

**“SISTEMA DE COCCIÓN Y CALEFACCIÓN PARA HOGARES UBICADOS EN
ZONAS AISLADAS SIN CONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA”**

MARCELA JARAMILLO VELÁSQUEZ

JULIANA RAIGOSA MONTOYA

PROYECTO DE GRADO

Presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero de diseño de Producto

Asesor:

JOSE FERNANDO MARTINEZ

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD EAFIT
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLÍN
2008**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado:

Firma del jurado:

Firma del jurado:

Medellín, Agosto de 2008

“Todo esfuerzo tiene su recompensa”

Dedicado a:
*Nuestras familias,
a quienes trabajan por el desarrollo de nuestro país, y
a las personas de escasos recursos que luchan por sobrevivir día a día*

AGRADECIMIENTOS

Las autoras de este proyecto agradecen a todas las personas que de una u otra manera aportaron a la realización de este proyecto, desde su experiencia, su conocimiento, su apoyo y su enseñanza:

Jan Carel Diehl M.Sc. Profesor y experto investigador del departamento de diseño sostenible de la facultad de Diseño Industrial en la Universidad TUDelft (Holanda), por ser parte de la iniciación del proyecto.

Henri Christiaans M.Sc & PhD. Profesor y experto en investigación de la facultad de Diseño Industrial en la Universidad de TUDelft (Holanda), por sus conocimientos y aportes en métodos de investigación.

José Fernando Martínez M.Sc. Ingeniero Mecánico y asesor de este proyecto, por el aporte de todo su conocimiento y experiencia.

Marcela Velásquez M.Sc. Ingeniera de Diseño de Producto, por su apoyo constante desde el proyecto de investigación en Holanda hasta la materialización del producto.

Laboratorio de suelos, soldadura, modelos y diseño de la Universidad EAFIT y cada una de las personas que aportaron a la realización de las pruebas y el modelo, especialmente a Juan Camilo Gómez y Vladimir Rodríguez.

A las familias de cada una, y demás personas que siempre creyeron en el logro exitoso del proyecto con sus consejos y apoyo, como David González Fraile.

A los usuarios potenciales de este producto, que tanto en la salida de campo inicial como en las pruebas de usabilidad finales se mostraron colaboradores e interesados en el proyecto.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	3
1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2 JUSTIFICACIÓN	9
1.2.1 Social	9
1.2.2 Ambiental	10
1.2.3 Económico	10
1.2.4 Tecnológico	10
1.2.5 Académico	11
1.2.6 Personal	11
1.3. OBJETIVOS	12
1.3.1 Objetivo General	12
1.3.2 Objetivos Específicos	12
2. METODOLOGÍA DEL PROYECTO	13
2.1 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA	16
2.1.1 FASE 1: Exploración	16
2.1.2 FASE 2: Desarrollo	17
2.1.3 FASE 3: Implementación	18
2.2 HERRAMIENTAS METODOLOGÍA	19
2.2.1 Observar (Exploración)	19
2.2.2 Entender (Exploración)	20
2.2.3 Conceptualizar (Desarrollo)	22
2.2.4 Detallar (Desarrollo)	24
2.2.5 Fabricar (Implementación)	24
2.2.6 Implementar (Implementación)	24
3. OBSERVAR (Exploración)	25
3.1 SALIDA DE CAMPO: Guías De Observación	25
3.1.1 Descripción de la salida de campo	25
3.1.2 Resultados encontrados	25
3.1.3 Análisis de los resultados y conclusiones	28
3.2 ENTREVISTAS A USUARIOS	29
3.2.1 Realización de las entrevistas a usuarios	30
3.2.2 Resultados	31
3.2.3 Conclusiones de las entrevistas	31
3.3 STORY BOARDS	32
3.4 COLLAGES DE ESTILO DE VIDA, CONTEXTO Y USUARIO	35
3.4.1 Realización de los collages de estilo de vida, contexto y usuario	35
3.4.2 Resultado: Collages de usuario, contexto y estilo de vida	36
3.4.3 Análisis: Descripción del usuario y su estilo de vida	37
4. ENTENDER (Exploración)	39
4.1 ANÁLISIS DE ERGONOMÍA	39

