1. Pirólisis	15
1.1.2. Temperatura de la carbonización.....	17
1.1.3. Propiedades químicas del carbón.....	18
1.2. Hornos Industriales.....	19
1.2.1. Tipos de Hornos para la elaboración de carbón.....	19
1.2.1.1 Horno de ladrillo.....	19
1.2.1.2 Horno de metal	22
1.3. Problemas ambientales	24
1.3.1. Deforestación	24
1.3.2. Emisión de gases y contaminación del aire	24
1.4. El coco	25
1.4.1. El coco en el Ecuador	25
1.4.2. El coco en otros países.....	25

1.4.3.	Partes del coco	26
1.4.4.	Usos del coco	28
1.4.5.	Compuestos de la cáscara de coco	28
1.4.6.	Propiedades térmicas del coco	29
1.4.7.	Carbonización de cáscaras de coco	29
1.4.7.1.	Secado de cáscaras de coco y proceso de carbonización	30
1.4.7.2.	Carbón de coco	30
1.4.8.	Uso del carbón de coco	31
1.4.8.1.	Filtración de Agua	31
1.4.8.2.	Agricultura	31
1.4.8.3.	Uso Doméstico	31
1.4.9.	Beneficios Ambientales	31
1.4.9.1.	Sostenibilidad	32
1.4.9.2.	Reducción de Emisiones	32
1.4.10.	Proceso de carbonización de las cáscaras de coco en otros países	32
1.5.	Diseño de experimentos	34
1.5.1.	Diseño pre-experimental	34
1.5.2.	Diseño experimental verdadero	35
1.5.3.	Diseño causiexperimental	36
1.5.4.	Análisis comparativo del modelo experimental	37
1.6.	Diseño experimental Taguchi	38
1.7.	Viabilidad	38
1.7.1.	Valor Actual Neto (VAN)	40
1.7.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR)	41
1.8.	Matriz de Leopold	41
1.9	Cálculos de la conservación de calor para el horno	42
CAPÍTULO II		44
Análisis Experimental		44
2.1	Diseño experimental Taguchi	45
2.2	Modelo experimental	48
2.3	Proceso experimental	49
2.4	Análisis comparativo del modelo experimental	50
2.5	Análisis experimental	50
2.5.1	Selección de pruebas de carbonización	51

2.6 Carbonización de las cascaras de coco	51
2.7 Análisis de los diferentes factores después de realizar carbón de coco.....	54
2.7.1 Producto obtenido.....	55
2.7.2 Desperdicio	55
2.7.3 Poder calorífico.....	57
2.8 Selección de carbonización	58
2.9 Cálculos de la conservación de calor para el horno.....	58
CAPITULO III	60
3.1 Horno industrial.....	60
3.1.2 Cobertura de metal.....	64
3.1.3 Parte inferior	65
3.1.4 Puerta del horno.....	67
3.1.5 Chimenea.....	69
3.1.6 Resistencia.....	71
3.1.7 Circuito	72
3.2 Análisis económico del horno	75
3.3 Materiales del diseño	75
3.4 Costos de fabricación.....	76
3.4.1 Máquina de corte a láser.....	76
3.4.2 Mano de obra para la construcción del horno de ladrillos.....	77
3.5 Mantenimiento.....	77
3.6 Costos directos.....	78
3.7 Costos indirectos	79
3.8 Costo total.....	79
3.9 El VAN y el TIR.....	79
3.10 Análisis de la matriz de Leopold del diseño y producto.....	81
Conclusiones.....	84
Recomendaciones	85
Anexos	87
Referencias	100

INDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Proceso del carbón, sustancias que se desprende en la elaboración de carbón....	14
Figura 2. Tipos de pirólisis	16
Figura 3. Hornos de ladrillo a) tipo media naranja (Capulálpam de Méndez, Oaxaca), b) tipo Rabo Quente (San Juan Evangelista, Analco, Oaxaca).....	20
Figura 4. Tipos de hornos de ladrillo.....	21
Figura 5. Hornos de metal, a) horno EKKO2 con tecnología refractaria, b) cámara de secado cargada con madera, c) cámara de secado después de la pirolisis, c) tablero de control.	22
Figura 6. Tipos de Hornos de Metal	23
Figura 7. Partes del coco.....	27
Figura 3 calificación de matriz de Leopold	42
Figura 8. 5x5 cm y uno junto al otro	44
Figura 9. 5x5 cm y uno sobre el otro	44
Figura 10. Mitad de coco y uno junto al otro	45
Figura 11. Mitad de coco y uno sobre el otro	45
Figura 12. Proceso experimental	49
Figura 13. Carbonización de las cascaras de coco a 250°C	51
Figura 14. Carbonización de las cascaras de coco a 350°C	52
Figura 15. Carbonización de las cascaras de coco a 450°C	52
Figura 16. Mitad de coco a 250°C	53
Figura 17. Mitad de coco a 350°C	53
Figura 18. Mitad de coco a 450°C	54
Figura 19. Pesos de carbonización	55
Figura 20. Temperatura vs peso	56
Figura 21. Temperatura vs poder calorífico	57
Figura 22. Diseño del horno industrial	61
Figura 23. Horno de ladrillo	63
Figura 24. Corte donde ira la resistencia	63
Figura 25. Cobertura principal.....	64
Figura 26. Desarrollo de cobertura de metal	65
Figura 27. Parte inferior.....	66
Figura 28. Desarrollo de la parte inferior	67
Figura 29. Puerta del horno	68
Figura 30. Desarrollo de puerta del horno	69

Figura 31. Chimenea	70
Figura 32. Desarrollo de la chimenea.....	71
Figura 33. Resistencia	72
Figura 34. Simulación del circuito apagado	75
Figura 35. Simulación del circuito prendido	75
Figura 36. Grafica de los Resultados del VAN Y TIR.....	81
Figura 37. Calificación de la matriz de Leopold	82

INDICE DE TABLAS

Tabla I.....	17
Método de pirolisis y sus variantes	17
Tabla II.	18
Características generales del carbón vegetal	18
Tabla III.	26
Partes del coco	26
Tabla IV.....	28
Usos del coco.....	28
Tabla V.	29
Fibras de coco.....	29
Tabla VI.....	32
Países y tecnología que utilizan para realizar carbón	32
Tabla VII.....	35
Tipos de diseños pre-experimentales.....	35
Tabla VIII.	35
Tipos de diseños experimentales verdaderos.....	35
Tabla IX.....	36
Tipos de diseños cuasiexperimentales.....	36
Tabla X.	37
Tamaños de cascaras de coco y sus usos al realizar la carbonización.....	37
Tabla XI.....	46
Factores seleccionados y sus niveles	46
Tabla XII.....	47
Arreglo ortogonal con factores e interrelaciones asignadas a las columnas.....	47
Tabla XIII.	48
Combinación de niveles y factores para el carbón de coco	48
Tabla XIV.	50
Datos obtenidos a las temperaturas de 250 °C, 350°C y 450°C.....	50
Tabla XV.	60
Partes del horno	60
Tabla XVII.....	68
Ladrillos en el horno.....	68
Tabla XVIII.	73

Componentes Eléctricos	73
Tabla XIX.	75
Lista de materiales con sus respectivos costos	75
Tabla XX.	76
Costos de corte a láser	76
Tabla XXI.	77
Costos de los elementos de la construcción del horno de ladrillos	77
Tabla XXII.	77
Lista de elementos que se necesitan para el mantenimiento con sus costos.....	77
Tabla XXIII.	78
Gastos directos de producción.....	78
Tabla XXIV.	79
Gastos indirectos de producción.....	79
Tabla XXV.	79
Gastos totales para la producción.....	79
Tabla XXVI.	80
Valores para obtener el VAN Y TIR	80
Tabla XXVII.	80
Resultados del VAN y TIR.....	80
Tabla XXVIII.	80
Tabla de valores del VAN	80
Tabla XXIX.	83
Matriz de Leopold	83

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cotización de la plancha metálica galvanizada y corte láser	87
Anexo 2. Cotización de los trabajos para la construcción del Horno de ladrillo	88
Anexo 3. Cotización de Ladrillos refractarios	89
Anexo 5. Planos Cobertura de metal	91
Anexo 6. Plano Parte inferior	92
Anexo 7. Plano Puerta del horno	93
Anexo 8. Desarrollo de la Puerta del horno.....	94
Anexo 9. Chimenea	95
Anexo 10. Desarrollo de la chimenea.....	96
Anexo 11. Plano Horno de ladrillo.....	97
Anexo 12. Plano Horno	98
Anexo 13. Despiece del horno y listas de partes	99

RESUMEN

En la investigación sobre la producción de carbón vegetal a partir de cáscaras de coco, se destaca la importancia de un proceso de carbonización eficiente para obtener un producto de alta calidad, la implementación de técnicas avanzadas de monitoreo y control del proceso es crucial para mantener condiciones óptimas, lo que no solo mejora la eficiencia, sino que también reduce el impacto ambiental al reutilizar residuos agrícolas y disminuir la deforestación. Además, la correcta ubicación del horno y el control de las condiciones operativas, como la temperatura adecuada de 350°C, son esenciales para maximizar la producción y asegurar la calidad del carbón.

El experimento de Taguchi fue una buena herramienta para optimizar el proceso de carbonización al identificar las combinaciones más adecuadas de temperatura, tamaño y ubicación de las cascaras de coco, lo que dio como resultado carbón con pérdidas mínimas, Los hornos industriales deben ser sistemas eficientes de combustión y aislamiento térmico, y se debe adoptar un plan integral de gestión ambiental para minimizar las emisiones y otros impactos adversos durante todo el proyecto de carbonización de las cascaras de coco .

ABSTRACT

The research on the production of charcoal from coconut shells highlights the importance of an efficient carbonization process to obtain a high quality product. The implementation of advanced techniques for monitoring and controlling the process is crucial to maintain optimal conditions, which not only improves efficiency, but also reduces environmental impact by reusing agricultural residues and reducing deforestation. In addition, proper kiln location and control of operating conditions, such as the right temperature of 350°C, are essential to maximize production and ensure charcoal quality.

Taguchi's experiment was a good tool to optimize the carbonization process by identifying the most suitable combinations of temperature, size and location of coconut shells, resulting in charcoal with minimal losses, Industrial kilns should be efficient combustion and thermal insulation systems, and a comprehensive environmental management plan should be adopted to minimize emissions and other adverse impacts throughout the coconut shell carbonization project.

Introducción

El carbono orgánico, conocido como carbón vegetal, es una fuente flexible de energía y materiales durante el tiempo. Desde su inicio como fuente de calor y energía en la antigüedad hasta su papel actual en muchas aplicaciones industriales y ambientales, el carbono orgánico ha demostrado ser necesario para la sociedad humana. Sin embargo, la producción se ha visto asociado a una serie de consecuencias ambientales negativas, como la contaminación del aire, del agua y la deforestación de los bosques.

En el transcurso que, aumentado la necesidad de desarrollar métodos industriales más sostenibles, la investigación y mejora de los métodos de producción de carbono orgánico es extremadamente importante, tiene como objetivo investigar y desarrollar un método de producción que sean eficientes en términos de productividad y calidad del producto, sino que también se minimicen todos los impactos negativos respecto al medio ambiente.

En ese contexto, el proyecto se centra, en el desarrollo un diseño de un horno industria sostenibles de producción de carbono orgánico, la investigación comienza con una revisión de la gramática existente sobre métodos de producción de carbón vegetal, tanto tradicionales como innovadores, destacando los desafíos y oportunidades asociados con cada método , sus problemas ambientales, como también las características de los hornos industriales y de las cascaras de coco para tener conocimiento durante la investigación y el diseño del horno.

Este proyecto no solo busca afrontar un desafío específico como los problemas ambientales, además de eso, busca contribuir con el progreso de creación de carbón orgánico, con el diseño de un horno industrial para realizar carbón a partir de cascaras de coco, colocando las bases para futuras creaciones en la industria del carbón.

Problema de estudio

José Hernández et al [1] habla de la elaboración de carbón vegetal que se realiza mediante un proceso de pirólisis controlado de material vegetal, utilizando trozos de madera, residuos vegetales y cáscaras de nueces la pirólisis es un proceso de degradación térmica de la ausencia de oxígeno, que lo convierte en carbón orgánico o vegetal, contaminantes y otros productos como gases tóxicos.

El carbón vegetal se crea como resultado de la “carbonización” de la madera que es producto de condiciones controladas en un espacio cerrado. comúnmente llamado horno según el estudio de Damián Saavedra [2]. Este proceso se lleva a cabo bajo un estricto control de aire, para prevenir el cambio de la madera a ceniza, que favorece a la descomposición química de la madera a carbón.

En virtud de la investigación de María Mejenga et al [3] existe aproximadamente un tercio de la población mundial depende de biomasa (carbón) sólida para cocinar y calentarse mediante cocinas ineficientes. A mayor parte de ellos se encuentran en países en desarrollo, y hasta el 90% de los hogares en algunos países del África dependen de la biomasa (carbón) para cocinar y calentarse.

Hay una estrecha relación en contaminación de gases volátiles y contenido de cenizas, es decir que la mayoría de gases volátiles va a ser menor a la cantidad de carbón fijo y viceversa y si más carbón fijo tiene, va a tener mayor porcentaje de cenizas que se producirá priorizando la contaminación del ambiente y dejando residuos tóxicos para la tierra como lo estipula Ludueña, M. E. [4]

El carbón es muy tóxico y al quemarse libera una variedad de toxinas y contaminantes al aire. Estos incluyen plomo, dióxido de azufre, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, metales pesados y partículas, como aclara Virginia Cauper et al [5] la principal causa del cambio climático es la quema de carbón que produce CO₂ al igual que la tala de árboles al realizar carbón natural u orgánico.

Justificación

Debido a los inconvenientes que indica el problema de estudio de la elaboración del carbón, surge un problema de contaminación, toxicidad y de deforestación, se considera una alternativa factible la elaboración del diseño de un horno industrial para la producción de carbón orgánico a base de cascaras de coco para reducir la contaminación y tala de árboles.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un horno industrial para la producción de carbón orgánico a partir de la cáscara de coco.

Objetivos específicos

- Investigar el proceso de la elaboración del carbón orgánico recopilando información, como la temperatura que obtenemos del producto y cuál es su tiempo de producción, para establecer las condiciones de la elaboración de carbón a partir de cáscara de coco.
- Diseñar un horno industrial, utilizando un software CAD, para evaluar la viabilidad de la construcción, mediante cotizaciones de materiales apropiados para el aislamiento del calor en el horno.
- Analizar la implementación y escalado del horno a nivel industrial, considerando aspectos como la disponibilidad de materia prima, los requerimientos de infraestructura para las regulaciones ambientales mediante una matriz de Leopold.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se realizará la investigación de la obtención del carbón vegetal, la temperatura de producción, los problemas ambientales, los tipos de hornos que existentes en los que se basará el diseño del horno industrial para producir carbón a partir de cascaras del coco.

1.1. Proceso obtención del carbón

El carbón vegetal se produce a partir de la descomposición térmica de la biomasa, la ausencia de aire se llama pirólisis a temperaturas superiores a 300_ °C, hay algunos tipos de biomasa que se puede utilizar para producir carbón vegetal, pero se utiliza principalmente madera, el carbón vegetal es un combustible con un poder calorífico y una reactividad mucho mayores que la madera, el proceso de carbonización tiene baja eficiencia energética y su uso reduce la eficiencia general de los procesos que utilizan carbón vegetal como lo estipula Pinheiro.[6]

La elaboración de carbón vegetal que se realiza mediante un proceso de pirólisis controlado de material vegetal, utilizando trozos de madera, residuos vegetales y cáscaras de nueces la pirólisis es un proceso de degradación térmica de la ausencia de oxígeno, que lo convierte en carbón orgánico o vegetal, contaminantes y otros productos como gases tóxicos.[1]

El carbón vegetal es una excelente fuente bioenergética, que es un combustible, sólido, frágil, poroso y de color negro, producido con un proceso de combustión o carbonización. En el estado de Oaxaca, y en particular en la región Sierra Juárez, es elaborado el carbón vegetal en hornos de ladrillo por su alta densidad, No obstante, la producción aún es artesanal sin criterios de eficiencia y rendimiento.[4]

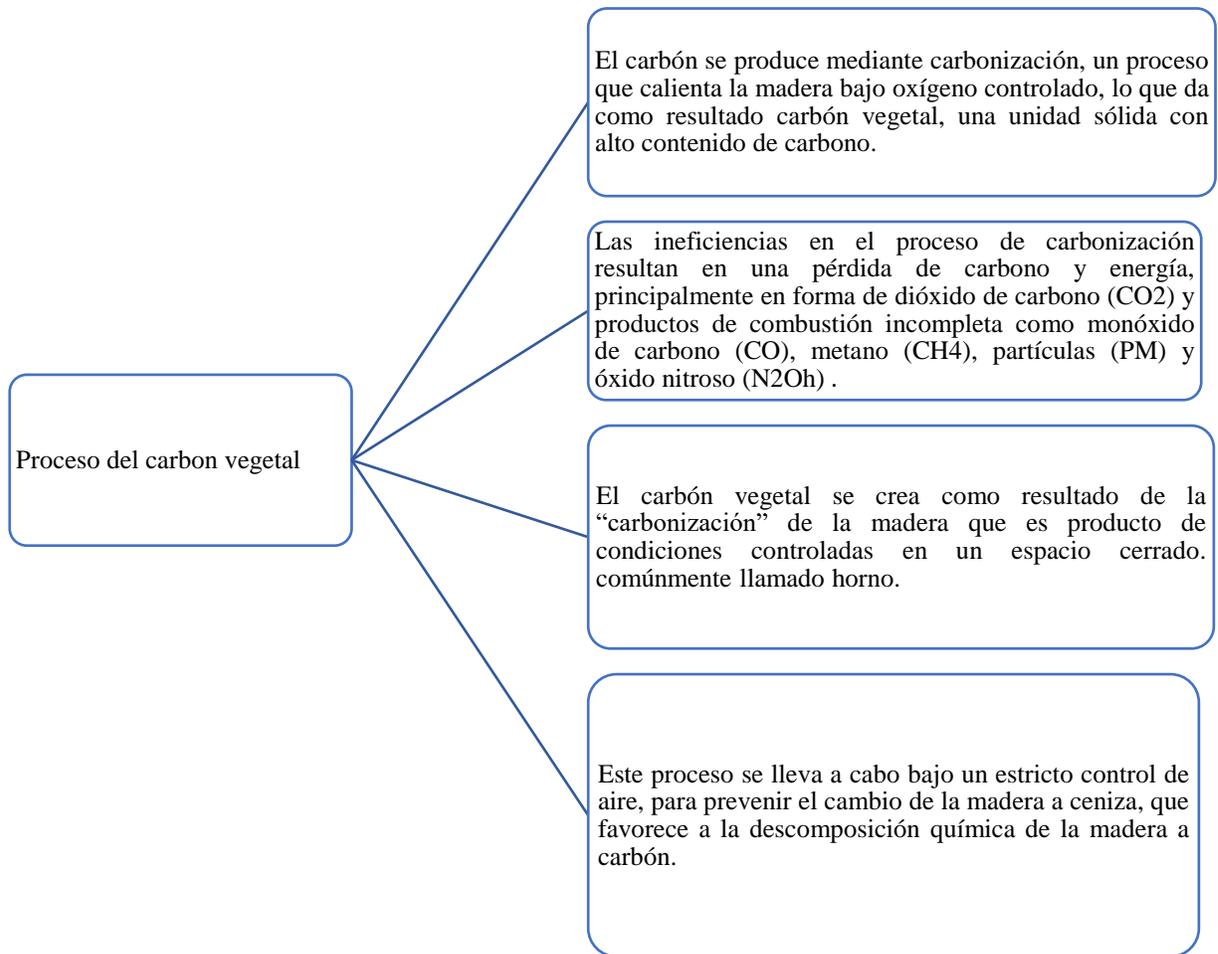


Figura 1. Proceso del carbón, sustancias que se desprende en la elaboración de carbón.

En la figura 1 se muestra las diferentes sustancias que desprende la elaboración del carbón vegetal en el medio ambiente, que involucra los procesos de control del aire y del proceso de elaboración

La carbonización es la combustión incompleta de la madera en presencia de cantidades controladas de aire a temperaturas de 400 a 700 °C. El proceso produce productos como vapor de agua, gases condensables y no condensables de la madera y se divide en dos fases. La fase endotérmica, que ocurre entre 100 y 200 °C, elimina la humedad de la madera, y la fase exotérmica, que ocurre entre 200 y 900 °C, degrada la celulosa y la lignina debido a sus complejas composiciones químicas.[6]

La elaboración del carbón vegetal es influida por algunos factores que son: tipo de madera, dureza de la madera, el contenido de humedad y el tipo de hornos que se vaya a emplear que podrían ser el de tierra, ladrillo y acero que se utiliza para la carbonización y la eficiencia al realizar el carbón. [6]

1.1.1. Pirólisis

La pirólisis, también conocida como carbonización, destilación destructiva o destilación de la madera, es un proceso de transformación térmica que se lleva a cabo a temperaturas entre 300 y 800 °C, la cual carece de aire. Este proceso se lleva a cabo a altas temperaturas, hasta 1000 °C, para maximizar la producción de gas.

Es un proceso termoquímico que implica la descomposición química de la materia orgánica causada por las altas temperaturas a las que se calienta, teniendo una gran ausencia de oxígeno, mientras que la temperatura más baja que son los 500_°C maximiza la producción de carbón, el material a temperaturas elevadas, pero sin que se llegue a quemar. [6]

En la figura 2 muestra la producción de carbón vegetal, varía significativamente entre los diferentes métodos de pirólisis, teniendo diferentes desprendimientos de sustancias en cada método y la eficiencia del método.

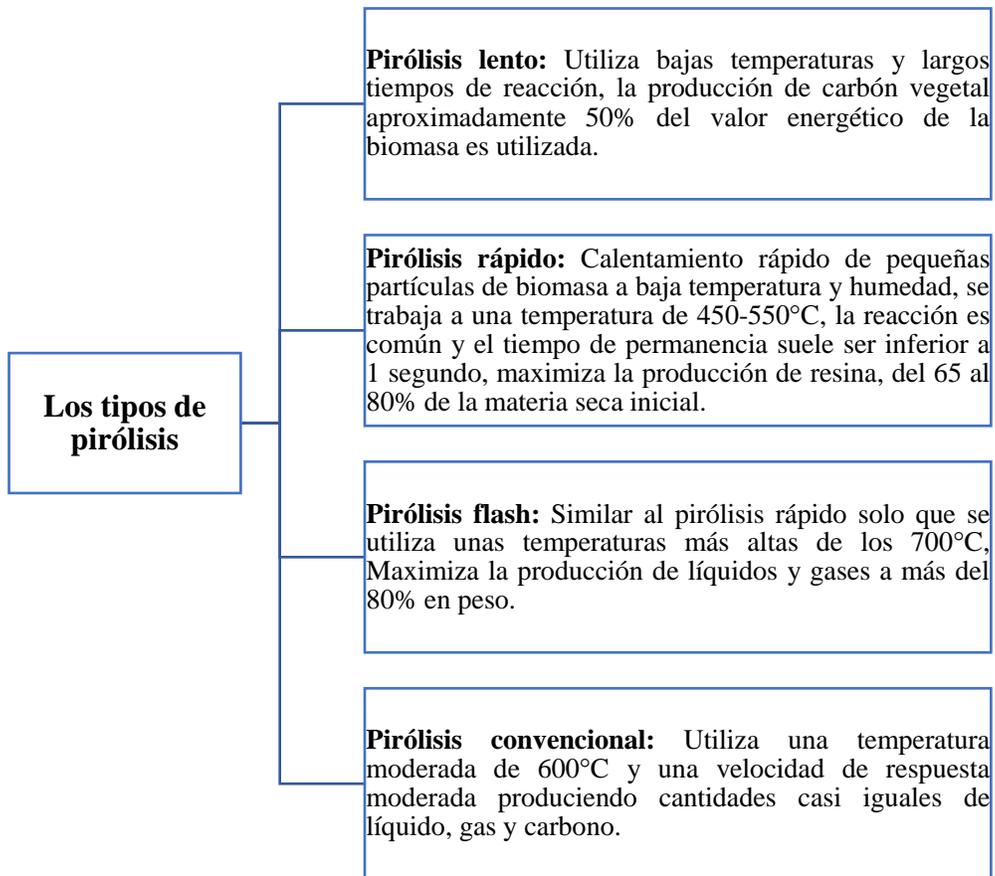


Figura 2. Tipos de pirólisis

Tabla I.