4.1.1 Descripción: Aspectos principales del estudio ergonómico relacionados con el proceso de cocción.....	39
4.1.2 Recomendaciones.....	42
4.2 ESTADO DEL ARTE EN TECNOLOGÍA.....	43
4.2.1 Descripción.....	43
4.2.2 Resultados.....	44
4.2.3 Análisis de los resultados y conclusiones	49
4.3 GUÍA DE OBSERVACIÓN (PRODUCTOS COMPETENCIA).....	50
4.3.1 Descripción.....	50
4.3.2 Resultados.....	50
4.3.3 Análisis de los resultados y conclusiones	52
4.4 PDS: Especificaciones de Diseño para el Producto.....	52
4.4.1 Descripción.....	52
4.4.2 Resultados: Especificaciones para el producto.....	53
4.4.3 Análisis de los resultados y conclusiones	54
5. CONCEPTUALIZAR (Desarrollo).....	55
5.1 ANÁLISIS FUNCIONAL.....	55
5.1.1 Análisis conceptual.....	55
5.1.2 Análisis investigativo	58
5.2 ARQUITECTURA DEL PRODUCTO.....	60
5.3 ANÁLISIS FORMAL: Referente formal.....	62
5.3.1 Collages del referente formal, exploración formal, colores y texturas	63
5.3.2 Especificaciones formales para el producto	65
5.4 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS	65
5.4.1 Lluvia de ideas.....	65
5.4.2 Desarrollo de alternativas preliminares	66
5.4.3 Evaluación de las alternativas preliminares: Harris profile	69
5.4.4 Análisis de los resultados obtenidos en la evaluación y conclusiones.....	71
5.5. Desarrollo del concepto.....	71
5.6 GEOMETRIZACIÓN DEL CONCEPTO FORMAL	74
6. DETALLAR (Desarrollo).....	79
6.1 ANÁLISIS DE INGENIERÍA	79
6.1.1 Experimentación de materiales.....	79
6.1.2 Experimentación de formas	84
6.2 Concepto final desde la modelación 3D.....	95
6.3 Análisis computacional.....	99
6.3.1 Análisis en el contexto de uso	99
6.3.2 Análisis de estabilidad	100
6.3.2 Análisis de seguridad en el transporte	101
6.4 Diseño para el ensamble y la manufactura	103
6.5 Diseño gráfico: Nombre y logo	105
7. FABRICAR (Implementación).....	107
8. IMPLEMENTAR (Implementación)	109
8.1 Pruebas de usuario	109
8.1.1 Realización de las pruebas de usuario.....	109
8.1.2 Análisis de resultados.....	111

8.1.3 Conclusiones y recomendaciones para el producto	113
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	115
9.1. Sobre el cumplimiento de objetivos.....	115
9.2. Sobre el producto	116
9.3. Sobre la metodología	118
BIBLIOGRAFÍA	121

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de la población en ZNI.....	3
Tabla 2. Guía de observación casa N°1	26
Tabla 3. Algunas de las preguntas presentadas en las guías de observación para las entrevistas	30
Tabla 4. Tabla resumen del diseño de hornos	45
Tabla 5. Matriz de evaluación del diseño de hornos	47
Tabla 6. Harris profile del diseño de hornos.....	48
Tabla 7. Tabla resumen de la Guía de observación (productos competencia)	51
Tabla 8. Especificaciones para el producto.....	53
Tabla 9. Harris profile del las alternativas preliminares.....	70
Tabla 10. Evaluación de alternativas del soporte.....	77
Tabla 11. Cámaras realizadas en arcilla Gres	80
Tabla 12. Cámaras realizadas con material de ladrillo de construcción	81
Tabla 13. Cámaras realizadas con barro para tejas.....	82
Tabla 14. Cámara realizada en mezcla de cuarzo, bentonita y caolín.....	82
Tabla 15. Cámara fabricada con baldosas cerámicas	83
Tabla 16. Notación de variables usadas para las pruebas.....	86
Tabla 17. Datos previos a las pruebas	89
Tabla 18. Datos obtenidos de la prueba	90
Tabla 19. Cálculo de vapor de agua	90
Tabla 20. Cálculo de carbón producido.....	91
Tabla 21. Matriz de evaluación para las cámaras	95
Tabla 22. Costos para el producto	105
Tabla 23. Especificaciones finales del producto.....	116