Método de pirólisis y sus variantes

Método de pirólisis	de	Tiempo de resistencia	Tasas de calefacción	de Presión (Atm)	Temperatura	Producto principal
carbonización		Horas -días	Muy baja	1	450	Carbón vegetal
Característica		Detalle				
Tiempo de residencia:	de	El tiempo de residencia varía desde horas o días para la carbonización hasta menos de 0,5 segundos para la pirólisis ultra.				
Tasa de calentamiento:	de	La tasa de calentamiento varía desde muy baja para la carbonización hasta muy alta para la pirólisis ultra.				
Presión:		La presión varía desde 1 atmósfera para la mayoría de los métodos hasta menos de 0,1 atmósferas para la pirólisis al vacío.				
Temperatura máxima:		La temperatura máxima varía desde 450 °C para la carbonización hasta más de 1000 °C para la pirólisis ultra.				
Producto principal:		El producto principal varía desde carbón vegetal para la carbonización hasta gases y productos químicos para la pirólisis ultra.				

Método de pirólisis y sus variantes

La tabla 1 muestra que los diferentes métodos de pirólisis se caracterizan por diferentes tiempos de residencia, tasas de calentamiento, presiones, temperaturas máximas y productos principales.

1.1.2. Temperatura de la carbonización.

La temperatura utilizada para la carbonización suele estar entre 350 y 500°C, aunque la madera es pesada y produce una gran cantidad al quemarse, el carbón vegetal sin humedad tiene un alto poder calorífico, es ligero y arde sin humo. El carbón vegetal producido a 400°C contiene aproximadamente un 80% de carbono, 12-15% volátiles y 0,5-3% cenizas.[6]

La ceniza contenida en el carbón vegetal proviene de la madera y su contenido depende del tipo de madera, cantidad de corteza de árbol, tierra o arena contaminada, etc. A excepción del carbón, se libera una parte volátil, formada por gases, vapores de sustancias y componentes orgánicos.[6]

1.1.3. Propiedades químicas del carbón

El carbón vegetal tiene una estructura porosa, lo que le confiere una gran superficie específica. Esta característica proporciona una gran superficie disponible para la adsorción de gases, líquidos y productos químicos, lo que la hace útil en aplicaciones de filtración y purificación. Tiene la capacidad de adsorber una variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos.[8]

Su estructura porosa y su gran superficie específica, puede absorber toxinas, contaminantes, compuestos orgánicos volátiles, olores y otros contaminantes del aire y el agua, y es ligeramente alcalino, tiene un PH de aproximadamente 7,5 a 8,5 y tiene un poder calorífico. equivalente al carbón vegetal. varía dependiendo de los ingredientes, pero normalmente está entre 25 y 35 MJ/kg.[8]

En la tabla 2 muestra las características generales que tiene el carbón vegetal las características que debería tener el producto terminado

Tabla II.

Características generales del carbón vegetal

Características	Información
Presentación	Grumoso
Micro porosidad	Baja
Micro porosidad	Alta
Densidad	0.5 g ml
Contenido de ceniza	5%
Numero de yodo	1120
Poder calorífico	7,5 a 8,5
PH	25 y 35 MJ/kg

Características generales del carbón vegetal

1.2. Hornos Industriales

Los hornos industriales son equipos utilizados para llevar a cabo procesos térmicos en grandes cantidades, se utilizan en diferentes ámbitos para una variedad de procesos, incluido el calentamiento, el secado, la fundición, el recocido, el temple y el revenido, tienen un papel fundamental de facilitar, proporcionar y controlar las temperaturas específicas para realizar el carbón vegetal. [5]

1.2.1. Tipos de Hornos para la elaboración de carbón

Existen dos tipos de hornos para la elaboración del carbón los cuales son, hornos de ladrillo y hornos metálicos.

1.2.1.1 Horno de ladrillo

Los hornos de ladrillo pueden variar en forma, tamaño, número de chimeneas, tiene bajos costos de construcción, eficiencia razonable y es fácil de operar. Este un tipo de horno simple tiene forma semiesférica, construida con ladrillos cocidos y reforzada con arcilla, es hecho a mano. [6]

Según el estudio de Morales, son relativamente sencillos, pueden construirse localmente con herramientas básicas y, si se utilizan correctamente, son sin duda uno de los métodos más eficientes de producción de carbón vegetal [12]. Durante décadas, estos hornos han demostrado ser una buena inversión porque producen carbón vegetal de alta calidad para uso doméstico e industrial con muy poca mano de obra.

Existen diferentes tipos de hornos, pero la mayoría de ellos son capaces de producir buenos resultados, los cuales deben ser fáciles de fabricar y sus materiales deben resistir tanto la tensión constante de calentamiento y enfriamiento que se les impone como los efectos del clima.[12]

La figura 3 da a conocer cómo es el modelo del horno media naranja y el horno Rabo Quente los cuales son los más manejados para la producción de carbón.



Figura 3. Hornos de ladrillo a) tipo media naranja (Capulálpam de Méndez, Oaxaca), b) tipo Rabo Quente (San Juan Evangelista, Analco, Oaxaca).

La figura 4 enseña los tipos de hornos de ladrillo con sus respectivas ventajas y desventajas, además los detalles que se deben de tomar en cuenta antes de fabricar uno.

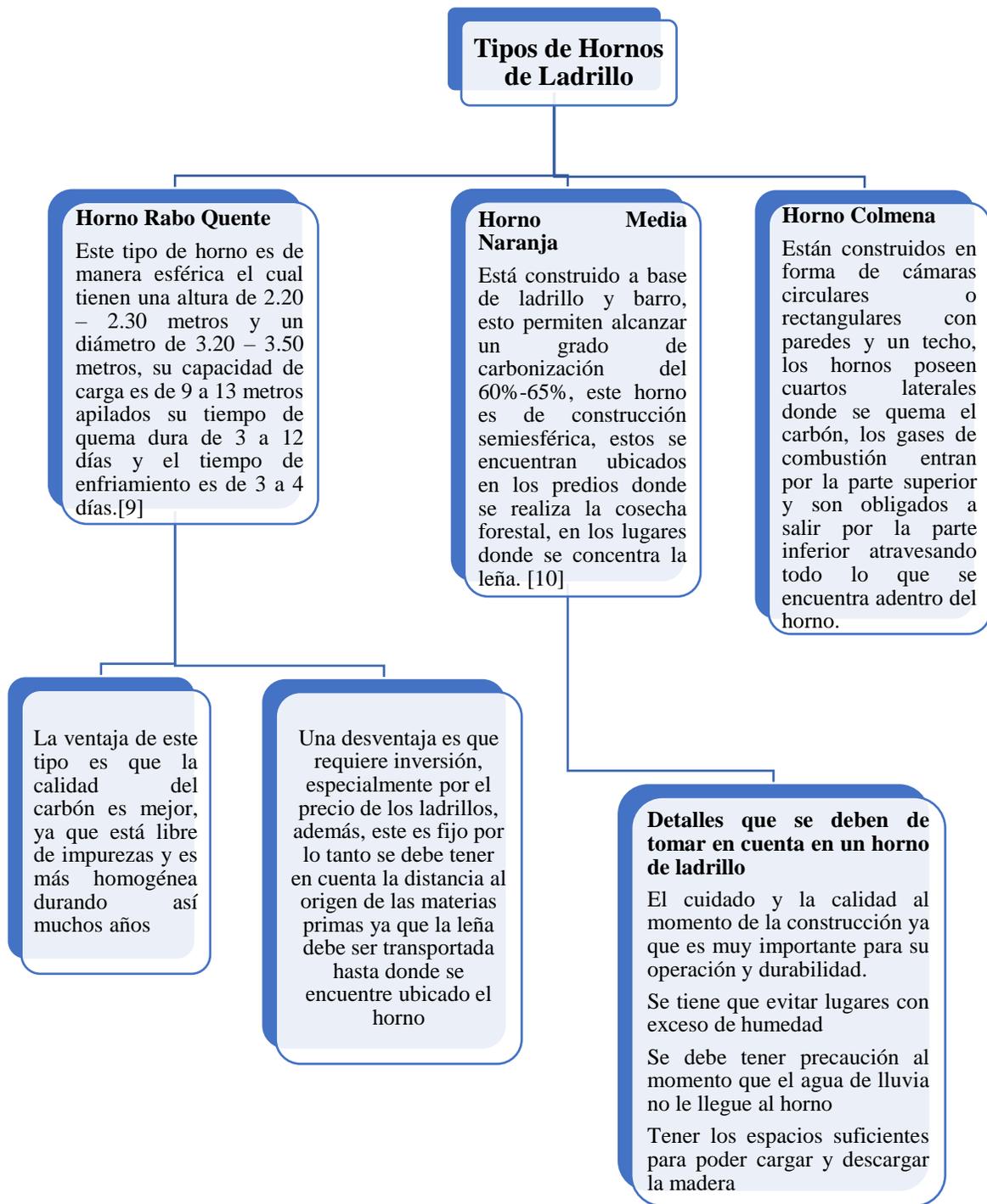


Figura 4. Tipos de hornos de ladrillo

1.2.1.2 Horno de metal

Los hornos de metal se consideran una alternativa a otros métodos más tradicionales de producción de carbón, como el uso de incineradores al aire libre, pozos o chimeneas. [6]

En virtud de la investigación de Ruiz [6] estos hornos están diseñados para realizar la carbonización de forma más controlada, lo que limita en el impacto de la combustión de carbón en el medio ambiente. Además, los hornos de metal están diseñados para ser un proceso de pirólisis energéticamente más eficiente. Es decir, utilizan menos energía para alcanzar y mantener la temperatura necesaria, esto puede reducir sus costos de operación, minimizar el impacto ambiental asociado con el consumo de energía

Un horno metálico es un equipo de carbonización a alta temperatura que puede producir carbón vegetal. Utiliza como fuente de calor diésel, gas natural, gas licuado de petróleo, biomasa, etc. Utilizando tecnología avanzada de carbonización, las materias primas se transforman en productos, como el carbón, colocándolos en un entorno cerrado, además los hornos metálicos pueden solucionar el problema de la contaminación ambiental provocada por el denso humo que producen las carboneras tradicionales al fabricar carbón vegetal.[7]



Figura 5. Hornos de metal, a) horno EKKO2 con tecnología refractaria, b) cámara de secado cargada con madera, c) cámara de secado después de la pirólisis, c) tablero de control.

La figura 5 tipos de horno y sus diferentes partes, como lo es el EKKO2, donde vemos la cámara de secado antes y después de la pirólisis y su tablero de control.

Con el fortalecimiento de la conciencia ambiental en todo tipo de aspectos, los hornos metálicos para producir carbón empezaron a sustituir al horno de tierra poco a poco, donde se obtiene una tasa muy baja de contaminación al medio ambiente y el proceso de producción es de una manera muy limpia, por otro lado, la tasa de carbonización y la capacidad de producción es alto lo que cuenta con un alto rendimiento en los costos.[12]

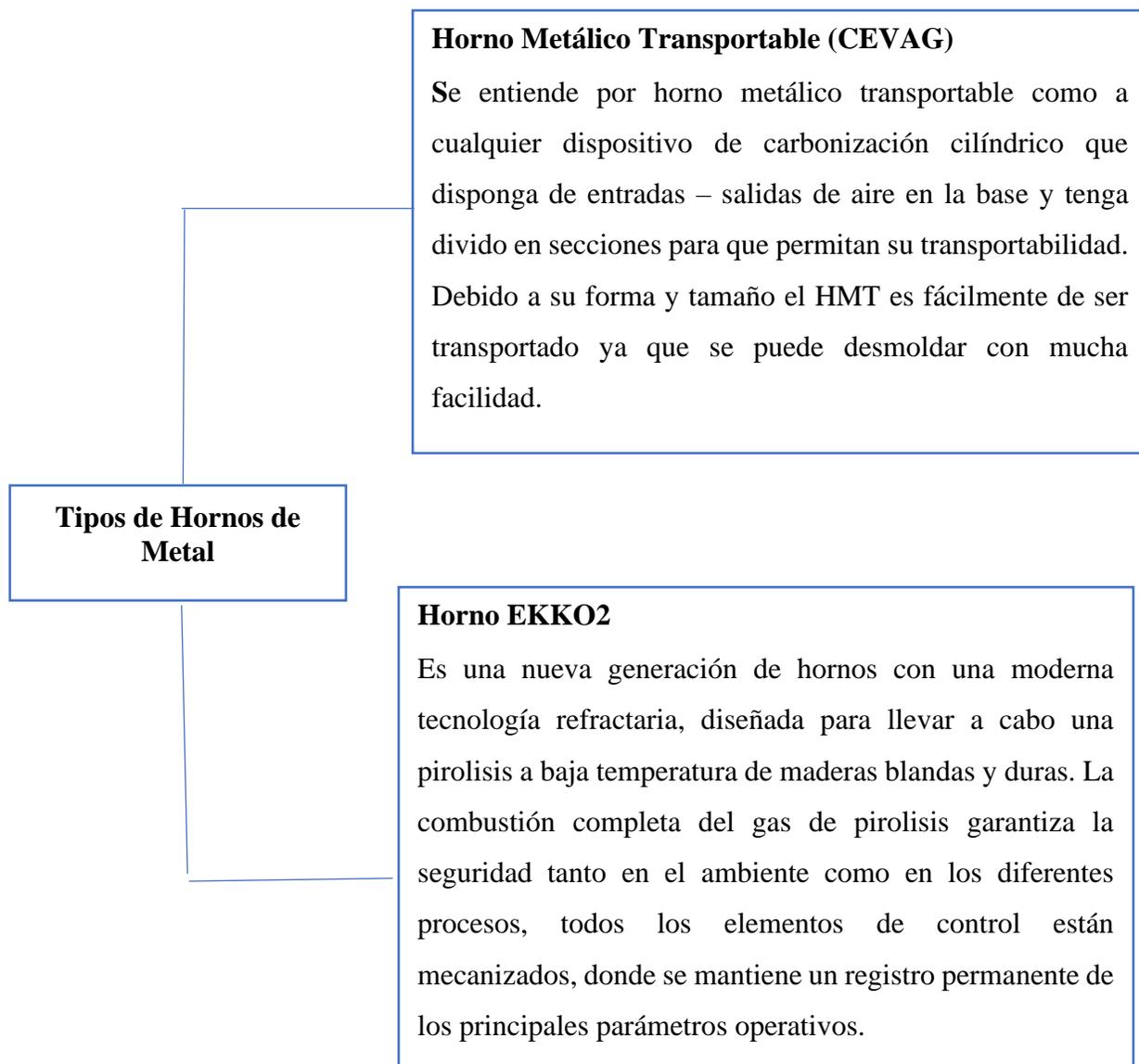


Figura 6. Tipos de Hornos de Metal

La figura 6 resume los tipos de hornos metálicos, los cuales son trasportables y EKKO2 donde encontramos las ideas principales de cada uno.

1.3. Problemas ambientales

La producción de carbón es perjudicial ya que es altamente tóxica y cuando se quema libera diversos contaminantes y toxinas al aire, como mercurio, plomo, dióxido de azufre, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, metales pesados y partículas, la principal causa del cambio climático es la quema de carbón que produce CO₂ al igual que la tala de árboles al realizar carbono natural u orgánico.[6]

Hay una estrecha relación en contaminación de gases volátiles y contenido de cenizas, es decir que la mayoría de los gases volátiles va a ser menor a la cantidad de carbón fijo y viceversa y si más carbón fijo tiene, va a tener mayor porcentaje de cenizas que se producirá priorizando la contaminación del ambiente y dejando residuos tóxicos para la tierra. [5]

1.3.1. Deforestación

Cuando se produce carbón vegetal, normalmente se talan árboles para obtener lo que necesitan, lo que puede causar grandes daños al medio ambiente y a los hogares de muchos seres vivos, la erosión del suelo es la razón por la que muchos países pierden sus bosques.[10]

1.3.2. Emisión de gases y contaminación del aire

El dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso son algunos de los gases que atrapan el calor en el aire cuando se produce carbón. La pirólisis produce gases como dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y metano (CH₄). Estos gases luego son liberados a la atmósfera, si no se manejan correctamente, estos gases provocarán un aumento de las temperaturas globales y alteraciones del clima. [11]

El proceso de producción y el tipo de horno influyen en la cantidad de gases de efecto invernadero que se liberan, los hornos modernos son generalmente más eficientes y emiten menos contaminantes en comparación con los hornos tradicionales.[11]

La quema del carbón libera partículas finas, monóxido de carbono y otros contaminantes al aire. Estos contaminantes pueden provocar problemas respiratorios, enfermedades cardíacas y otros problemas de salud. La contaminación del aire causada por la producción de carbón es más grave en las áreas donde se concentra la producción y en las comunidades cercanas a los hornos de carbón.[10]

1.4. El coco

La fruta es de 20-30 cm de largo, redonda y pesa hasta 2,5 kg Debido a que tiene una gran cantidad de ácidos grasos saturados, es mucho más nutritiva que otras frutas en términos de calorías Sus carbohidratos son insuficientes y tiene un nivel más bajo de proteínas pero tiene un alto contenido de fibra que ayuda a mover el intestino y reduce el riesgo de ciertas enfermedades y trastornos.[12]

Debido a su versatilidad, cada parte del coco se puede utilizar en la mayoría de las industrias para muchos propósitos diferentes, como el agua de coco es una bebida fresca, la carne de coco, el consumo directo, para cocinar muchos platos, la leche de coco, la crema de coco, el coco seco. caramelos, galletas y harina de coco; la fibra de coco se puede encontrar en cuerdas, colchones, bioetanol, cobertores de ollas colgantes, escobas y alfombras..[12]

1.4.1. El coco en el Ecuador

El coco se produce a gran escala en Ecuador, aproximadamente el 85% de esta fruta se concentra en las regiones costeras de Esmeraldas, Manabí, Guayas, Los Ríos y El Oro, la demanda se basa en agua y en la pulpa del mismo. Ecuador tiene el potencial para cultivar cocos de manera eficiente, pero el país no aprovecha todos los elementos constituyentes del mismo. [12]

En la provincia de Manabí, muchas familias dependen del cultivo de coco, especialmente en los tres cantones más importantes, Pedernales, Rocafuerte y Portoviejo. Sin embargo, es necesario recalcar el uso y participación del coco en toda la provincia, principalmente en las actividades de compra y venta.[13]

1.4.2. El coco en otros países

El coco es el sexto fruto más cultivado, produciéndose en 93 países y se siembra en 12,3 millones de hectáreas, produciendo más de 60000 millones de cocos al año y valorando más de 6500 millones de dólares al año. Las países como los son Filipinas, Indonesia e India son los principales productores, con más del 70% de la producción mundial de coco en estas regiones El coco es el más grande del mundo, pero el Jamaica y el Ghana son los mayores productores, y México es uno de los 10 mayores productores [13]

Las filipinas son el primer exportador de esta fruta a través del procesamiento, como la producción de cocos secos, aceite de coco y agua de coco, Indonesia y los Países Bajos son el segundo y tercer mayores exportadores. Los derivados de coco se obtienen en China, los Países Bajos y los Estados Unidos de América. [13]

El coco es un cultivo comercial clave en muchos países tropicales y subtropicales, como Jamaica y México. La carne de coco es buena para los sectores de alimentos, cosméticos y energía.

Cualquier país que lo produce tiene un enorme impacto social, económico y ambiental en este cultivo. Los cocoteros son un componente vital de los cultivos locales, proporcionando un medio de vida seguro a millones de pequeños agricultores en todo el mundo. [13]

1.4.3. Partes del coco

La tabla 3 menciona todas las partes del coco, dando a conocer su grosor, sus diferentes componentes y lo más importante de cada uno con su respectiva observación.

Tabla III.

Partes del coco

Literal	Parte	Grosor	Componentes	Observación
a)	Mesocarpio	40 – 50 milímetros	Fibras duras y tejido medular Lignia Celulosa Hemicelulosa	Constituye el 35% de todas las frutas y también es buena para absorber y retener agua, el mesocarpio de coco seco contiene 125 g de fibra seca y 250 g de polvo central, lo que da un peso de mesocarpio seco de 375 a 400 g.
b)	Exocarpio	1 – 2 milímetros	Tejidos fibrosos duros	Es redonda y hasta ovalada tiene una piel exterior cuerosa. El color puede

				variar, pero generalmente es verde, amarilla y naranja
c)	Endocarpio	3 – 5 milímetros	Lignia Celulosa Hemicelulosa	Encontrada alrededor del grano, también se la conoce como testa, una capa dura de color marrón que en algunos casos sirve como combustible debido a su alto contenido de lignina.
d)	Endosperma	12 – 15 milímetros		Consiste en una porción de carne o proteína y un jugo dulce lechoso llamado copra y agua respectivamente.

Partes del coco

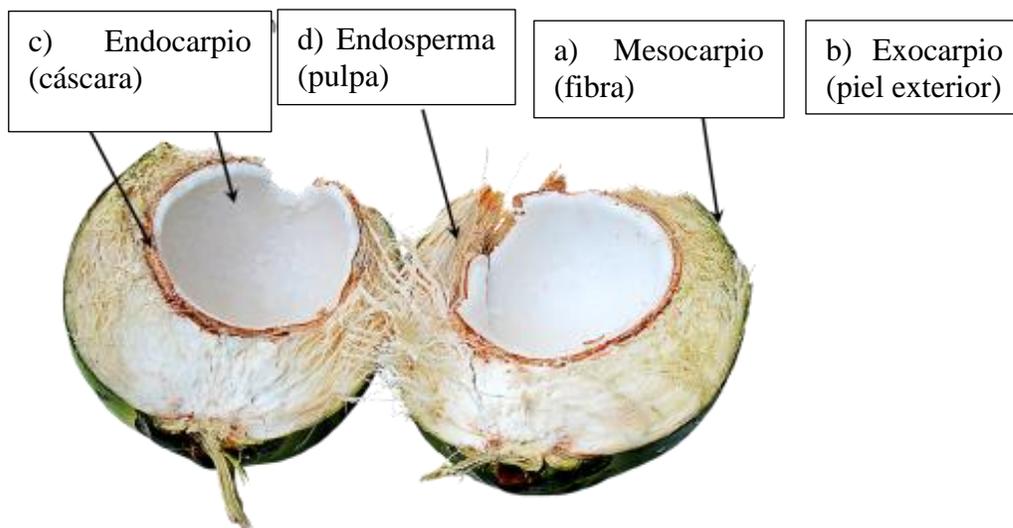


Figura 7. Partes del coco

En la figura 7 podemos encontrar las diferentes partes del coco y en donde se encuentran ubicadas.

1.4.4. Usos del coco

En la tabla 4 se da a conocer los usos del coco dependiendo de sus partes.

Tabla IV.

Usos del coco

Parte del coco	Uso
Cáscara o corteza	Sirve para compuestos farmacéuticos para la fabricación de carbón activado, carbón activo, inhibidores de olor, purificadores de agua y cosméticos.
Pulpa	Es utilizado en su mayoría en el ámbito de la gastronomía, lo principal para realizar jugo el cual es batido con leche y agua, otro uso es para la decoración de platos mediante el coco rallado
Agua	Es rico en carbohidratos y electrolitos como potasio, sodio y magnesio. Debido a estos electrolitos, la gente está muy interesada en utilizar el agua de coco para tratar y prevenir ciertas enfermedades como la diabetes, el cáncer, el Alzheimer y el Parkinson, y también es muy beneficiosa para la deshidratación.

Usos del coco

1.4.5. Compuestos de la cáscara de coco

Tiene un rango de pH de ligeramente ácido a neutro, por lo que no es necesario utilizar piedra caliza para ajustar ,el pH del coco es de 6,0 a 6,8, en comparación con el pH del sphagnum de 3,5 a 4,8..[13]

La fibra de coco tiene cantidades significativas de potasio (K) y fósforo (P) naturales. También contiene trazas de nitrógeno (N), calcio (Ca), magnesio (Mg), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc. (Zn). [13]

Aunque las cáscaras de coco son un desperdicio agroindustrial, también son una fuente natural de fibra como se puede observar en la tabla 5.

Tabla V.

Fibras de coco

Fibra de Coco	Porcentaje (%)
Celulosa	36 %
Hemicelulosa	25 %
Lignina	28 %

Fibras de coco

1.4.6. Propiedades térmicas del coco

Partiendo de material orgánico madera, cáscaras de coco, etc, el proceso comienza por carbonizarlo y debe realizarse a bajas temperaturas 400-500°C, en este paso, se eliminan los materiales sin carbono, los plásticos y la mayoría de los volátiles, creando una masa sólida llamada CHAR, el carbono resultante se expone a temperaturas cercanas a los 800°C en una atmósfera inerte o reductora. [12]

La activación química en este proceso incluye una fase en un ambiente neutro y su principal ventaja es el uso de temperaturas no demasiado altas de 400°C a 600°C, en este método es necesario remojar con un agente deshidratante, la cáscara del coco se debe remojar con un agente deshidratante por un período de tiempo, luego se coloca en un horno de alta temperatura, su función es descomponer y deshidratar los materiales de celulosa. [12]

1.4.7. Carbonización de cáscaras de coco

En el Ecuador el problema de la producción de carbón vegetal enfrenta dificultades debido a que se utilizan ampliamente métodos de producción manual, lo que genera contaminación ambiental, afectando la calidad del aire en las industrias de producción de carbón vegetal, por otro lado operaciones ineficaces e ineficientes; requieren grandes cantidades de materias primas como la madera, obtenida mediante la deforestación y la destrucción de hábitats animales para satisfacer las necesidades de carbono. [2]

1.4.7.1. Secado de cáscaras de coco y proceso de carbonización

El secado de las cáscaras de coco elimina la humedad que es un proceso importante en la industria de carbonización, la producción de carbón y carbón a activado este proceso puede realizarse de diversas maneras, incluyendo métodos tradicionales y modernos.[15]

El proceso de carbonización empieza al introducir las cáscaras de coco en el horno de las medidas que el fabricante maneje con su medida estándar o manejen la mitad del coco, después de calentar el reactor, la temperatura aumenta continuamente, cuando la temperatura alcanza los 350 °C, las cáscaras de coco se carbonizan en carbón desde la alimentación hasta la descarga, es un proceso de producción rápido, que solo necesita de 15 a 20 minutos para llegar a la temperatura de carbonización. [15]

1.4.7.2. Carbón de coco

El carbón de cáscara de coco se produce en una condición de combustión incompleta sin oxígeno. Su componente principal, el carbono, determina su característica inflamable. Además, es inodoro y sin humo. Tiene un alto valor calorífico, bajo desperdicio de cenizas (<4%). Ahora, cada vez más restaurantes y civiles almacenarán carbón de cáscara de coco. Porque es fácil de usar, transportar y almacenar. [16]

El carbón de cáscara de coco se crea calentándolo a altas temperaturas y agregando vapor para controlar la atmósfera y no desperdiciarlo. Luego se interrumpe el flujo de aire en la capa inferior del tambor y el carbón comienza a enfriarse, en un período llamado pacificación. Este paso es muy importante porque si se deja por mucho tiempo el carbón se convertirá en ceniza. [15]

El carbón de cáscara de coco, también conocido como carbón vegetal tiene una estructura microporosa y absorbe más eficazmente los contaminantes orgánicos de bajo peso molecular, todo carbón de origen vegetal o mineral contiene sales y elementos inorgánicos, algunos de los cuales son solubles en agua, provienen de una planta, madera o cascara contienen minerales que pertenecen a plantas que se carbonizan. [16]

Debido a sus buenas características, el carbón de cáscara de coco se usa ampliamente en la agricultura, la industria y la vida, no hay emisión de azufre y gases tóxicos es seguro de usar

para cocinar, su poder calorífico es extremadamente alto, lo que constituye una buena alternativa al diésel u otro combustible en la vida diaria o en la industria. [15]

1.4.8. Uso del carbón de coco

El carbón de coco es un producto derivado de la cáscara del coco, conocido por sus múltiples aplicaciones y beneficios ambientales en Ecuador, su uso está en crecimiento debido a la abundante producción de cocos en las regiones costeras y a la creciente conciencia sobre prácticas sostenibles otros usos son combustible utilizado en la industria alimentaria y absorción de metales pesados en la industria agrícola. [16]

1.4.8.1. Filtración de Agua

El carbón activado de coco es muy eficaz en la filtración de agua debido a su alta porosidad y capacidad de adsorción en Ecuador, se utiliza en sistemas de purificación de agua tanto a nivel doméstico como industrial para eliminar impurezas, cloro y contaminantes orgánicos. [16]

1.4.8.2. Agricultura

En la agricultura, el carbón de coco se usa como enmienda del suelo y en hidroponía. Mejora la retención de agua y nutrientes, y también actúa como un agente natural de control de plagas.

1.4.8.3. Uso Doméstico

En el ámbito doméstico, el carbón de coco es popular como combustible para parrillas y barbacoas, ofreciendo una combustión más limpia y menos humo en comparación con otros tipos de carbón. [16]

1.4.9. Beneficios Ambientales

Tiene menos impacto ambiental, ya que no existe tala de árboles ya que se utiliza las cascara de coco que en muchas empresas que utilizan este producto termina siendo desechado , no emite no emite azufre y gases tóxicos que son malos para el medio ambiente. [15]

1.4.9.1. Sostenibilidad

El carbón de coco se considera más sostenible en comparación con el carbón tradicional porque se produce a partir de residuos de coco, un subproducto de la industria del coco. Esto ayuda a reducir el desperdicio y promueve el reciclaje. [15]

1.4.9.2.Reducción de Emisiones

El uso de carbón de coco produce menos emisiones de carbono y menos contaminantes en el aire, contribuyendo a la reducción de la contaminación atmosférica.

1.4.10. Proceso de carbonización de las cáscaras de coco en otros países

El carbón vegetal a partir de cáscaras de coco se produce en varios países alrededor del mundo, especialmente en aquellos donde el coco es una fuente agrícola abundante, la carbonización de las cáscaras de coco es un proceso que convierte este subproducto agrícola en carbón vegetal, que luego puede ser utilizado para diversos fines, como filtración de agua, enmiendas de suelo, y como combustible. [16]

Tabla VI.

Países y tecnología que utilizan para realizar carbón

País	Tipo de producción de carbón a partir de cáscaras de coco	Tecnología
Filipinas	Producción y Exportación: Filipinas es uno de los mayores productores de cocos en el mundo y utiliza cáscaras de coco para fabricar carbón vegetal, que se exporta a varios países.	Utilizan tanto métodos tradicionales como modernos de pirolización.
India	Industria Diversificada: India tiene una industria de coco bien establecida, con un enfoque en la producción de carbón vegetal y carbón activado a partir de cáscaras de coco.	Se emplean hornos de tambor rotativo y técnicas de activación química para producir carbón activado de alta calidad.

Indonesia	Gran Productor de Coco: Indonesia es uno de los mayores productores de coco y utiliza las cáscaras de coco para producir carbón vegetal.	Combina métodos tradicionales y modernos, y recibe apoyo de organismos internacionales para mejorar la eficiencia y calidad del carbón.
Sri Lanka	Producción y Exportación: Sri Lanka también tiene una industria significativa de producción de carbón vegetal a partir de cáscaras de coco, con un enfoque en la exportación.	Utiliza métodos de pirolización tanto tradicionales como avanzados.
Vietnam	Mercado en Crecimiento: Vietnam está aumentando su producción de carbón vegetal a partir de cáscaras de coco debido a la demanda interna y externa.	Enfocado en prácticas sostenibles y tecnológicamente avanzadas para maximizar la eficiencia.
Tailandia	Producción Nacional: Tailandia produce carbón vegetal a partir de cáscaras de coco tanto para el mercado interno como para la exportación.	Utiliza una mezcla de métodos tradicionales y modernos para la pirolización.
Brasil	Uso de Residuos Agrícolas: En Brasil, las cáscaras de coco son utilizadas para producir carbón vegetal, aprovechando los residuos agrícolas generados por la industria del coco.	Emplea tecnología avanzada para la pirolización y producción de carbón activado.

México	Industria en Crecimiento: México está desarrollando su industria de producción de carbón vegetal a partir de cáscaras de coco, aprovechando la disponibilidad de materia prima en las regiones costeras	Se utilizan tanto métodos tradicionales como avanzados para la producción.
---------------	--	--

Países y tecnología que utilizan para realizar carbón

En la tabla 6 muestras los países que realizan carbón vegetal a partir de cascara de coco y que tecnología utilizan.

1.5. Diseño de experimentos

Al diseñar un experimento o experimento, un experimento se utiliza para explorar un resultado o efecto desconocido, probar una teoría o probar un efecto conocido, están fabricados específicamente por científicos e ingenieros.[16]

Para comprender qué recursos tienen el mayor impacto en la producción y qué nivel de insumos se deben utilizar para lograr los resultados deseados, DDE es una forma de recopilar información durante las pruebas y luego determinar cuál o qué proceso puede conducir al resultado deseado como menciona Cecilia C [17]

El artículo publicado por Cecilia C [17] la investigación experimental continúa desarrollándose hoy como resultado del desarrollo de dos grandes tradiciones de investigación: la tradición clásica de laboratorio, propia de las ciencias naturales, basada en la variación en cada individuo y la tradición más moderna de la estadística de campo, propia de las ciencias naturales y sociales, se basa en la variación interindividual.

1.5.1. Diseño pre-experimental

Esta es la forma más simple de diseño experimental: se observa a un grupo o grupos de personas después de examinar los factores causales para determinar si se deben realizar más investigaciones en los grupos objetivo como menciona en el estudio de Cecilia C. [17]

En la tabla 7 muestra los tres tipos de diseños pre-experimentales más comunes, que existen y se puedan aplicar en la investigación de campo.

Tabla VII.

Tipos de diseños pre-experimentales

Tipos de diseños pre-experimentales	
Diseño de investigación de una sola instancia:	Se observa una sola vez un grupo de sujetos.
Diseño de investigación de dos grupos estáticos:	Se observan dos grupos de sujetos, pero no se manipula ninguna variable.
Diseño de investigación de un grupo antes y después:	Se observa un grupo de sujetos antes y después de un evento, pero no se manipula ninguna variable.

Tipos de diseños pre-experimentales

1.5.2. Diseño experimental verdadero

En el estudio de Cecilia C [17] el diseño es la forma más completa de diseño de investigación experimental porque se basa en el análisis estadístico para confirmar o refutar una hipótesis, este es el único tipo de diseño experimental que puede establecer causa y efecto en uno o más grupos al diseñar de esta manera, hay tres factores a considerar.

En la tabla 8 muestra los tres tipos de diseños experimentales verdaderos, que existen y se pueda aplicar en la investigación de campo.

Tabla VIII.

Tipos de diseños experimentales verdaderos

Tipos de diseños experimentales verdaderos	
Diseño de dos grupos:	Se asignan aleatoriamente dos grupos de sujetos a dos condiciones diferentes: un grupo experimental y un grupo de control. La variable independiente se manipula en el grupo experimental, pero no en el grupo de control. La variable dependiente se mide en ambos grupos.
Diseño de bloques:	Se divide a los sujetos en bloques, que son grupos homogéneos con respecto a una variable de bloqueo. Los sujetos de cada

	bloque se asignan aleatoriamente a las condiciones experimentales. La variable dependiente se mide en todos los sujetos.
Diseño factorial:	Se manipulan dos o más variables independientes. Los sujetos se asignan aleatoriamente a todas las combinaciones posibles de las variables independientes. La variable dependiente se mide en todos los sujetos.

Tipos de diseños experimentales verdaderos

1.5.3. Diseño causiexperimental

La variable independiente fue manipulada en el diseño de este estudio, pero los participantes del grupo no fueron asignados al azar, la variable independiente se procesa antes de calcular la variable dependiente, lo que elimina el problema de la direccionalidad, en este campo se utiliza la cuasi investigación. donde la asignación aleatoria no es importante o necesaria como menciona el estudio de Cecilia C. [15]

En la tabla 9 muestra los tipos de diseño causiexperimental que existen y se pueden aplicar en diferentes investigaciones de campo.

Tabla IX.

Tipos de diseños cuasiexperimentales

Tipos de diseños cuasiexperimentales	
Diseño de grupo antes y después:	Se observa un grupo de sujetos antes y después de un evento, pero no se asigna aleatoriamente a los sujetos a las condiciones.
Diseño de solo grupo después:	Se observa un grupo de sujetos después de un evento, pero no se asigna aleatoriamente a los sujetos a las condiciones.
Diseño de dos grupos no equivalentes:	Se observan dos grupos de sujetos, pero no se asigna aleatoriamente a los sujetos a las condiciones.

Tipos de diseños cuasiexperimentales

1.5.4. Análisis comparativo del modelo experimental

En la mayoría de los países que producen carbón a partir de cascaras de coco utilizan la mitad de coco con el adjetivo de acortar el proceso de producción y tener más cantidad de producto o una medida estándar de 6x12 y 8x16 que es muy utilizada para la conversión de carbón activo que es utilizado para diferentes productos estéticos por su mayor eficiencia que la del carbón activo normal. [16]

Las industrias de carbonización de cascaras de coco utilizan diferentes medidas para diferentes usos del carbón vegetal derribado de las cascaras des el uso para la preparación de carbón activado, carbón vegetal, filtración de agua potable y tratamientos de gases [16]

Tabla X.

Tamaños de cascaras de coco y sus usos al realizar la carbonización

Tamaño (cm)	Uso
4×10	Preparación de carbón activado de coco
6×12 y 8×16	Carbón, Recuperación de oro y metales preciosos
14×35	Respiradores de cartucho (mascarillas),
20×50 , 8×30 y 12×40	Carbón
Menor a la malla 50,100,200,325	Tratamiento de agua potable o superficial, decoloración de líquidos.
Pellet 4 mm	Tratamiento de gases
Pellet 2 mm	Tratamiento de gases y líquidos.

Tamaños de cascaras de coco y sus usos al realizar la carbonización

En la tabla 10 se muestra los tamaños que utilizan las industrias al realizar carbón a partir de cascaras de coco y sus usos.

1.6. Diseño experimental Taguchi

El diseño experimental Taguchi es una metodología de optimización y mejora de procesos desarrollada por el ingeniero y estadístico japonés Genichi Taguchi, se enfoca en la robustez del diseño, es decir, en hacer que los procesos y los productos sean insensibles a las variaciones externas de factores no controlables, lo que conduce a una mayor calidad y consistencia del producto final. [18]

El método de Taguchi es una de las herramientas más efectivas para analizar los resultados experimentales, se utiliza en tres componentes principales: el diseño del sistema, las tolerancias de diseño y los parámetros de diseño, se menciona el impacto de los parámetros distintos en la media y la varianza del desempeño del proceso, como mencionó Augusto Vinicio.

Para lograr ciertas características, cualquier proceso combina una serie de entradas; esas entradas son los factores que afectan el proceso para generar la salida.

Las pruebas son cruciales para mejorar el proceso de fabricación; el punto es distinguir entre los cientos de factores posibles que afectan las características de producción, cuáles afectan la media, cuáles son sesgados y cuáles no. [18]

Muchos factores influyen en la fase de prueba inicial potencial a partir del cual se selecciona el grupo de inicio para el estudio, ahora si quieres identificar si existe un factor que afecta una característica de calidad, es obligatorio distinguir este factor y evaluar si tiene un impacto o no cierta influencia sobre las características de calidad. [19]

1.7. Viabilidad

El propósito de un estudio de factibilidad, también conocido como estudio de alcance o estudio de alcance, es verificar si el proyecto cuenta con soluciones que cumplan con los objetivos planteados en el planteamiento preliminar y determinar si son apropiadas física, jurídica, social, económica, financieramente y factibilidad, en esta etapa del proyecto, el objetivo es obtener una imagen general del proyecto. [17]

Por lo que sus principales objetivos son:

- Conocer el proyecto en su conjunto.
- Obtener posibles soluciones.
- Investigar la rentabilidad de estas soluciones.

Los estudios de viabilidad evalúan proyectos utilizando conocimientos profesionales de ingeniería e información general y detallada disponible, en esta etapa del proyecto, con base en la información general obtenida del método de diseño, se analizan los elementos principales del proyecto para establecer un conjunto de soluciones correspondientes a los supuestos iniciales del problema, luego serán evaluados desde diferentes ángulos. puntos de vista. [17]

En general, el análisis realizado como parte de un estudio de viabilidad no va más allá del análisis de las partes en las que se puede dividir el objeto del proyecto, por tanto, el coste del estudio de viabilidad no es muy elevado en comparación con el coste del proyecto, e incluso inferior a la magnitud de la inversión del solicitante, sin embargo, hay promotores y planificadores que no se dan cuenta de su importancia. [17]

Este estudio se refiere a costos que varían entre el 1 y el 3 por ciento de la inversión, lo que corresponde más o menos al 5% de los horarios del proyecto. Este pequeño gasto resuelve una gran incertidumbre si el proyecto tiene solución y en qué condiciones. [17]

Los estudios de viabilidad pueden dar diferentes respuestas, por ejemplo, según el enfoque y los objetivos asumidos, la solución del proyecto o las posibles soluciones no es factible, es decir, fracasa por las siguientes razones: por razones técnicas o económicas, o por razones sociales, legales o de incapacidad. para cumplir con las condiciones financieras. [17]

El proyecto tiene sólo una solución posible, y si hay múltiples soluciones posibles, una de ellas es claramente mejor que las otras, en este caso, podrás seguir trabajando en otras etapas del proyecto. Existen varias alternativas a este proyecto y todas son factibles, esta situación se resuelve analizando y seleccionando la mejor alternativa, lo que ocurre en las primeras etapas del proyecto. [17]

1.7.1. Valor Actual Neto (VAN)

Es un indicador financiero que sirve para determinar la viabilidad de un proyecto si, después de calcular los flujos de ingresos y gastos futuros y deducir la inversión inicial, queda alguna ganancia, esto se realiza mediante la Ecuación 1 cálculo (VAN). [18]

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FNE_i}{(1+t)^i} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

I_0 : Inversión Inicial

t: tasa de descuento

FNE: Flujo Neto de Efectivo

n: número de períodos de tiempo medidos

Es crucial que se tenga en cuenta lo siguiente al realizar este cálculo: Para trasladar dinero del presente al futuro de manera equivalente, se emplea una tasa de interés o crecimiento "i". Una tasa de descuento "t". se emplea para añadir cantidades futuras al presente y los flujos obtenidos se denominan " flujos descontados " [18]

La tasa mínima, también conocida como TMAR, es lo mismo que la tasa de interés y la tasa de descuento, el evaluador finalmente la define. Su resultado se puede entender fácilmente en términos monetarios mediante el método del Valor Actual Neto. Los criterios de decisión que se deben aplicar para tomar una decisión, si se reinvierten todas las ganancias anuales, son:

$VAN > 0$ acepte el proyecto.

$VAN < 0$ rechace el proyecto.

$VAN = 0$ la decisión queda al criterio del analista, véase

Para determinar si un proyecto es adecuado o no, una empresa suele analizar múltiples opciones. Por lo general, la opción con el VAN más alto es la mejor para la empresa, pero no siempre lo es. [18]

1.7.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial se conoce como tasa interna de rentabilidad, es la que hace que el VAN sea igual a cero., esto se hace calculando la Ecuación 2 cálculo (TIR). [18]

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FNE_i}{(1+TIR)^i} = 0 \quad \text{Ec. 2}$$

El criterio inicial para aprobar o rechazar un proyecto no es el cálculo, sino la correcta determinación de la tasa de retorno mínima aceptable, ya que está estructurada para tener en cuenta el riesgo de la inversión. [18]

Para tomar una decisión basada en la TIR, se debe seguir el siguiente criterio:

Si $TIR \geq TMAR$ acepte el proyecto

Si $TIR < TMAR$ rechace el proyecto.

Conceptualmente la TMAR es la tasa mínima que un proyecto debe generar como TIR para ser aceptado, si se encuentra por debajo de la tasa mínima atractiva de retorno (TMAR), el proyecto deberá ser rechazado. [18]

1.8. Matriz de Leopold

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso crucial para identificar, predecir y mitigar los efectos ambientales de proyectos de desarrollo. Una de las herramientas más utilizadas en la EIA es la Matriz de Leopold, desarrollada por Luna Leopold en 1971. Este artículo explora la aplicación de la Matriz de Leopold desde una perspectiva cinética, considerando la dinámica temporal de los impactos ambientales. [22]

La Matriz de Leopold es una matriz bidimensional que cruza dos listas principales: acciones del proyecto y factores ambientales , las acciones del proyecto incluyen actividades específicas que pueden tener impactos ambientales como desmonte, excavación y vertido de residuos, mientras que los factores ambientales abarcan componentes del ambiente que pueden verse afectados como calidad del aire, agua, suelo, flora y fauna.[22]

El primer método desarrollado fue la matriz de Leopold creado para evaluar el impacto ambiental y ha sido evaluado por el Departamento de Geología Interior de EE. UU, impacto de las minas de fosfato de hecho sistemas de información e identificación, más detalles más que una valoración. La base del sistema es la matriz donde las entradas de la columna son actividades una persona puede cambiar el entorno y las líneas de pedido representan características o factores ambientales.

La interpretación de la matriz de Leopold implica analizar y comprender los impactos ambientales del proyecto evaluado, utilizando las calificaciones asignadas a la magnitud e importancia de cada impacto se interpreta con una calificación negativa y positiva respecto a los resultados obtenidos.

Calificación negativa		
Irrelevantes	0	-25
Moderados	-25	-50
Severos	-50	-75
Críticos		> -75
Calificación positiva		
Poco importante	0	25
Importante	25	50
Muy importante		> 50

Figura 3 calificación de matriz de Leopold

1.9 Cálculos de la conservación de calor para el horno

Para realizar las dimensiones del horno se realizaron los cálculos de conservación de calor con las fórmulas de Conducción de calor en régimen transitorio con las cartas de Heisler para demostrar que en el tiempo de carbonización se llegara a la temperatura de los 350 °C y se conserve el calor dentro del horno.

Área

$$(T(t) - T_{\infty})$$

Ec. 2

$$(350 - 15)$$

$$(335^{\circ}\text{C})$$

$$Q(t) = hA(T(t) - T_{\infty})W$$

Ec. 3

Donde:

T = Temperatura

t = Tiempo

T = 350°C

t = 15 minutos

Q(t) = 1200W

h = 10 w/m²k

CAPÍTULO II

Análisis Experimental

En este capítulo se realizará la elaboración de carbón a partir de cáscaras de coco con sus diferentes posiciones y tiempos de carbonización con el análisis de los resultados de las pruebas elaboradas en el laboratorio de metalografía, para ver si se carboniza las cascarras de coco con las diferentes temperaturas del horno, para así saber la temperatura correcta en la cual se logrará obtener carbón y no se pierdan las propiedades caloríficas, los datos recopilados nos ayudara dimensionar el diseño del horno.