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Participación de cada energético en el consumo promedio.....	4
Figura 2. Cocinas y estufas mejoradas en otros países.....	6
Figura 3. Metodología general	13
Figura 4. Metodología <i>IDEO</i>	14
Figura 5. Metodología sugerida.....	15
Figura 6. Fase de exploración.....	16
Figura 7. Fase de desarrollo.....	17
Figura 8. Fase de implementación	18
Figura 9. Proceso interno de cada fase	19
Figura 10. Collages de las casas bajo observación en la salida de campo	27
Figura 11. Storyboard.....	33
Figura 12. Collages usuario, contexto y estilo de vida.....	36
Figura 13. Collage de posturas adoptadas por el usuario.....	40
Figura 14. Posturas de uso	42
Figura 15. Cuadro de contenido por clasificaciones.....	44
Figura 16. Cuadro de contenido por clasificaciones evaluado	49
Figura 17. Caja negra.....	55
Figura 18. Árbol de funciones	56
Figura 19. Árbol de funciones con las excepciones para la matriz	56
Figura 20. Matriz morfológica con rutas factibles.....	57
Figura 21. Mapa conceptual resumen de los principios de diseño y funcionamiento ..	58
Figura 22. Acercamiento formal para las 2 rutas factibles	60
Figura 23. Configuraciones resultantes.....	61
Figura 24. Dos arquitecturas finales.....	62
Figura 25. Collage de la emoción.....	63
Figura 26. Exploración formal, colores y texturas extraídas de la emoción	64
Figura 27. Lluvia de ideas.	66
Figura 28. Alternativas preliminares.....	67
Figura 29. Desarrollo de la alternativa elegida.....	72
Figura 30. Modelación preliminar de la alternativa obtenida.....	73
Figura 31. Aplicación de la proporción áurea al concepto.....	74
Figura 32. Formalización de soporte.....	75
Figura 33. Modelación de las 3 alternativas elegidas.....	76

Figura 34. Alternativas en el contexto	77
Figura 35. Secuencia de pasos para el montaje	85
Figura 36. Caja negra proceso de la prueba	87
Figura 37. Gráfica comparativa temperatura Vs Tiempo.....	91
Figura 38. Resultados obtenidos después de las pruebas.....	92
Figura 39. Temperaturas y áreas presentes en la cámara.....	94
Figura 40. Disposición de los leños.....	94
Figura 41. Concepto final desde la modelación 3D.....	96
Figura 42. Medidas generales del producto y su relación con el usuario.....	96
Figura 43. Detalles para el producto	97
Figura 44. Esfuerzo y deformación máxima para la parrilla	99
Figura 45. Centro de masa de las ollas.....	100
Figura 46. Calculo de la carga para cual el sistema es perturbado	101
Figura 47. Esfuerzo y deformación máxima en la tapa inferior del cuerpo	102
Figura 48. Esfuerzo máximo en las agarraderas y lámina del cuerpo	102
Figura 49. Explosión para el subensamble 1	103
Figura 50. Ensamble de la parte superior	104
Figura 51. Explosión para el subensamble 2	104
Figura 52. Propuestas gráficas para el producto.....	106
Figura 53. Propuesta gráfica elegida para el producto.....	106
Figura 54. Proceso de fabricación del modelo funcional.....	107
Figura 55. Modelo funcional con acabados.....	108
Figura 56. Fotos de las casas visitadas para la realización de las pruebas.....	110
Figura 57. Fotos de las acciones-tareas realizadas por los usuarios.....	111