A continuación, se presentarán los diferentes tamaños y posiciones que se utilizarán en las pruebas. La figura 8 muestra un tamaño de 5X5 cm y una posición uno junto al otro



Figura 8. 5x5 cm y uno junto al otro

La figura 9 muestra un tamaño de 5X5 cm y una posición uno sobre el otro



Figura 9. 5x5 cm y uno sobre el otro

La figura 10 muestra un tamaño de mitad de coco y una posición uno junto al otro



Figura 10. Mitad de coco y uno junto al otro

La figura 11 nos muestra un tamaño de mitad de coco y una posición uno sobre el otro



Figura 11. Mitad de coco y uno sobre el otro

2.1 Diseño experimental Taguchi

La técnica de diseño experimental Taguchi, creada por Genichi Taguchi, ingeniero y estadístico japonés, está orientada a potenciar los procesos mediante la optimización y la mejora su principal objetivo es asegurar la durabilidad del diseño, lo que significa que los productos y procesos no se ven afectados por cambios o factores externos adicionalmente se utiliza un arreglo ortogonal.

Para realizar la experimentación con el método Taguchi se utilizará diferentes factores para poder saber a qué temperatura se carbonizará correctamente las cascara de coco y diferentes posiciones y tamaño de la materia prima para ver cuánto producto puede producirse, en la tabla 11 se determinará los factores y niveles que se utilizarán.

Tabla XI.

Factores seleccionados y sus niveles

Factor	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Temperatura	250 °C	350 °C	450 °C
Tamaño	5 X 5 cm	Mitad de coco	
Posición	Uno junto el otro	Uno sobre el otro	
Tiempo de cocción	15 min	20 min	25 min

Factores seleccionados y sus niveles

El método Taguchi propone que el número de grados de libertad del arreglo ortogonal (DF) que se ha seleccionado, debe ser siempre mayor o igual al total de grados de libertad requerido para el experimento.

Al aplicar la ecuación del capítulo 1 se debe encontrar los grados de libertad del experimento relacionado al número de factores y niveles.

$$DF = ((n1 - 1)x(nf)) + ((n1 - 1) + (n1 - 1)x ni) \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

DF = Grados de libertad

n1 = Número de niveles

nf = Número de factores

ni = Número de interacciones

Resolviendo la ecuación se obtendrá

$$DF = ((3 - 1)x(4)) + ((3 - 1)x(3 - 1)x3)$$

$$DF = ((2)x(4)) + ((2)x(2)x3)$$

$$DF = 8 + 12$$

$$DF = 20$$

Considerando el resultado de los grados de libertad es igual a 20 se seleccionará el arreglo ortogonal (AO), L9 este arreglo consta de 9 filas y 4 columnas este será el arreglo seleccionado para el experimento.

La primera columna será asignada a la temperatura, la segunda columna al tamaño, la tercera columna a la posición y la cuarta columna al tiempo de cocción, todo esto se asignará en el arreglo ortogonal (AO) L9 que se muestra en la tabla 12.

Tabla XII.

Arreglo ortogonal con factores e interrelaciones asignadas a las columnas.

Prueba Número	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	2
6	2	3	1	1
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Arreglo ortogonal con factores e interrelaciones asignadas a las columnas.

En la tabla 13 se utilizará en las pruebas para realizar carbón de coco obteniendo como resultado su cantidad y su tiempo.

Tabla XIII.

Combinación de niveles y factores para el carbón de coco

Prueba Número	Temperatura °C	Tamaño	Posición	Tiempo de cocción (min)
1	250	5cm X 5cm	Uno junto al otro	15
2	250	Mitad de coco	Uno sobre el otro	20
3	250	5cm X 5cm	Uno sobre el otro	25
4	350	5cm X 5cm	Uno sobre el otro	25
5	350	Mitad de coco	Uno sobre el otro	20
6	350	Mitad de coco	Uno junto al otro	15
7	450	5cm X 5cm	Uno junto al otro	20
8	450	Mitad de coco	Uno junto al otro	25
9	450	5cm X 5cm	Uno sobre el otro	15

Combinación de niveles y factores para el carbón de coco

2.2 Modelo experimental

El modelo experimental se llevará a cabo mediante algunas pruebas que se ejecutaran a las cascaras de coco a diferentes temperaturas de manera sistemática y controlada, en los hornos, el modelo experimental se realizó mediante diferentes factores y niveles para así poder obtener datos que pueden ser analizados para sacar conclusiones sobre el fenómeno estudiado a continuación, se describen los elementos clave y los pasos típicos en la creación de un modelo experimental.

2.3 Proceso experimental

La figura 12 muestra los procesos del coco para poder transformarse en carbón

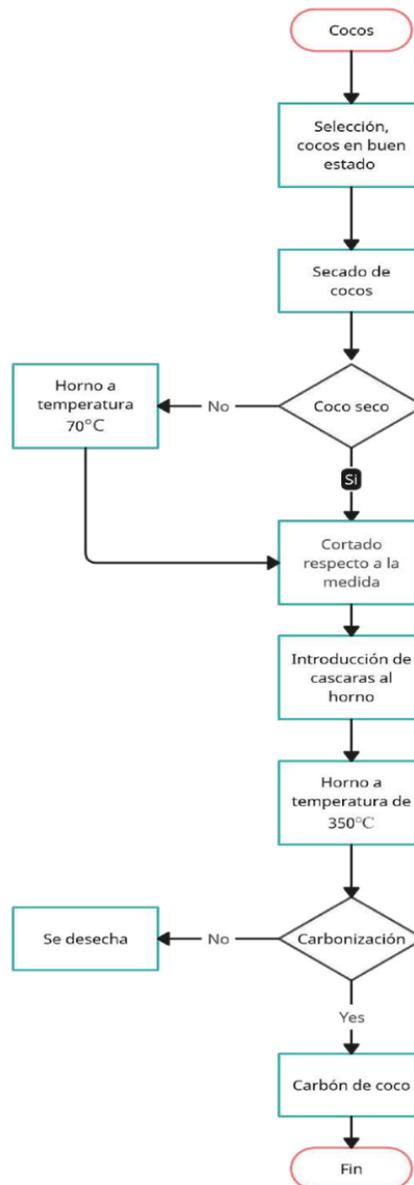


Figura 12. Proceso experimental

2.4 Análisis comparativo del modelo experimental

En la experimentación se utilizará una muestra de 5x5 con el adjetivo de ver eficiencia de carbonización comparada con la mitad del coco (20x30) que es una medida estándar ya que no siempre serán del mismo tamaño y para ver cuánto producto puede salir, comparando cual es la diferencia de tiempos que se manejaran al llegar a la temperatura que se necesita para la carbonización.

2.5 Análisis experimental

Tabla XIV.

Datos obtenidos a las temperaturas de 250 °C, 350°C y 450°C

Prueba Número	Peso total Seco (g)	Peso total carbonizado (g)	Temperatura (°C)	Poder calorífica
1	22	20	250	No enciende
2	80	70	250	No enciende
3	24	22	250	No enciende
4	16	10	350	Enciende- 320 °C
5	76	22	350	Enciende- 319 °C
6	58	24	350	Enciende- 315 °C
7	22	4	450	Enciende- 220 °C
8	123	22	450	Enciende- 250 °C
9	22	8	450	Enciende- 220 °C

Datos obtenidos a las temperaturas de 250 °C, 350°C y 450°C

Para el desarrollo del experimento se utilizaron 9 muestras, en la tabla 14 muestra los datos obtenidos al realizar las pruebas con las diferentes valores y posiciones para carbonizar las cascaras de coco a las temperaturas de 250_°C, 350_°C y 450_°C.

2.5.1 Selección de pruebas de carbonización

Se presenta en detalle los cuatro resultados del experimento que se realizó al carbonizar las cascaras de coco, se tomaron dos temperaturas de referencia que fueron de 250_°C, 350_°C y 450°C con diferentes formas de colocar en las bandejas del horno uno junto al otro y unos sobre el otro teniendo en cuenta las medidas que se trabajaron que fueron 5cm x 5cm y la mitad del coco con el objetivo de saber con cual método sacaremos más producto sin perder el poder calorífico

2.6 Carbonización de las cascaras de coco

En esta sección, se presentará en detalle las dos muestras que fueron escogidas para la parte experimental con una medida de 5cm x 5cm y la mitad de coco comparando las diferentes medidas de temperatura que se trabajaron, abordando las diferentes observaciones y características específicas, este análisis nos ayudará evaluando ambas propuestas.

Se tomará en cuenta las diferentes observaciones y de cuanto fue su consumo para que se realice carbón vegetal correctamente y la cantidad de producto que se podrá obtener con las diferentes temperaturas trabajadas.

En la figura 13 muestra los resultados de la carbonización de las cascaras de coco de tamaño 5cm x 5cm a una temperatura de 250_°C



Figura 13. Carbonización de las cascaras de coco a 250_°C

En la figura 14 muestra los resultados de la carbonización de las cascaras de coco de tamaño 5cm x 5cm a una temperatura de 350_°C



Figura 14. Carbonización de las cascaras de coco a 350_°C

En la figura 15 muestra los resultados de la carbonización de las cascaras de coco de tamaño 5cm x 5cm a una temperatura de 450_°C



Figura 15. Carbonización de las cascaras de coco a 450_°C

En la figura 16 muestra los resultados de la carbonización de las cascaras de coco a una temperatura de 250_°C



Figura 16. Mitad de coco a 250_°C

En la figura 17 muestra los resultados de la carbonización de las cascaras de coco a una temperatura de 350_°C



Figura 17. Mitad de coco a 350_°C

En la figura 18 muestra los resultados de la carbonización de las cascaras de coco a una temperatura de 450_°C



Figura 18. Mitad de coco a 450_°C

2.7 Análisis de los diferentes factores después de realizar carbón de coco

- Producto obtenido
- Desperdicio
- Poder calorífico

2.7.1 Producto obtenido

Es muy importante el producto obtenido al momento de realizar carbón de coco ya que es un tipo de carbón vegetal procedente de las cáscaras de coco a través de un proceso de carbonización, este carbón es altamente valorado por su alto contenido de carbón fijo, lo que le confiere un elevado poder calorífico, y su baja emisión de cenizas.

En este caso se tomaron dos muestras donde se pudo obtener mayor producto en la prueba de la mitad del coco, ya que al ser más grande la muestra solo disminuyo su grosor, y en la prueba realizada con la medida 5cm x 5cm se pudo identificar que ciertas partes se transformaron en cenizas.

En la figura 19 se puede observar el peso de las cascarras de coco seco y después el peso que se obtuvo mediante la carbonización.

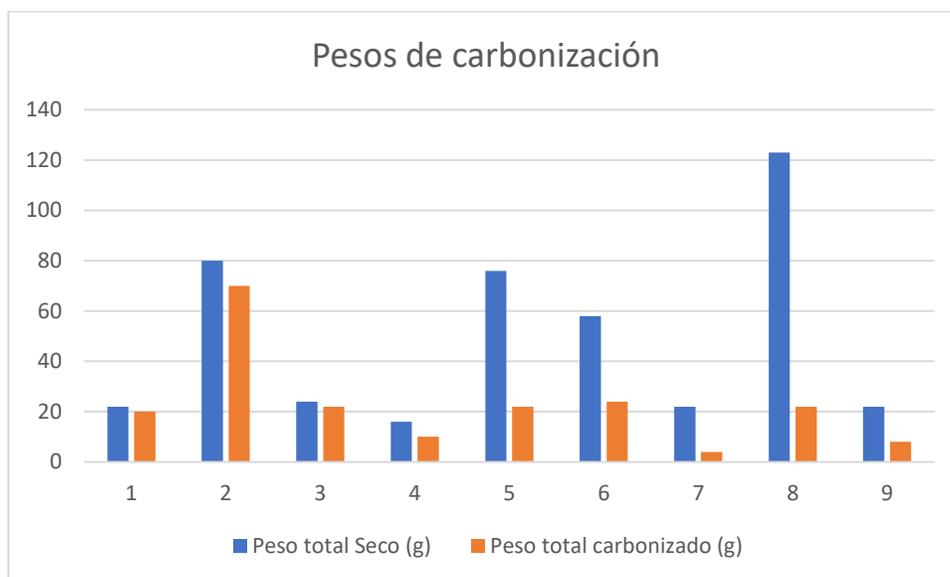


Figura 19. Pesos de carbonización

2.7.2 Desperdicio

En el contexto de la producción de carbón de coco, los desperdicios son los materiales residuales que no se convierten en carbón utilizable durante el proceso de carbonización. Estos desperdicios pueden incluir:

Cenizas, residuo inorgánico que queda después de la combustión de las cáscaras de coco, las cenizas generalmente representan un pequeño porcentaje del total de cáscaras utilizadas y son inertes.

Gases volátiles, durante la carbonización se liberan gases como metano, hidrógeno y otros compuestos orgánicos volátiles, estos gases pueden ser considerados desperdicios si no se capturan y reutilizan adecuadamente.

En las pruebas realizadas se obtuvo más desperdicios con la temperatura de 450 °C ya que se carbonizaban de más y por esto las cáscaras de coco se transformaban en cenizas, con la temperatura de 250 °C no se logró una carbonización por lo que no se obtuvo desperdicios y con la temperatura de 350 °C los desperdicios fueron mínimos no se observó cenizas por lo que se pudo decidir que esa es la temperatura adecuada.

En la figura 20 se muestra el análisis de temperatura versus peso

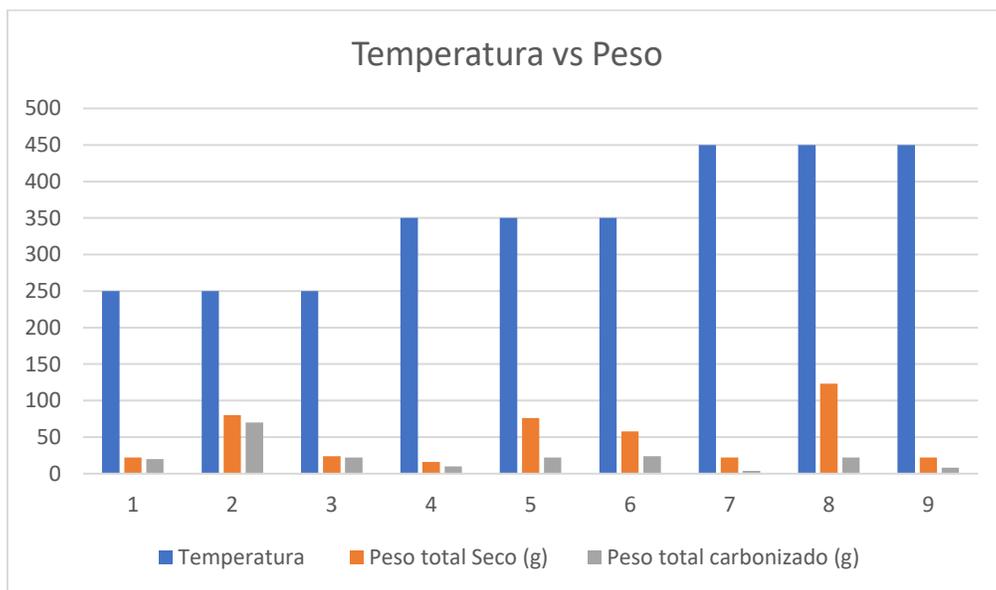


Figura 20. Temperatura vs peso

2.7.3 Poder calorífico

El poder calorífico del carbón de coco indica la cantidad de energía que puede producirse al quemar una cantidad específica de carbón, se mide usando un termómetro laser, en la cual se quema una muestra de carbón en un entorno controlado y mide la cantidad de calor liberado, donde se obtiene el contenido de cenizas producido.

Se realizó carbón de coco utilizando una temperatura de 350_ °C donde se pudo observar que estas muestras aún son sólidas y gracias a esto se pudo ejecutar la prueba del encendido, dando como resultado el encendido del carbón de una forma rápido, esto quiere decir que, si es un carbón bien realizado, en cambio con la temperatura de 450_ °C se obtuvo en su gran mayoría más cenizas que partes sólidas lo cual dificulto la prueba del encendido.

Con la temperatura de 250_ °C fue todo lo contrario no se llegó a carbonizar las cascaras lo que obstaculizo aún más la prueba del encendido, la cual no se prendió.

En la figura 21 se muestra el análisis de temperatura versus poder calorífico

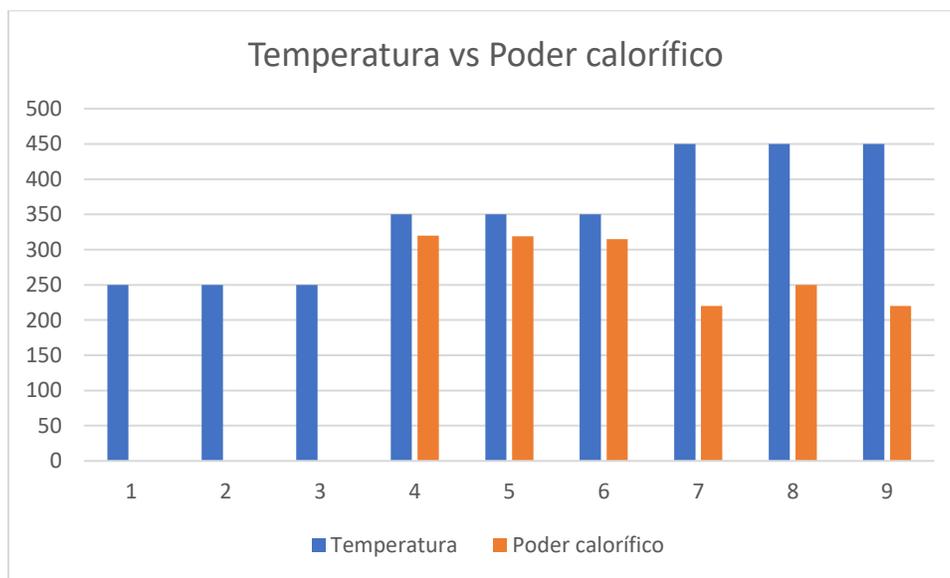


Figura 21. Temperatura vs poder calorífico

2.8 Selección de carbonización

Después de realizar las diferentes pruebas y observar los diagramas se pudo determinar mediante el método Taguchi que la opción a correcta a elegir es la prueba número seis la cual tiene un peso inicial de 58 g y su peso de carbonización es de 24 g, la temperatura es de 350°C dándonos a conocer que esa temperatura es la correcta y se utilizará en el horno industrial y su tiempo de carbonización es de 20 minutos.

2.9 Cálculos de la conservación de calor para el horno

Se realizaron los cálculos para la conservación de calor dentro del hornos con las dimensiones correspondientes.

Área

Ec. 4

$$Q(t) = hA(T(t) - T_{\infty})W$$

$$A = \frac{Q(t)}{h(T(t) - T_{\infty})}$$

$$A = \frac{1200W}{10 \frac{W}{m^2} * 335^{\circ}C}$$

$$A = 0.358m^2$$

Volumen

$$V = L * A * H$$

Ec. 5

$$V = 1.188 m * 0.812 m * 0.667 m$$

$$V = 0.643 m^3$$

Biot

$$Bi = \frac{hLC}{K}$$

Ec. 6

$$Bi = \frac{10 \frac{W}{m^2k} * 1.796 m}{350 k}$$

$$Bi = 0.051 \frac{W}{m}$$

Longitud

$$LC = \frac{V}{H}$$

Ec. 7

$$LC = \frac{0.643m^3}{0.358m^2}$$

$$LC = 1.796 m$$

Temperatura en las paredes

$$T = T_{\infty} + \theta(T_1 - T_{\infty})$$

Ec. 8

$$T = 15 + 0.4(350 - 15)$$

$$T = 149^{\circ}C$$

CAPITULO III

En este capítulo se presentará el diseño del horno utilizando un software CAD con su subdivisión de las partes del horno especificando las dimensiones en los planos con el material a utilizar con su respectivo estudio de costos de los materiales.

En Ecuador, el uso de hornos industriales para la producción de carbón vegetal es una práctica que se ha ido adoptando paulatinamente, aunque la producción artesanal sigue siendo común, el carbón se utiliza principalmente para la cocina, especialmente en parrillas, y también tiene aplicaciones industriales el uso de hornos industriales para la producción de carbón vegetal está en crecimiento.

3.1 Horno industrial

El diseño del horno industrial implica considerar las dimensiones de las partes del horno para la creación y adecuado uso previsto para la elaboración de carbón a partir de cascaras de coco, el horno está diseñado con acero galvanizado para garantizar la durabilidad.

En la figura 22 se muestra el diseño del horno industrial para la producción de carbón a partir de cáscaras de coco, este tipo de horno es utilizado en diferentes ramas de la industria, envolviendo a la parte minera para diferentes materiales, se utilizan para calentar, secar, fundir y endurecer.

En la tabla 15 tenemos las partes del horno industrial para la producción de carbón a partir de cascaras de coco.

Tabla XV.

Partes del horno

Partes del horno	Material
Horno de ladrillo	Ladrillo refractario
Cobertura metálica	Acero galvanizado
Parte inferior	Acero galvanizado
Puesta del horno	Acero galvanizado
Chimenea	Acero galvanizado
Resistencia	Componente eléctrico

Partes del horno

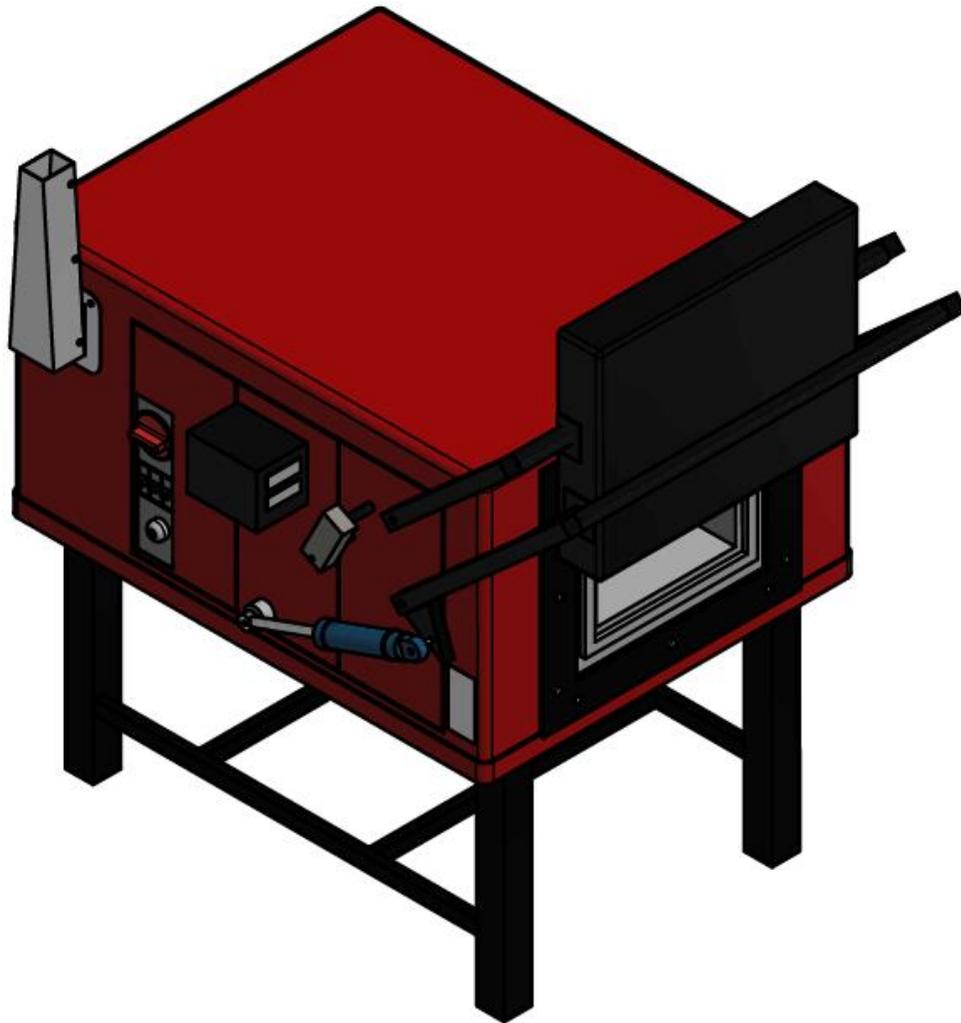


Figura 22. Diseño del horno industrial

3.1.1 Horno de ladrillo

Los hornos de ladrillos refractarios son ampliamente utilizados en aplicaciones industriales debido a su capacidad para soportar altas temperaturas y mantener una eficiencia térmica adecuada, en el contexto de la producción de carbón, un horno de ladrillos refractarios ofrece una solución robusta y duradera lo que los convierte en herramientas indispensables para una amplia gama de procesos industriales.

El diseño del horno está estructurado con ladrillo refractario que brinda un mejor manejo de calor, resistencia a altas temperaturas, aislamiento térmico y durabilidad, su diseño este hecho con pequeñas aberturas para la colocación de las resistencias correctamente.

El diseño del horno está formado por ladrillos refractarios que están colocados como en la tabla 16 muestra tomando como referencia el largo, ancho y longitud.

Tabla XVI.
Ladrillos en el horno

Parte del horno	Ancho x largo	Ladrillos
Pared inferior	486mm x 663mm	24
Pared superior	486mm x 663mm	24
Pared derecha	486mm x 663mm	24
Pared izquierda	486mm x 663mm	24
Pared del fondo	468mm x 486mm	14
Pared frontal	468mm x 486mm	8

Ladrillos en el horno

En el anexo 5 podemos observar las medidas de la estructura metálica con sus respectivas cotas, en la figura 23 muestra el horno de ladrillo refractario

En la figura 24 se hace el corte para visualizar donde se coloca la resistencia que tiene una abertura donde calzaría la resistencia correctamente.

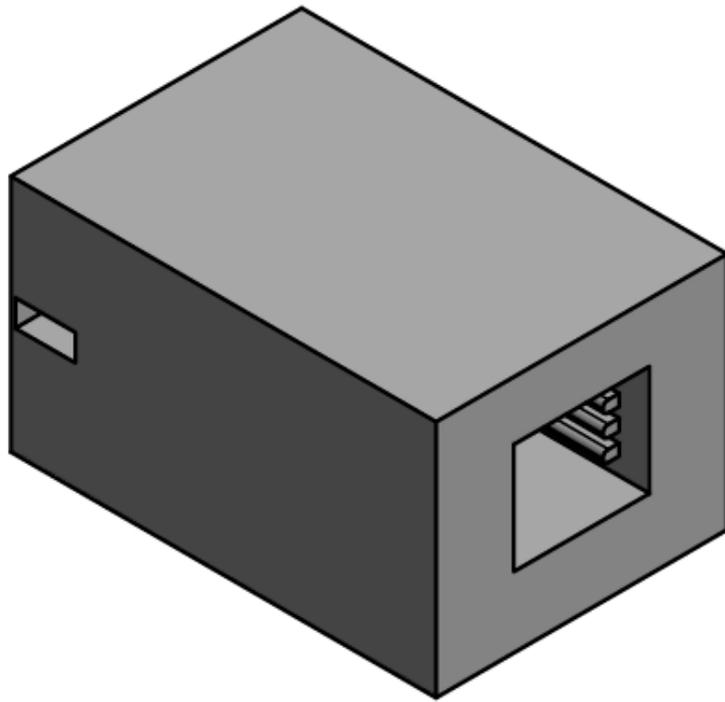


Figura 23. Horno de ladrillo

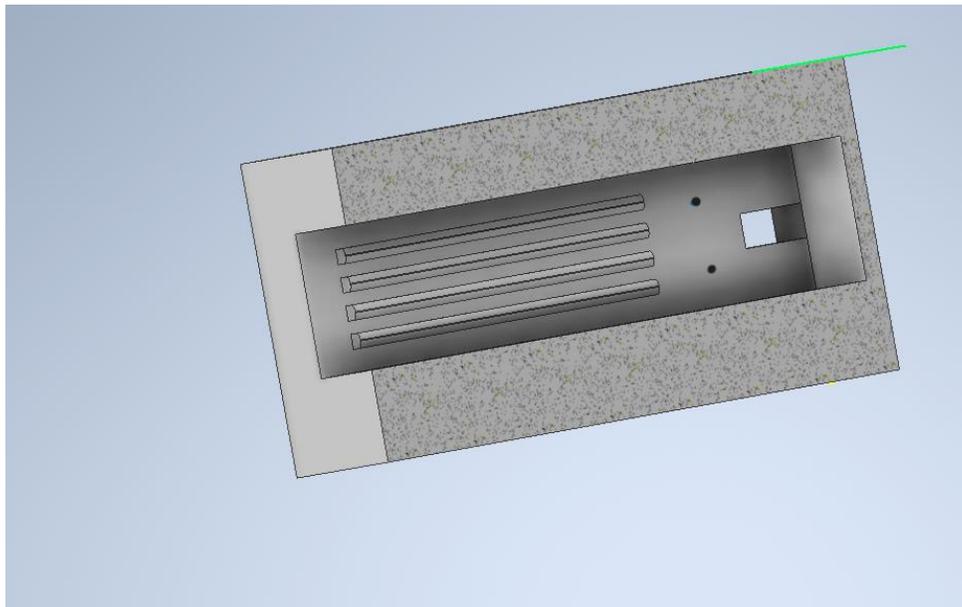


Figura 24. Corte donde ira la resistencia

3.1.2 Cobertura de metal

La estructura metálica del horno industrial para hacer carbón vegetal tiene varias funciones importantes que contribuyen a la eficiencia y efectividad del proceso de carbonización brindando un buen soporte y estabilidad al horno al realizar el trabajo de carbonización del producto brindando una buena distribución del calor.

En el anexo 1 podemos observar las medidas de la estructura metálica con sus respectivas cotas, en la figura 25 se muestra la cobertura metálica del horno industrial para realizar carbón a partir de cascaras de coco, esta estructura cubre a la parte de los ladrillos para brindar seguridad y resistencia al calor.

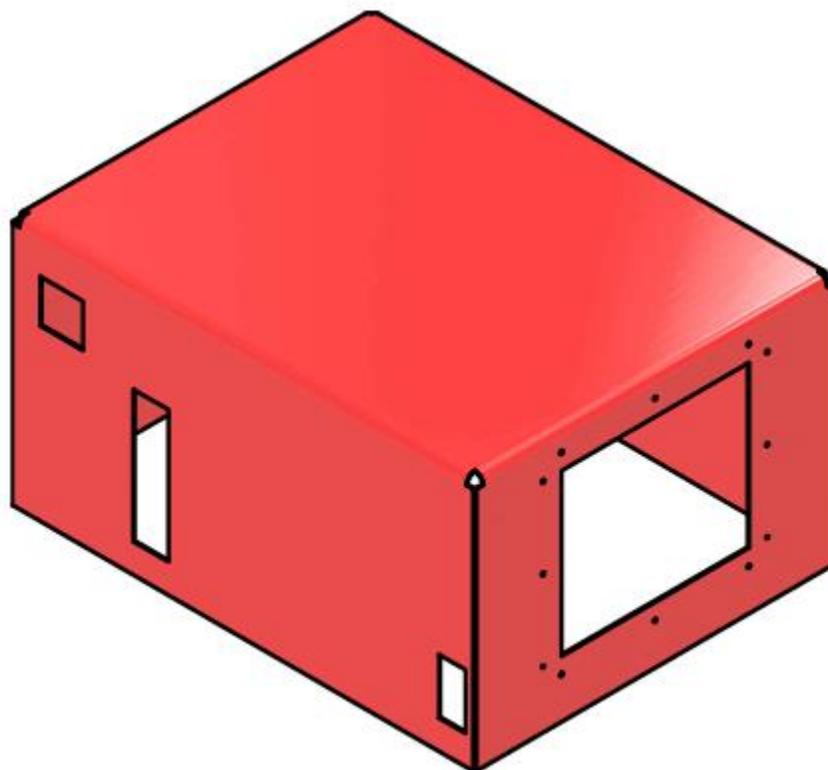


Figura 25. Cobertura principal

Se corta con una maquina a láser en las medidas correspondientes y se doblará con una prensa dobladora como se muestra en la figura 26.

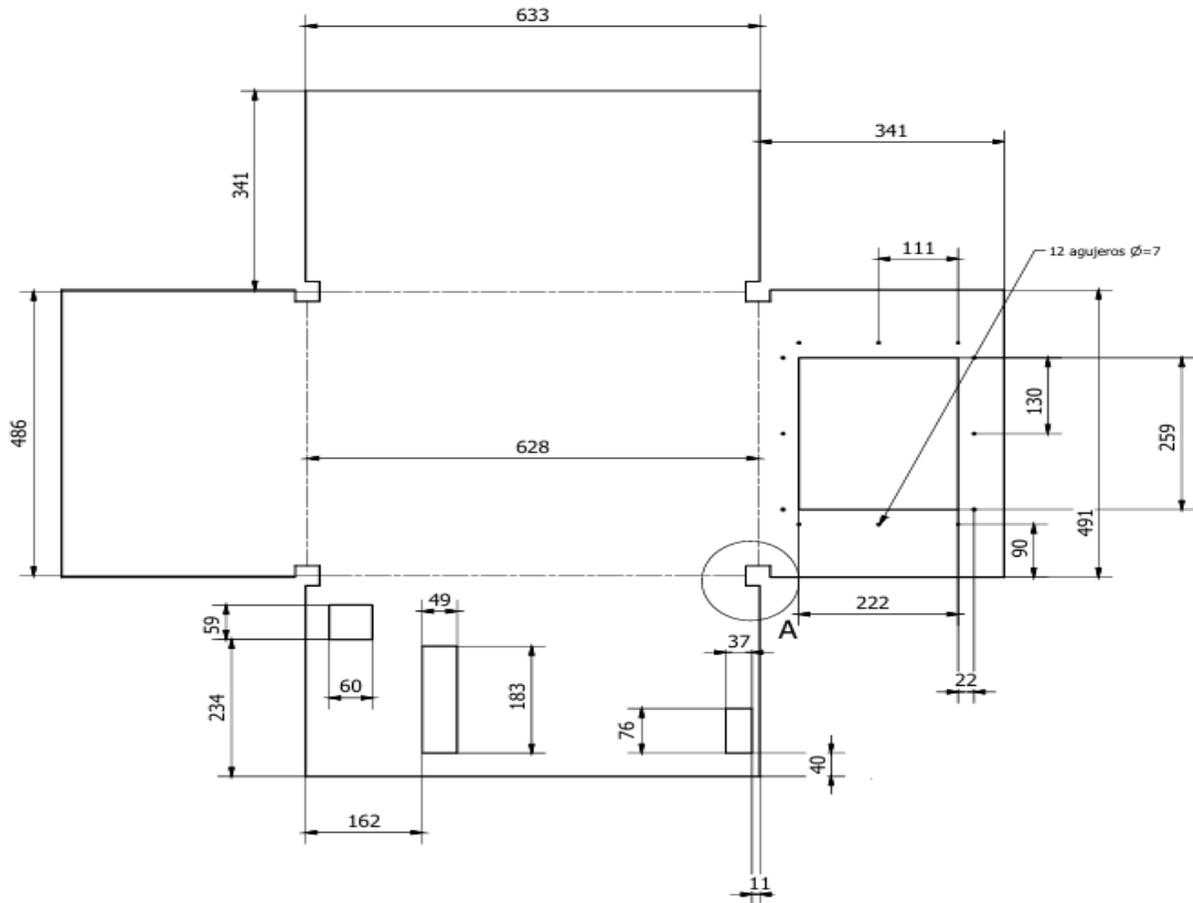


Figura 26. Desarrollo de cobertura de metal

3.1.3 Parte inferior

La estructura inferior de un horno industrial para la producción de carbón vegetal es una parte crucial del diseño, ya que debe soportar todo el peso del horno y sus contenidos, así como facilitar el flujo de aire, la eliminación de cenizas y minimizar la pérdida de calor teniendo

un soporte estable, un fácil acceso para el mantenimiento y una ventilación adecuada, asegurando años de uso confiable.

En el anexo 2 podemos observar las medidas de la parte inferior con sus respectivas cotas, en la figura 27 muestra parte inferior del horno que ira unida con la cobertura del horno metálico

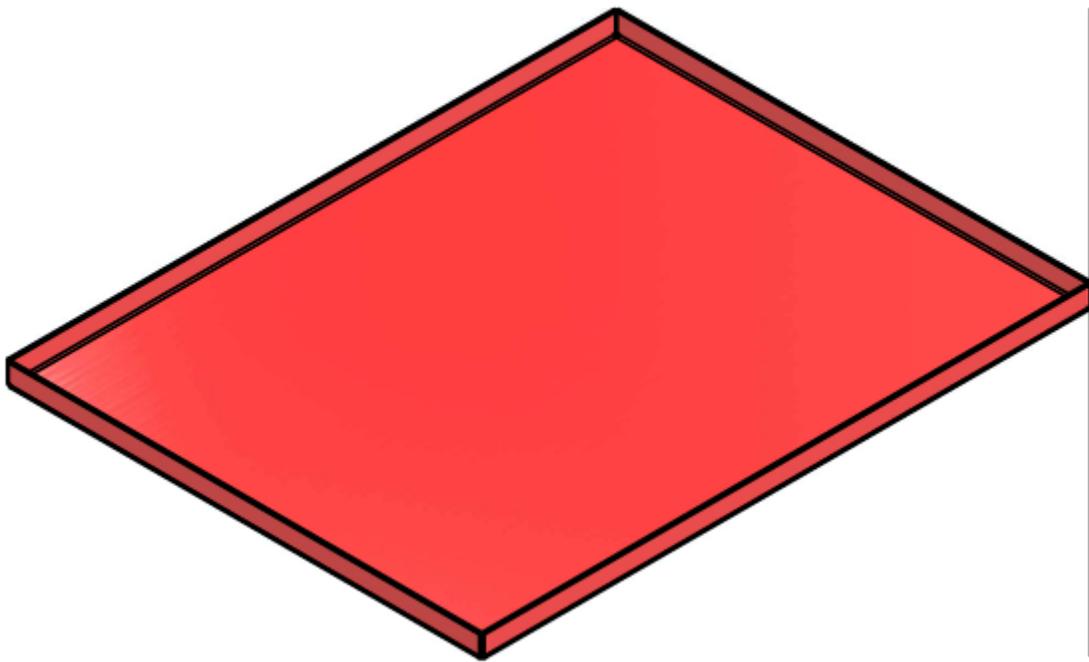


Figura 27. Parte inferior

Se corta con una maquina a láser en las medidas correspondientes y se doblara con una prensa dobladora como se muestra en la figura 28.

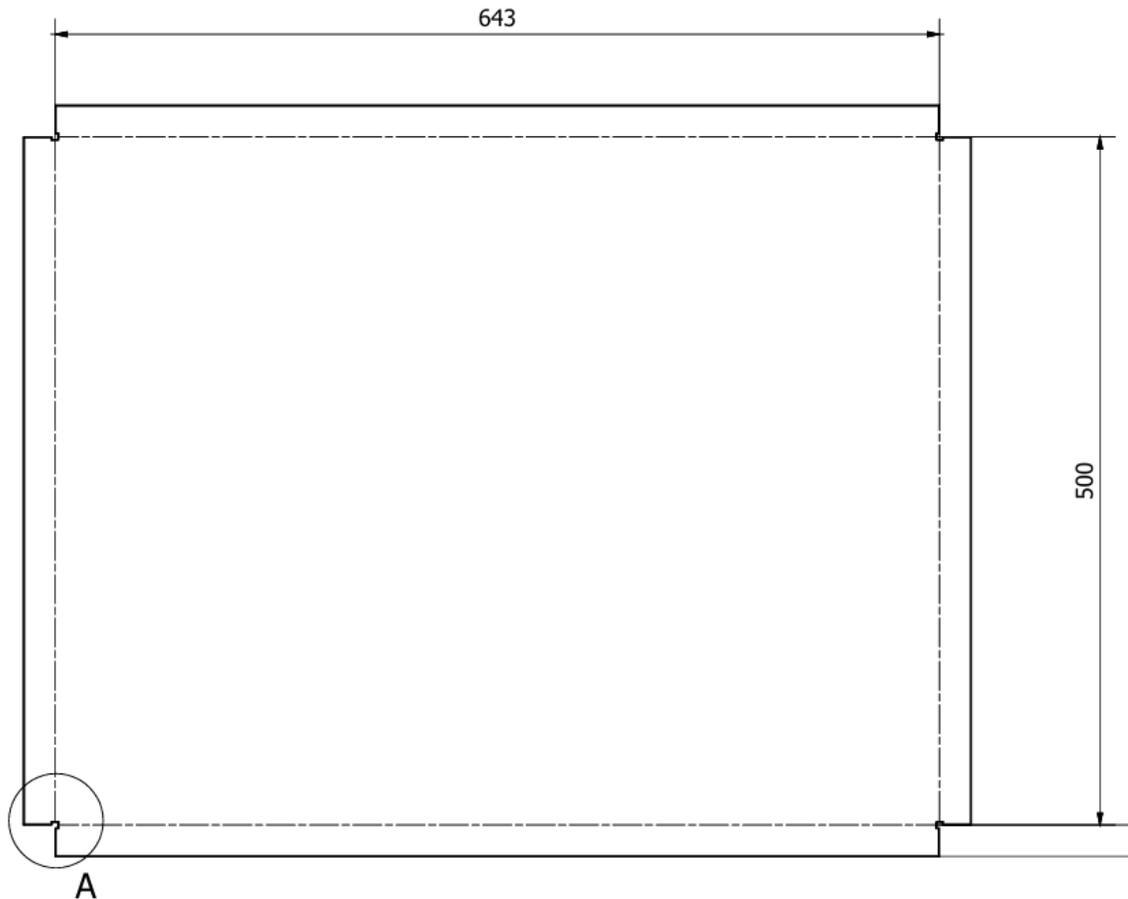


Figura 28. Desarrollo de la parte inferior

3.1.4 Puerta del horno

La puerta del horno industrial para la producción de carbón es crucial que permite el acceso al interior del horno para cargar la materia prima que sería en este caso las cascara de coco, ayuda a monitorear el proceso de carbonización y descargar el carbón producido, la puerta está diseñada para soportar altas temperaturas, proporcionar un buen sellado para controlar el flujo de aire con una abertura para la colocación de ladrillo refractario y correcta conservación de calor ,con la respectivo espacio para la colocación de pistón neumático.

El espacio dejado para la colocación de ladrillo refractario que están colocados como en la tabla 17 muestra tomando como referencia el largo, ancho de la abertura de la puerta del horno

Tabla XVII.

Ladrillos en el horno

Puerta del horno	Ancho x largo	Ladrillos
Abertura	441mm x 605mm	9

Ladrillos en la puerta del horno

En el anexo 3 podemos observar las medidas de la estructura metálica con sus respectivas cotas, en la figura 29 muestra la puerta del horno que va ser funcional con un pistón neumático.

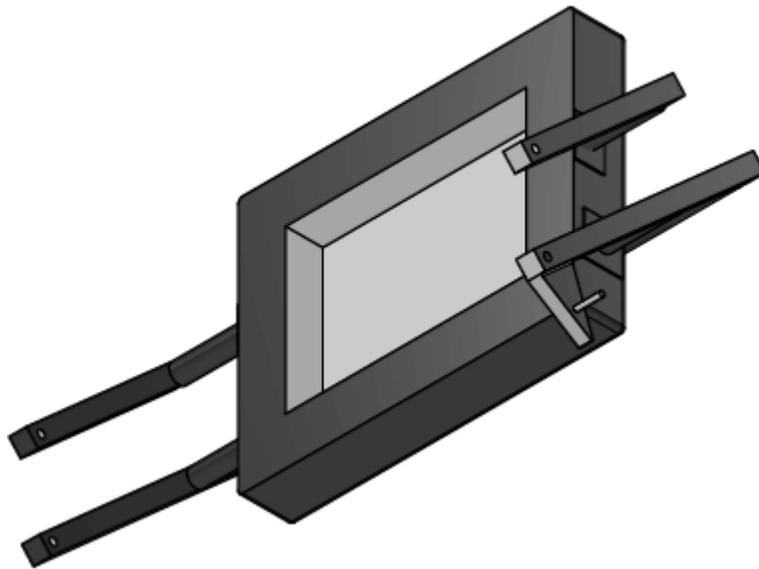


Figura 29. Puerta del horno

Se corta con una maquina a láser en las medidas correspondientes, se doblará con una prensa dobladora y soldado a tubos cuadrados como se muestra en la figura 30.

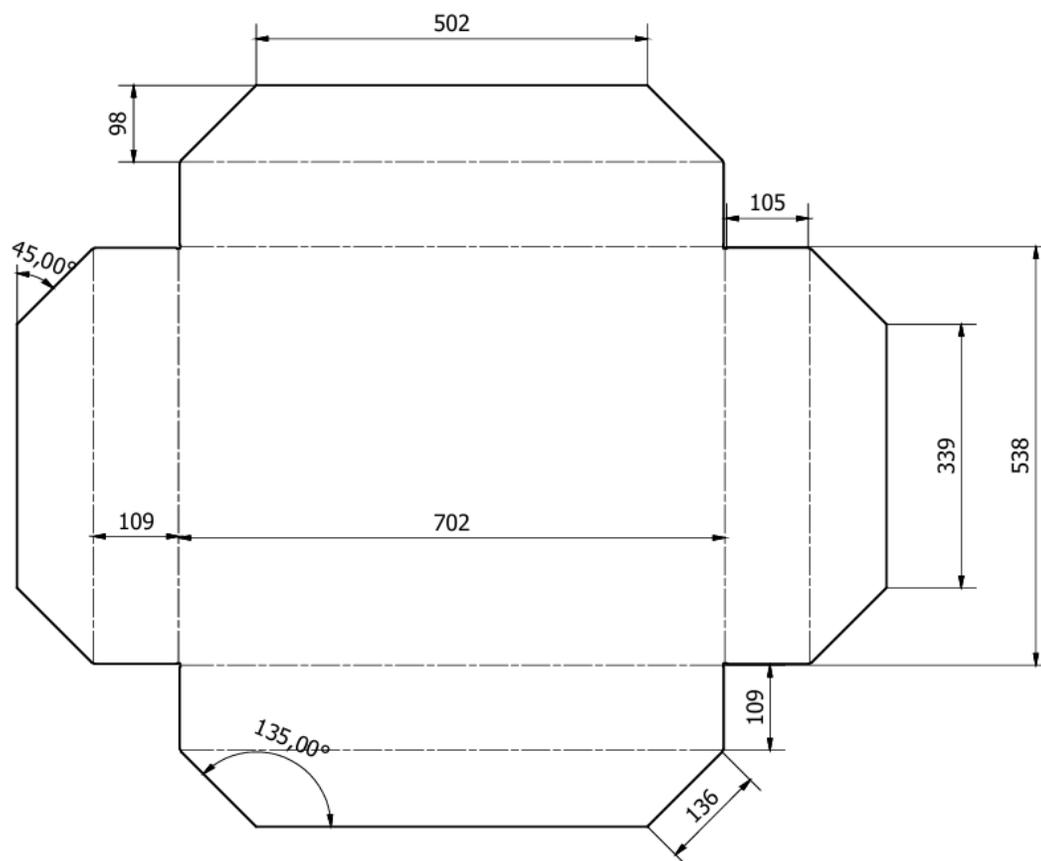


Figura 30. Desarrollo de puerta del horno

3.1.5 Chimenea

La chimenea del horno industrial para la producción de carbón vegetal es una componente clave que permite la evacuación de gases y vapores producidos durante el proceso de carbonización, su diseño y funcionamiento es crucial para la eficiencia del horno y la calidad del carbón producido, la función principal es expulsar los gases de combustión generados durante el proceso de cocción hacia la atmósfera, evitando que se acumulen dentro del horno.