LISTA DE ANEXOS

Anexo A.	2
Enfermedades producidas por la exposición al humo generado en la quema de biomasa.	2
Anexo B.	4
Registros del auge de los hornos mejorados: Organizaciones, expertos, fondos, centros investigativos alrededor del mundo.....	4
Anexo C.	8
Investigación base realizada en TUDelft.....	8
RESEARCH PROJECT	8
Anexo D	24
Fichas de Observación.....	24
Anexo E.	28
Guía de observación productos de la competencia.....	28
Anexo F.	29
Principios de diseño y funcionamiento.....	29
Anexo G.	50
Boards y Collages	50
Anexo H.	66
Resultados de la geometrización del producto.....	66
Anexo I.	69
Documento para el diseño experimental	69
Anexo J.	76
Montaje y resultados del diseño experimental	76
Anexo K.	78
Cálculos para los análisis de elementos finitos (FEA)	78
Anexo L.	85
Cartas de procesos	85
Anexo M.	97
Planos técnicos para el producto.....	97
Anexo N.	123
Diseño de las pruebas de usuario (Userfit tool)	123

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de grado representa el resultado que reúne los conocimientos adquiridos durante los años de carrera académica. Presenta un proceso de diseño completo que culmina en la realización de un producto: un sistema de cocción que mejora las condiciones de los usuarios ubicados en las zonas aisladas del país, al haber encontrado un problema en la manera actual de cocinar los alimentos en dichos lugares.

Actualmente en Colombia, casi un 13% de la demanda energética es cubierta por el uso de biomasa, en su mayoría leña, donde un 96% se utiliza a nivel residencial, básicamente en el sector rural y para cocción. (Stolovich, 1999). La biomasa es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, pues ha sido usada desde que nuestros ancestros descubrieron el secreto del fuego (BUN-CA, 2002). El uso actual de esta fuente de energía amenaza no solo las reservas forestales y naturales del país, sino que además deteriora la salud de las personas que se exponen diariamente a las emisiones producidas en la quema abierta de la biomasa.

Siguiendo la tendencia mundial en diseño sostenible que busca mejorar las condiciones de las personas que por diferentes razones siguen cocinando con esta fuente energética (Miles, 2006) o (ver Anexo B), se busca con este proyecto desarrollar un sistema de cocción para familias sin acceso a otras fuentes más limpias, que disminuya las emisiones y contaminación y aproveche de una forma más eficiente el tipo de biomasa que usen, y así asegurar también la conservación de los recursos naturales.

Los productos están relacionados con la evolución del hombre, así mismo este concepto busca evolucionar una labor tradicional pero al mismo tiempo conservar la costumbre de cocinar con leña mejorando los aspectos negativos.

El desarrollo del proyecto se presenta en nueve capítulos siguiendo con la metodología diseñada. El primero explica las generalidades del proyecto, como la descripción del problema y antecedentes. El segundo capítulo explica la metodología diseñada para el proyecto, y las herramientas a usar en cada una de las fases. En el

tercer y cuarto capítulo, observar y entender respectivamente, se conoce el usuario, el contexto y las soluciones propuestas en otras partes del mundo, en general todo lo que rodea el problema actual en el país y fuera de él, que determina unas especificaciones para el producto. El quinto y sexto, son la conceptualización y detalle del producto, que se diseña partiendo del resultado de las dos fases anteriores, obteniendo un concepto de diseño detallado y especificado, expresado en planos para el producto y cartas de procesos, para así en los capítulos de fabricar e implementar (siete y ocho), construir un modelo funcional y resistente que permita verificar el producto con los usuarios del mismo. Finalmente y en capítulo 9, se realizan las conclusiones y recomendaciones para el proyecto, enfocadas en el cumplimiento de objetivos, el producto y la metodología.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Las Zonas no interconectadas (ZNI) comprenden aquellos territorios que no se encuentran atendidos por un sistema interconectado a la red eléctrica nacional. Dichas zonas están conformadas por poblaciones aisladas geográficamente de los asentamientos urbanos más importantes y están comprendidas en su totalidad por los departamentos de Amazonas, Guainía, Vaupés y Vichada y parte de los departamentos de Antioquia, Arauca, Atlántico, Bolívar, Casanare, Cauca, Cesar, Chocó, Guaviare, Magdalena, Meta, Nariño, La Guajira, Putumayo, Sucre y Valle del Cauca. (Ministerio del medio Ambiente 2002), (Ministerio de minas y energías 2001).