La chimenea será construida con metal galvanizado para evitar que se oxide y la salida del humo sea de una manera fácil.

En el anexo 4 podemos observar las medidas de la estructura metálica con sus respectivas cotas, en la figura 31 muestra la chimenea del horno.

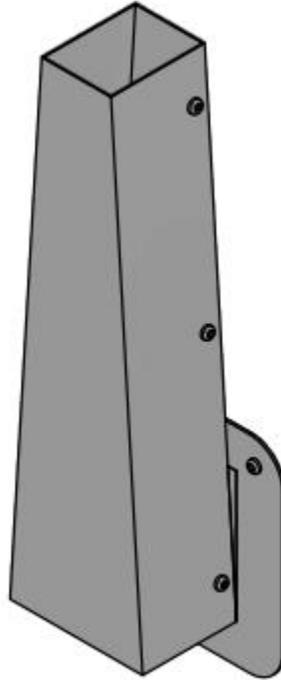


Figura 31. Chimenea

Se corta con una maquina a láser en las medidas correspondientes, se doblará con una prensa dobladora y soldada a un cuadro de metal galvanizado como se muestra en la figura 32.

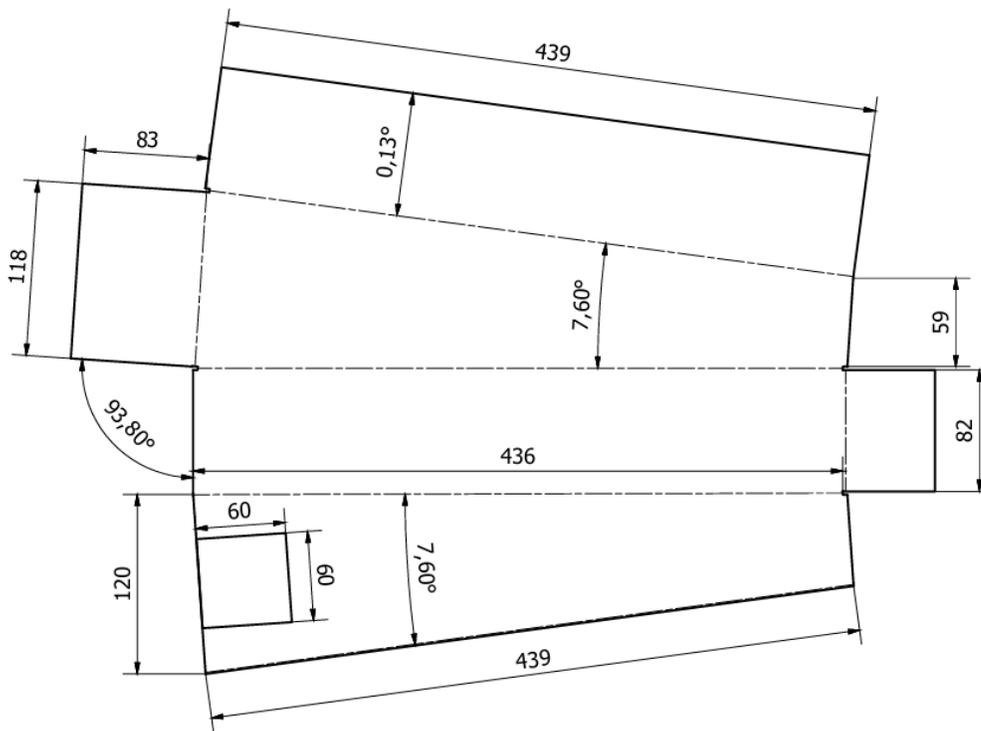


Figura 32. Desarrollo de la chimenea

3.1.6 Resistencia

La resistencia de un horno industrial es un componente crucial que determina su capacidad para generar y mantener calor, en un horno industrial, la resistencia se refiere a los elementos calefactores que convierten la energía eléctrica en calor, estos elementos son esenciales para procesos industriales que requieren temperaturas elevadas, como una resistencia de 1200W , 220V espirales 1 L 395mm An 220mm H 24mm empalme M4 tubo \varnothing 8mm que son más utilizadas en hornos para una mayor capacidad de calor y eficiencia energética.

En el anexo 6 podemos observar las particularidades de la resistencia, en la figura 33 se da a conocer el prototipo de la resistencia que se utiliza para el horno.

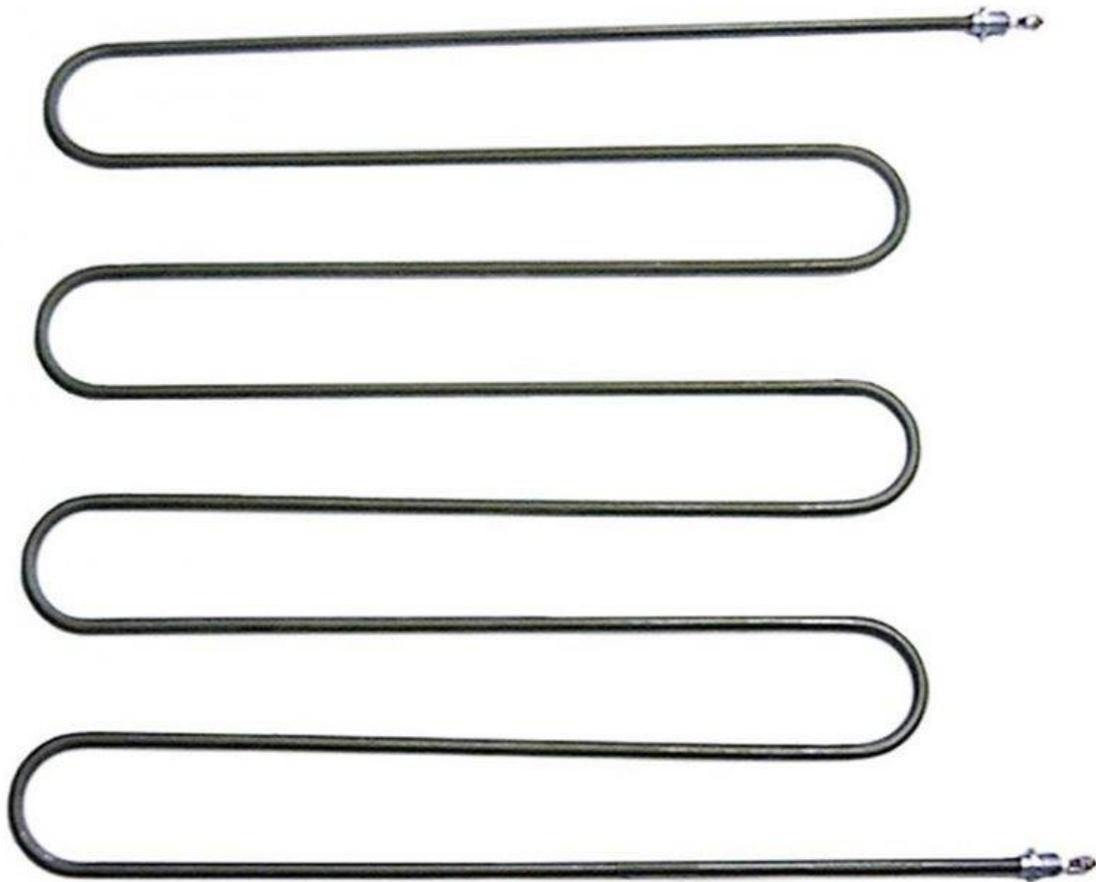


Figura 33. Resistencia

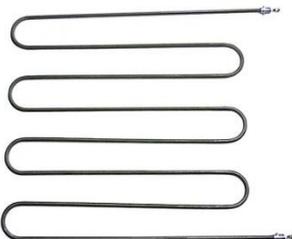
3.1.7 Circuito

El cableado de un horno industrial para producir carbón debe ser cuidadosamente diseñado y ejecutado para asegurar un funcionamiento seguro y eficiente, aquí se describen los componentes eléctricos y el cableado necesario para un horno industrial

En la tabla 18 muestra los componentes eléctricos que se utilizara en el diseño del horno

Tabla XVIII.

Componentes Eléctricos

Componentes	Características	Imagen
Resistencias Calefactoras	Proporcionan el calor necesario para el proceso de carbonización. Necesitan cables de alta temperatura y adecuada capacidad de corriente.	
Controlador de Temperatura	Regula y mantiene la temperatura dentro del horno. Conectado a las resistencias y a los sensores de temperatura.	
Termocupla	Mide la temperatura interna del horno y envía señales al controlador de temperatura. Necesita cables específicos para termocuplas (normalmente compensados).	

**Medidor
de Temperatura**

de Muestra la temperatura interna del horno en tiempo real.
Conectado al controlador de temperatura y la termocupla.



Interruptor Principal

Permite encender y apagar el sistema eléctrico del horno.
Debe ser fácilmente accesible y claramente etiquetado.



Fusibles o Disyuntores

Protegen el circuito eléctrico de sobrecargas y cortocircuitos.
Seleccionados según la carga total del sistema.



Tablero de Control

Centraliza todos los componentes de control y monitoreo del horno.
Incluye interruptores, indicadores y otros controles.



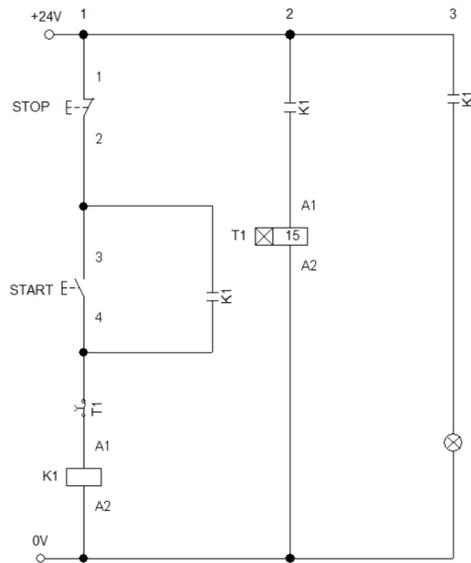


Figura 34. Simulación del circuito apagado

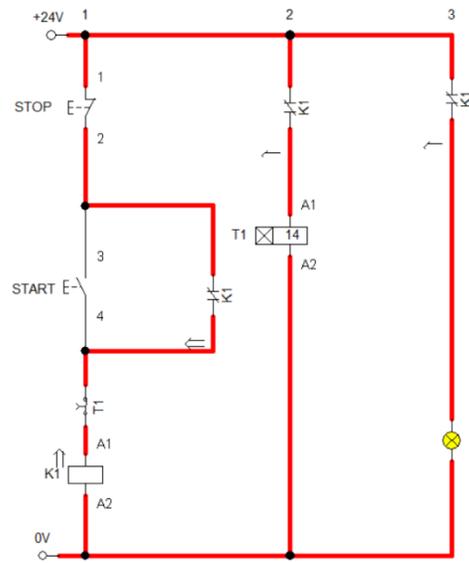


Figura 35. Simulación del circuito prendido

En la figura 34 y 35 muestra la simulación del circuito que hace referencia del encendido.

3.2 Análisis económico del horno

El siguiente paso es realizar un análisis económico después de terminar el diseño del horno industrial con sus cálculos correspondientes. Un análisis económico bien elaborado ayudará a la toma de decisiones informadas sobre su adquisición y operación, además, este análisis financiero proporcionará información esencial para resolver la viabilidad y rentabilidad de la inversión del horno.

3.3 Materiales del diseño

Con base en el diseño propuesto, se identifican los elementos necesarios, entre los cuales se incluyen el acero. La tabla 19 presenta la cantidad y los costos de los respectivos materiales.

Tabla XIX.

Lista de materiales con sus respectivos costos

Elemento	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total
Acero galvanizado	Planchas de acero galvanizado	6	145	870

	(1220 x 2440) mm para paredes y base del horno			
Ladrillos Refractarios	Ladrillos para el revestimiento interior 900 g	127	1.50	190.5
Remaches	Elementos de fijación	35	0.25	8.75
Pintura	Recubrimiento protector	2	7.15	14.30
Medidor de temperatura	Termómetro	1	6	6
		Total	159.90	1089.55

Lista de materiales con sus respectivos costos

3.4 Costos de fabricación

La información que se da a conocer en este apartado sobre la lista de costos ha sido seleccionada mediante cotizaciones a diferentes empresas que se dedican a vender o prestar sus servicios para poder crear el horno.

3.4.1 Máquina de corte a láser

En la tabla 20 se indica el costo del corte a láser de las diferentes planchas de acero

Tabla XX.

Costos de corte a láser

Material Cortado	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
Planchas de acero	180 minutos	4 dólar el minuto	720

Costos de corte a láser

3.4.2 Mano de obra para la construcción del horno de ladrillos

En la tabla 21 se detalla el costo de la mano de obra de la construcción del horno de ladrillos

Tabla XXI.

Costos de los elementos de la construcción del horno de ladrillos

Elementos	Cantidad	Precio (USD)	Unitario	Precio Total (USD)
Mano de obra para la colocación de los ladrillos en el horno	2	35 / día		70

Costos de los elementos de la construcción del horno de ladrillos

3.5 Mantenimiento

El mantenimiento de un horno es una tarea esencial que garantiza su eficiencia y prolonga su vida útil. Este mantenimiento incluye varias actividades claves como la limpieza regular para remover residuos, inspección y reemplazo de ladrillos refractarios que se hayan desgastado, y la revisión del sistema de aislamiento térmico para asegurar que no haya pérdidas de calor.

También implica la lubricación y ajuste de componentes móviles y la verificación del sistema de evacuación de humos para evitar obstrucciones. Además, es importante realizar un mantenimiento preventivo para identificar y solucionar problemas menores antes de que se conviertan en fallas mayores. En la tabla 22 se presenta los distintos elementos que se debe de tomar en cuenta para un buen manteniendo.

Tabla XXII.

Lista de elementos que se necesitan para el mantenimiento con sus costos

Elemento	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Herramientas de limpieza	Cepillos de alambre	2	2.50	5
Productos de limpieza	Detergentes especiales para	1	2.50	2.50

	la limpieza de residuos			
Repuestos de aislamientos	Material adicional para reemplazar las partes desgastadas del aislamiento	10	1.50	15
Repuestos de pernos y tuercas	Elementos de fijación	7	0.25	1.75
	Total		6.75	24.25

Lista de elementos que se necesitan para el mantenimiento con sus costos

3.6 Costos directos

Al obtener una cotización más precisa de los elementos y costos de producción, se puede aproximar al costo del horno industrial en este contexto. Los costos directos se refieren a la estructura finalizada. En la tabla 23 se muestran los gastos directos.

Tabla XXIII.

Gastos directos de producción

Costos directos	Precio (USD)
Materiales	1089.55
Máquina de corte laser	720
Mano de obra de construcción del horno	70
Mantenimiento	24.25
Total	1903.80

Gastos directos de la producción

3.7 Costos indirectos

Con respecto a los gastos que no forman parte de la producción del horno industrial, los costos indirectos juegan un papel esencial en el proceso de concepción y finalización.

En la tabla 24 se mencionan los valores agrupados a la propuesta del horno

Tabla XXIV.
Gastos indirectos de producción

Costos indirectos	Precio (USD)
Movilización	70
Diseño general	100
Costos varios	20
Total	190

Gastos indirectos de producción

3.8 Costo total

Una estimación del costo de producción del horno industrial para la elaboración de carbón a base de cascara de coco se puede obtener al sumar los costos directos e indirectos relacionados con el diseño. En la tabla 25 se indica el monto total que se destinaría para la elaboración.

Tabla XXV.
Gastos totales para la producción

Costo total	Precio (USD)
Costos directos	1903.80
Costos indirectos	190
Total	2093.80

Gastos totales para la producción del horno

3.9 El VAN y el TIR

Al aplicar la ecuación del capítulo 1 se debe encontrar el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) que se muestra en la tabla 26.

Tabla XXVI.

Valores para obtener el VAN Y TIR

	Inversión	Flujos Netos Efectivo (FNE)				
Periodos =	0	1	2	3	4	5
FNE Actual =	-2093.80	600	750	910	1080	1260
$(1 + i)^n =$		1.15	1.32	1.52	1.75	2.01
FNE Actual =	-2093.80	521.7391	567.1078	598.3398	617.4935	626.4427

Valores para obtener el VAN Y TIR mediante sus fórmulas

La tabla 27 indica la tasa de descuento que se utilizará y los resultados obtenidos del VAN Y TIR

Tabla XXVII.

Resultados del VAN y TIR

Tasa de descuento (i) =	15%
VAN =	837.32
TIR =	29%

Resultados del VAN y TIR

En la tabla 28 se menciona los diferentes valores del VAN con su tasa de descuento para poder identificar entre qué valores se encuentra la TIR y además ayuda con datos para la gráfica

Tabla XXVIII.

Tabla de valores del VAN

Tasa de descuento	VAN
0%	2506.20
10%	1275.20
20%	480.85
30%	-56.78
40%	-435.53
50%	-711.58

Tabla de valores del VAN

En la figura 36 se identifica el valor de TIR

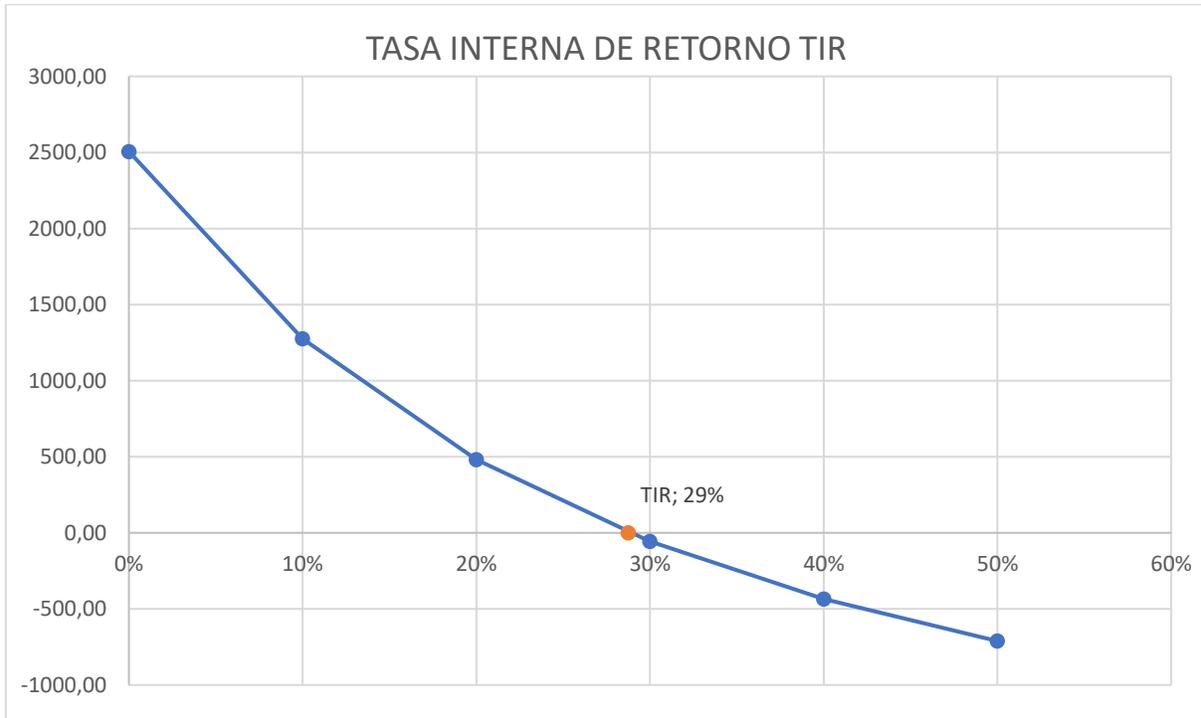


Figura 36. Grafica de los Resultados del VAN Y TIR

Si $VAN > 0$ el proyecto es factible, si $VAN < 0$ el proyecto no es factible, con los resultados obtenidos podemos indicar que $837.32 > 0$, esto dice que el proyecto es factible.

Si $TIR > i$ el proyecto es factible, si $TIR < i$ el proyecto no es factible, con los resultados obtenidos podemos indicar que $29\% > 15\%$, esto dice que el proyecto es factible.

3.10 Análisis de la matriz de Leopold del diseño y producto

Se realizó la calificación del diseño con respecto al producto del carbón a partir de cascara de coco con la matriz de Leopold la interpretación implica analizar y comprender los impactos ambientales del proyecto, utilizando las calificaciones asignadas a la magnitud e importancia de cada impacto con una calificación negativa y positiva respecto a los resultados obtenidos.

En la figura 37 podemos observar interpretación de la calificación de la matriz de Leopold

Calificación negativa			
Irrelevantes	0		-25
Moderados	-25		-50
Severos	-50		-75
Críticos			> -75
Calificación positiva			
Poco importante	0		25
Importante	25		50
Muy importante			> 50

Figura 37. Calificación de la matriz de Leopold

En la tabla 28 podemos observar la matriz de Leopold del diseño del horno con respecto al producto obtenido del carbón de cascaras de coco

Tabla XXIX.
Matriz de Leopold

diseño de un horno industrial		Diseño	Construcción	Operación						
carbonización de cascaras de coco		Estudios de factibilidad	Perforaciones	Revestimiento	Movilidad	Mantenimiento	Afectaciones		Total Afecciones	Agregado del Impacto
Factores ambientales							+	-		
Agua	Calidad del agua	3	0	-7	-5	-3	1	3	5	-12
		2	-2	2	2	-2				
Atmósfera	Calidad del aire (gases, partículas)	-5	-2	4	4	6	3	2	5	3
		5	5	2	3	3				
Procesos	Erosión	5	0	5	2	2	4	0	5	43
		2	0	3	4	5				
Procesos	Estabilidad de taludes (deslizamientos)	0	1	2	-1	-1	2	2	5	4
		1	2	2	1	1				
Flora	Microflora	-1	2	-3	-2	-3	1	4	5	-10
		1	1	2	1	1				
Fauna	Animales terrestres, incluyendo reptiles	3	2	4	3	3	5	0	5	24
		2	1	1	3	1				
Interés estético y humano	Diseño del paisaje	1	4	2	1	-2	4	1	5	8
		1	1	2	1	1				
Interés estético y humano	Condiciones físicas únicas	3	-3	3	2	2	4	1	5	9
		2	2	1	2	1				
Aspectos culturales	Empleo	4	5	5	7	3	5	0	5	99
		1	5	5	6	1				
Facilidades y actividades humanas	Red de transporte	1	3	3	7	-2	4	1	5	53
		1	2	2	6	1				
Afectaciones	+	7	6	8	7	5	33	14	50	221
	-	2	2	2	3	5	14			
Total de afectaciones		10	10	10	10	10	50			
Agregado del impacto		8	25	49	105	34	221			

Al realizar la matriz Leopold tenemos una calificación de 221 que es importante para el medio ambiente con un notación positiva ya que no tiene un efectos negativos en la flora ni fauna, el carbón a partir de cascara de coco no tiene un impacto negativo, ya que el producto se hace a partir residuos de un producto del coco, no tenemos la necesidad de talar árboles para la producción del producto.

Conclusiones

- La carbonización de las cáscaras de coco es esencial para una buena producción de carbón la carbonización convierte las cáscaras de coco en carbón, las calienta y reduce los desechos el uso industrial y doméstico es posible con los métodos correctos de secado y carbonización
- La utilización de cáscaras de coco para producir carbón vegetal tiene beneficios ambientales significativos este proceso no solo ayuda a reducir la deforestación al disminuir la dependencia de la madera para la producción de carbón, sino que también promueve la sostenibilidad al reutilizar residuos agrícolas, además, la implementación de hornos industriales eficientes y el uso de técnicas adecuadas de carbonización pueden reducir las emisiones de gases y mejorar la calidad del aire.
- El experimento de Taguchi ha logrado mejorar el proceso de carbonización de las cáscaras de coco, lo que ha permitido mejorar la eficiencia operativa, mediante experimentación sistemática y controlada, se descubrió que las mejores combinaciones de temperatura, tamaño, posición y tiempo de cocción producían más carbón con mejores propiedades de calentamiento, este método no sólo facilita el proceso, sino que también garantiza la calidad y consistencia del carbón producido.
- El análisis comparativo de los diferentes modelos experimentales mostró que las temperaturas más altas (350°C y 450°C) son más efectivas para la carbonización completa de las cáscaras de coco, en comparación con temperaturas más bajas (250°C), además, se encontró que la posición y el tamaño de las cáscaras también influyen significativamente en el rendimiento y la calidad del carbón obtenido, estos hallazgos proporcionan una base sólida para la implementación de mejoras en el diseño y operación de hornos industriales para la producción de carbón de coco .

- La matriz de Leopold proporciona una visión clara y estructurada de los impactos ambientales de un proyecto, la interpretación cuidadosa de las calificaciones de magnitud e importancia ayuda a identificar los impactos más críticos, priorizar acciones de mitigación y promover un desarrollo más sostenible.
- La carbonización de las cáscaras de coco a través de la perforación y la cubierta tiene un impacto negativo significativo en la biodiversidad, como lo demuestra la matriz Leopold, el proyecto resulta en el crecimiento del empleo y la infraestructura de transporte se mejora, la sostenibilidad es un factor clave en un proyecto de desarrollo sostenible, y significa implementar medidas de mitigación específicas, como el control de emisiones y técnicas de conservación, y un plan integral de gestión ambiental que monitorea y minimiza los impactos dañinos a lo largo del proyecto.
- La fabricación de un horno industrial para la producción de carbón a partir de cáscaras de coco puede ser altamente eficiente energéticamente si se diseñan adecuadamente los sistemas de combustión y aislamiento térmico, con un buen diseño se minimizan las pérdidas de calor y se maximiza el aprovechamiento energético de la materia.
- La calidad del carbón producido depende en gran medida del control de temperatura y del tiempo de carbonización, teniendo un buen diseño y materiales de alta calidad se permite un control preciso de estos parámetros, asegurando la producción de un carbón de alta calidad con buenas propiedades.
- Al utilizar cáscaras de coco, un residuo agrícola como materia prima para producir carbón es sostenible, incrementa el valor de un subproducto que podría desecharse, y contribuye a disminuir la deforestación al ofrecer una alternativa al uso de leña.

Recomendaciones

- Implementar sistemas avanzados de monitoreo y control es fundamental para mantener un proceso de pirólisis óptimo estos sistemas deben incluir sensores para medir la temperatura y controles automáticos que ajusten las condiciones de operación según sea necesario.
- Al realizar pruebas de carbonización, se determinó que la temperatura adecuada para realizar carbón sin generar muchos desperdicios es de 350°C, esto resulta en un carbón de excelente calidad y con un encendido rápido.

- Se recomienda seguir utilizando el diseño experimental Taguchi para futuras optimizaciones esto incluye experimentar con diferentes variables para identificar mejoras adicionales en el proceso de carbonización y en la eficiencia del horno.
- La fabricación de un horno industrial para la producción de carbón a partir de cáscaras de coco puede ser altamente eficiente energéticamente si se diseñan adecuadamente los sistemas de combustión y aislamiento térmico minimizar las pérdidas de calor maximiza el aprovechamiento energético de la materia y implementar un plan integral de gestión ambiental que monitoree y minimice los impactos negativos a lo largo del proyecto es crucial esto incluye medidas específicas de mitigación, como el control de emisiones y técnicas de conservación .
- Implementar sistemas avanzados de monitoreo y control es fundamental, estos sistemas deben incluir sensores para medir la temperatura, así como controles automáticos que ajusten las condiciones de operación para mantener un proceso de pirólisis óptimo.
- Colocar le horno en lugares abiertos o cerca de extractores de olores, porque si emite cantidades moderadas de humo, pero para lugares cerrados afectaría mucho a sus operarios.
- Al realizar cuatro pruebas de carbonización con cascaras de coco, se pudo determinar que la temperatura adecuada para realizar carbón y que no se obtengan tantos desperdicios en un horno industrial es de 350 °C, dándonos como resultado un excelente carbón y con un encendido de manera rápida

Anexos

 **ESTRUCTURAS METALICAS**
DISEÑO - CALCULO - CONSTRUCCION

Oficina: Pisco Colón Est-47 y de las Torradas, El Inca Teléfono: 3260-729 3261-977 Quito-Ecuador

COTIZACIÓN

Fecha : 2024-06-07

Cliente : Michael Gahona teléfono : 0983522322

Vendedor : Oficina

Concepto : Precios de corte en láser

Cantidad	Descripción	Velocidad (m/min)	Precio Unitario	Precio Total
1	Corte en Pi en acero galvanizado	2.5	4	4
1	Plancha de acero galvanizado		145	145

Nota: Los valores del corte en láser son un valor referencial por metro lineal.

Atentamente,

CONSTRUCTORES
GÁLVEZ BARRÓN C.A. LTDA.
Imacac Constructores
RUC: 1790000000001

Anexo 1. Cotización de la plancha metálica galvanizada y corte láser

Enviada por:	Solicitada por:	Datos cotización
Phillps Construcción La Argelia Gabriel Solorzano gsolorzano20@gmail.com 0989884420	Cristian Caiza 1725778367 La Argelia ccaizac2@est.ups.edu.ec Cristian Caiza cristiancaiza21@gmail.com 0988968207	Nº cotización: 001 Divisa: USD Fecha: 2024-07-09 Validez oferta: Forma de pago: Efectivo

Items	Cant.	Precio	Desc.	Total
Construcción Horno de Ladrillo	2	35	%	70

Totales	
Subtotal	70
Impuesto	0%
Total	70

Notas
Realizar horno de ladrillo

Condiciones
El cliente entrega 118 ladrillos refractarios para la elaboración

Anexo 2. Cotización de los trabajos para la construcción del Horno de ladrillo



De Dirección
Rhino Materiales Av. Maldonado y Moraspongo

Correo electrónico
Número telefónico
0988964521

Para
Cristian Caiza

Dirección
La Argelia

Correo electrónico
cristiancaiza21@gmail.com
Número telefónico
0988968207

Cotización #01
Este recibo es solo una cotización

Fecha
6/24/2024

Concepto	Cantidad	Impuesto	Precio	Importe
Ladrillos Refractario 900 g	30	-	\$1.50	\$45.00
Notas adicionales:		Subtotal		\$45.00
Refractario Ladrillo 900 grados		Total		\$45.00

Anexo 3. Cotización de Ladrillos refractarios

resistencia 1200W 220V espirales 1 L 395mm

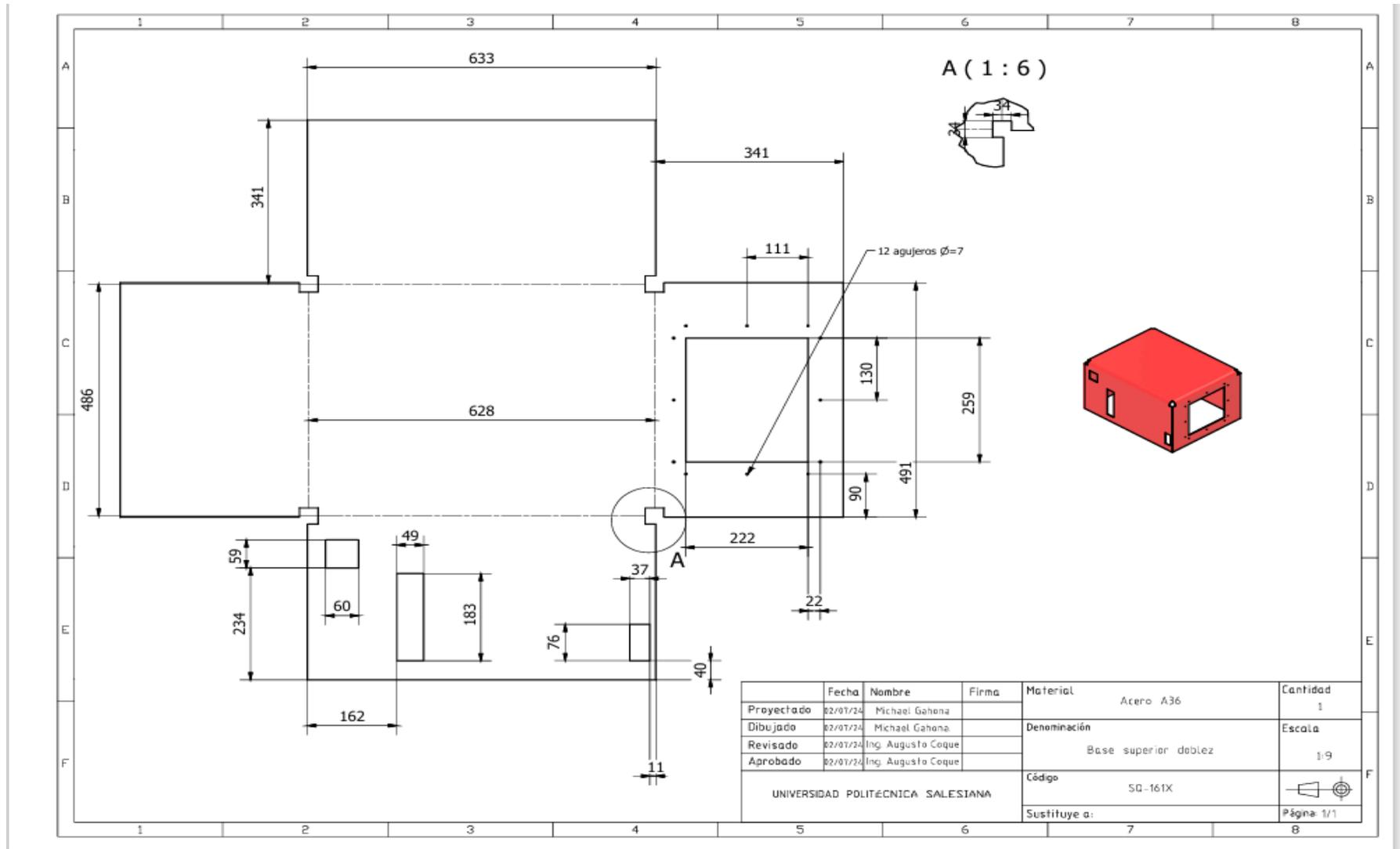
Núm. ref.: 418344

Este artículo es compatible con los aparatos de Mastro, MBM.

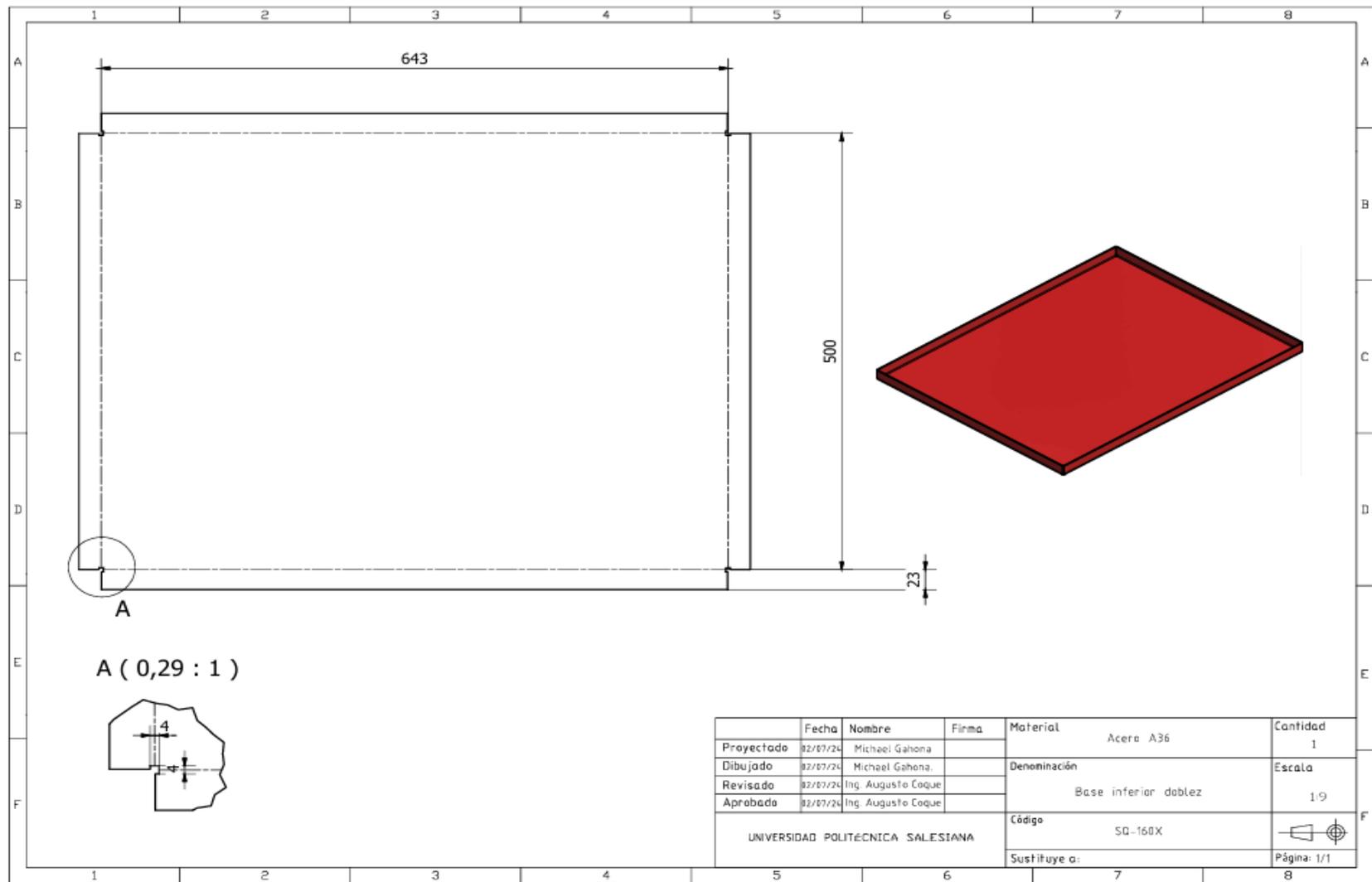
Especificaciones técnicas

<i>potencia</i>	<i>1.200 W</i>
<i>tensión</i>	<i>220 V</i>
<i>longitud</i>	<i>395 mm</i>
<i>distancia de empalme</i>	<i>212 mm</i>
<i>anchura</i>	<i>220 mm</i>
<i>altura</i>	<i>24 mm</i>
<i>número de espirales</i>	<i>1</i>
<i>diámetro de tubo</i>	<i>8 mm</i>
<i>empalme</i>	<i>M4</i>
<i>longitud 2</i>	<i>345 mm</i>
<i>longitud 1</i>	<i>50 mm</i>
<i>tipo de aplicación</i>	<i>resistencia seca</i>

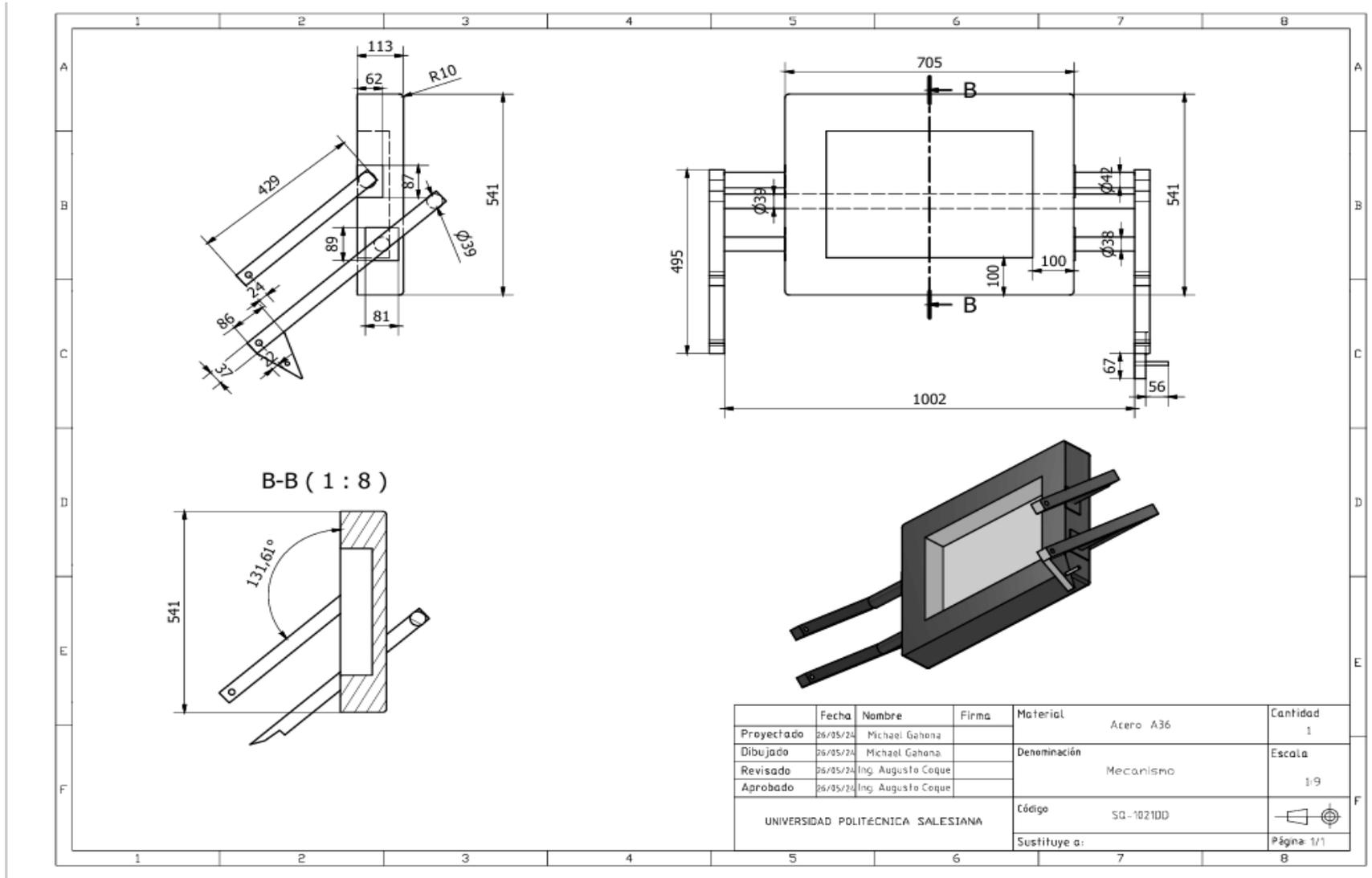
Anexo 4. Características de la resistencia



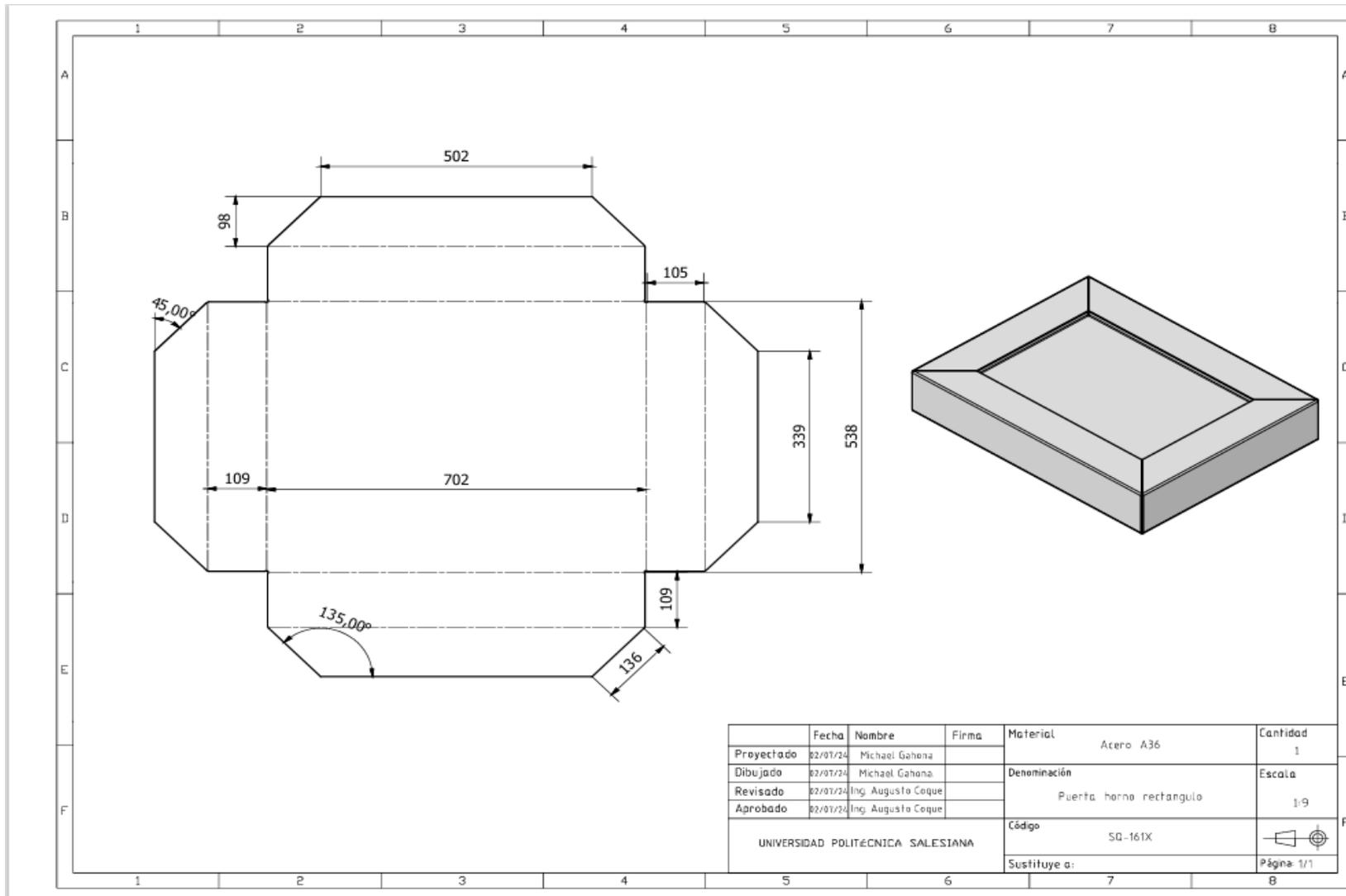
Anexo 5. Planos Cobertura de metal



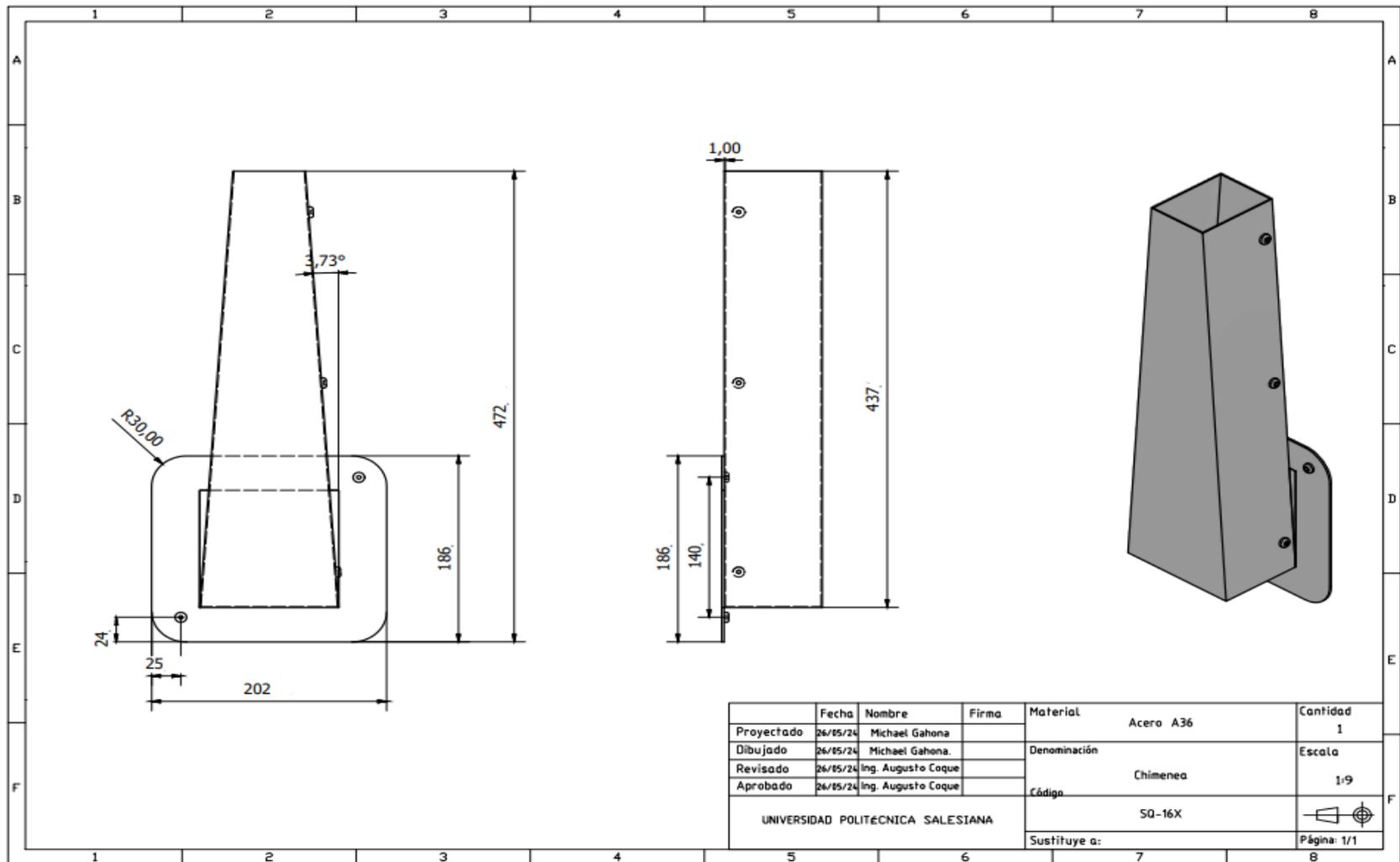
Anexo 5. Plano Parte inferior



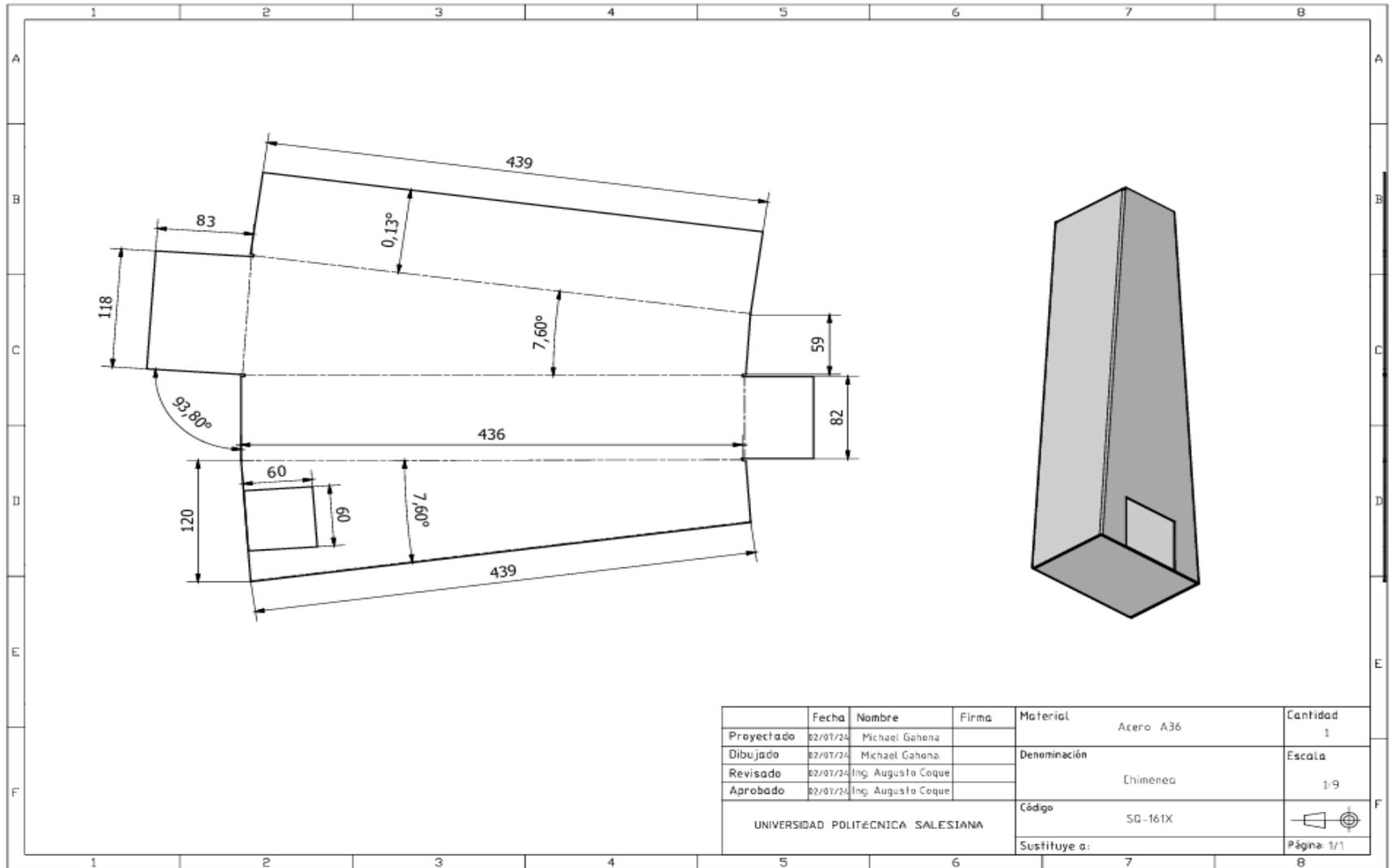
Anexo 6. Plano Puerta del horno



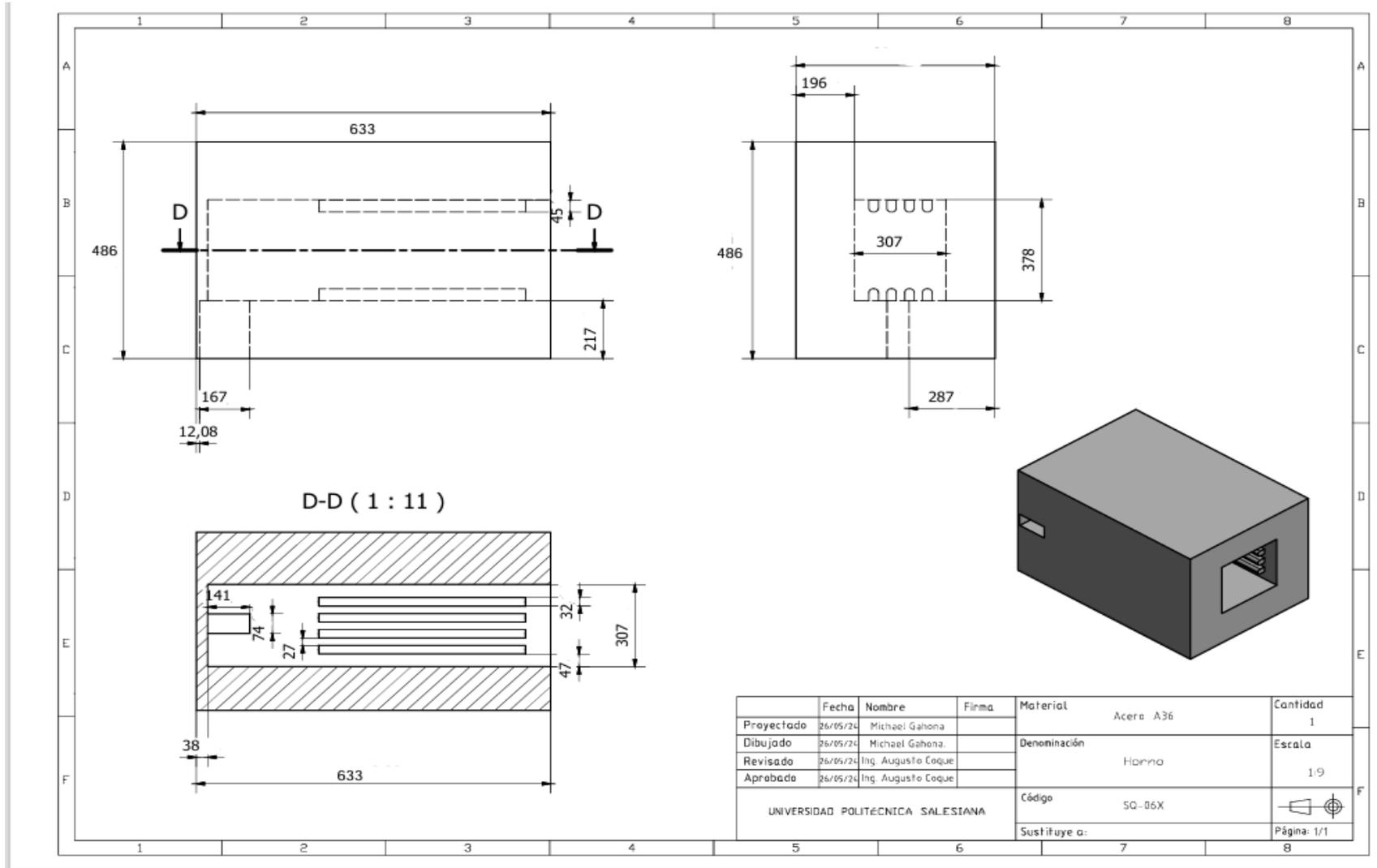
Anexo 7. Desarrollo de la Puerta del horno



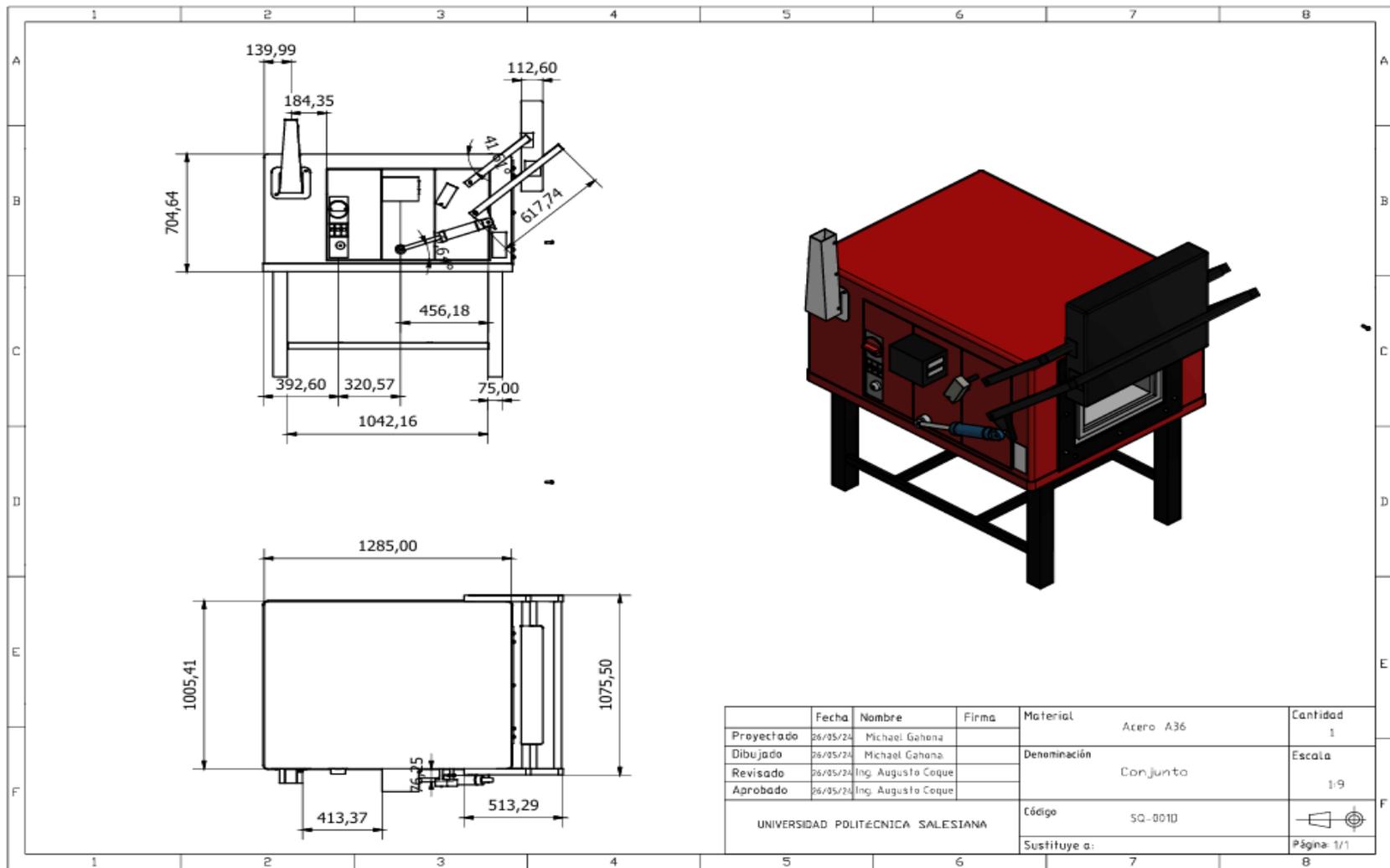
Anexo 8. Chimenea



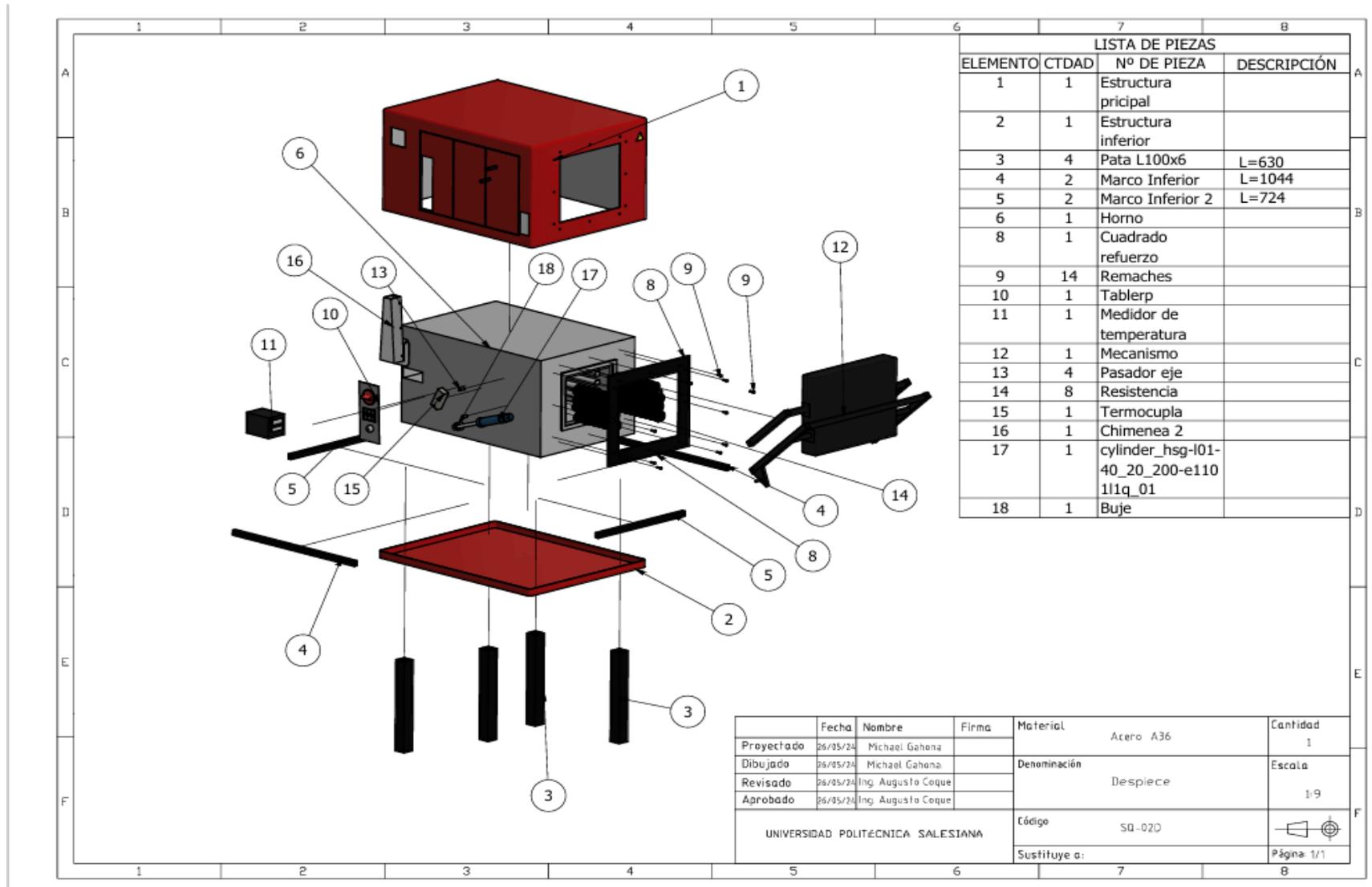
Anexo 9. Desarrollo de la chimenea



Anexo 10. Plano Horno de ladrillo



Anexo 11. Plano Horno



Anexo 12. Despiece del horno y listas de partes

Referencias

1. Aparicio Hernández JA, López González M, Mora Castañeda E, Trejo Garrido E, Miguel Díaz E. Rendimiento y Producción de Carbón Vegetal con tres Hornos tipo Rabo Quente. *Cienc Lat Rev Científica Multidiscip.* 2023;7(6):3487–507.
2. SAAVEDRA CDA. Universidad nacional de ucayali. Unu [Internet]. 2023;1–73. Available from: <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3296/000001326T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. Njenga M, Kirimi M, Koech G, Wanjira EO, Muriuki J, Sola P, et al. Improvements in charcoal production and the environmental implications: Potential for the invasive *Prosopis juliflora* in Kenya. *Resour Conserv Recycl Adv.* 2023;19:1–10.
4. Ludueña ME, Cardozo J, Carranza ME. Utilización de hornos metálicos transportables para carbonización: carbotambor. *Rev Ciencias For – Quebracho [Internet].* 2020;28(1,2):100–111. Available from: <https://www.redalyc.org/journal/481/48170468002/48170468002.pdf>
5. VIRGINIA ULRIKA CAUPER LOMAS BMS. EFECTO DE LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL EN LA CALIDAD DEL AIRE. tesis [Internet]. 2022;1(1):107. Available from: http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5549/B6_2022_UNU_INGENIERIA_AMBIENTAL_T_2022_DEIFI_GUERRERO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
6. Pinheiro PC da C. La producción del carbón vegetal. *Univ Fed Minas Gerais - UFMG [Internet].* 2019;1(1):1–20. Available from: https://www.researchgate.net/publication/334947921_LA_PRODUCCION_DEL_CARBON_VEGETAL
7. Ruiz F, Mijangos - Ricárdez F. El carbón vegetal: proceso de producción, calidad y rendimiento. 2023;1–10.
8. Valverde JC, Arias D, Campos R, Guevara M. Caracterización física y química del carbón de tres segmentos de fuste y ramas de *Eucalyptus camadulensis* proveniente de

- plantaciones dendroenergéticas. *Rev For Mesoam Kurú*. 2019;15:14–22.
9. Hornos de carbón de leña. 2020;1–8.
 10. TRABAJO FINAL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL TÍTULO Evaluación de las propiedades físico-químicas de carbones vegetales, elaborados en horno metálico transportable, a partir de madera de Acacia negra (. 2022.
 11. Robinson H, Mantuano A. VEGETAL EN UNA COMUNA RURAL SOCIOECONOMIC IMPACT OF CHARCOAL PRODUCTION IN A Resumen. 2022;4:397–410.
 12. Sacchi G. Sector del coco: Análisis de mercado y aspectos socioeconómicos. 2020; Available from: https://www.tropicsafe.eu/wp-content/uploads/2020/06/ES_8_SCIENTIFIC_Coconut.pdf
 13. Romero Delgado VM, Rosado Zambrano GV, Sablón Cossío N, Burbano Mera L. Análisis de la cadena agroalimentaria del coco (cocos nucifera) en la provincia de Manabí, Ecuador. *La Técnica Rev las Agrocencias* ISSN 2477-8982. 2020;(24):43.
 14. Hernández Vidal NE, López Bautista V, Morales Morales V, Méndez Ordóñez W, Calderón Osorio ES. Caracterización química de la Fibra de Coco (*Cocus nucifera* L.) de México utilizando Espectroscopía de Infrarrojo (FTIR). *Ing y Región*. 2019;20:67–71.
 15. Aguayo Flores KD, Torres Takeshita AK, Uribe Galindo MS, Valdivia Paredes NM. Carbón de coco hecho a base de biomásas [Internet]. 2019. 103 p. Available from: <http://hdl.handle.net/10757/626222>
 16. Great Britain. Child Maintenance and Other Payments Act 2008: chapter 6: explanatory notes. 2019. 79 p.
 17. García V, Napolitano H. Educación en Ciencias Químicas Diseño de Experimentos. *Idrustria&Quimica* [Internet]. 2020;354:62–78. Available from: https://www.academia.edu/download/46255110/disenos_fases.pdf
 18. Gómez J. Vicerrectorado de investigación, innovación y transferencia de tecnología.

Trab TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO MAGÍSTER EN Manuf Y DISEÑO ASISTIDOS POR Comput [Internet]. 2018;4(3):27–34. Available from: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13743/5/T-ESPE-057806.pdf><http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10846/1/T-ESPE-049674.pdf><http://marefateadyan.nashriyat.ir/node/150>

19. Vaca X, Culqui BH. Estrategia de mecanizado óptima en operaciones de fresado 3D en superficies inclinadas, con alta velocidad de corte (HSM) en el aluminio 7075 T6. Congr Cienc y Tecnol ESPE. 2018;13(1):89–92.
20. Nieto AF de AR. Tema 2 Estudio de viabilidad. Ciclo Vida del Proy Ind. 2021;33.
21. Fajardo L, Girón Guerrero M, Vásquez C, Fajardo L, Zúñiga X, Salazar L, et al. Valor actual neto y tasa interna de retorno como parámetros de evaluación de las inversiones. *Investig Operacional* [Internet]. 2019;40(4):469–74. Available from: <http://www.invoperacional.uh.cu/index.php/InvOp/article/viewFile/693/653>
22. Verd J. Recursos Para Las Ctma: La Matriz De Leopold, Un Instrumento Para Analizar Noticias De Prensa De Tematica Ambiental. *Enseñanza las Ciencias la Tierra*. 2018;8(3):239–46.