Dentro de las principales razones por las cuales estas zonas no se encuentran conectadas a la red eléctrica del sistema nacional se destacan: la dificultad de conexión de dichas redes debido a la ubicación de las zonas, la presencia de entes al margen de la ley y la falta de recursos del estado (Comisión de regulación de energía y gas CREG, 2004).

Actualmente en Colombia la extensión de las Zonas No interconectadas alcanzan un 64,5% del territorio nacional, con una población de 1'524.304 habitantes, como se observa en la Tabla 1 (Ministerio de minas y energía, 2007). El mayor porcentaje de zonas no interconectadas se encuentra ubicado en áreas rurales de Colombia tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. Distribución de la población en ZNI

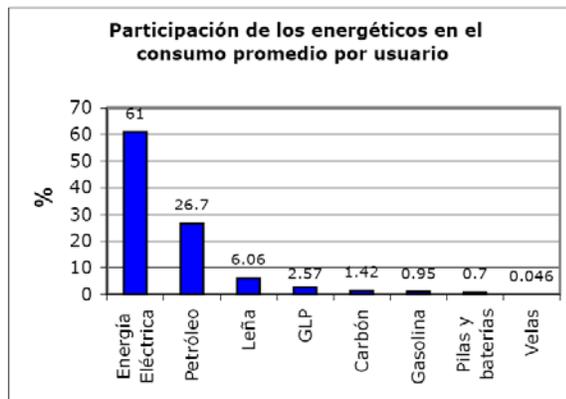
TIPO DE LOCALIDAD	NÚMERO	POBLACIÓN
Capitales departamentales	5	48589
Cabeceras municipales	46	142.054
Corregimientos municipales	163	71.883
Corregimientos municipales	16	10.946
Inspecciones de policía municipales	93	42.222
Inspecciones de policía departamentales	115	55.095
Caseríos, comunidades indígenas, etc.	526	156.931
Áreas rurales		996.584
TOTAL	959	1.524.304

Fuente. Hagler Bailly Services, AENE 2001

Las fuentes de energía para todas estas localidades actualmente se da mediante diferentes tipos de energéticos entre los que se encuentran: Kerosén, Leña, Biomasa, Carbón, Gasolina, Pilas, Baterías, velas y en algunas zonas energía eléctrica debida a electro generadores, pequeñas centrales hidroeléctricas y sistemas fotovoltaicos (estos medios de generación de energía eléctrica solo son capaces de proporcionar pocas horas de energía diarias ya que se distribuyen a varias localidades) (Comisión de regulación de energía y gas CREG 2001).

La participación de estos energéticos en el consumo promedio por usuario en las zonas no interconectadas se encuentra clasificada en orden de mayor a menor en la figura 1.

Figura 1. Participación de cada energético en el consumo promedio



Fuente: Hagler Bailly Services, AENE 2001

La mayor parte de la energía eléctrica generada en las localidades de las zonas no interconectadas, es consumida por los hogares (85%), siendo mucho menor la participación de los usos comerciales, industriales e institucionales. (Ministerio del medio ambiente 2002).

Los usos dados a la energía comprenden básicamente la cocción y refrigeración de alimentos, la iluminación y en menor medida, las comunicaciones. En términos del consumo de energía la tarea que más demanda reporta es sin duda la cocción de alimentos, que contribuye con más del 60% de los requerimientos. (Ministerio del medio ambiente 2002). La calefacción es una tarea poco nombrada en los principales usos de la energía. Por lo general las fuentes que sirven para realizar la cocción

permiten ambientar y calentar espacios. Así, de esta manera, la calefacción supone una tarea con menos aspectos críticos, comparada con la cocción, ya que se considera un uso derivado de esta última. La disponibilidad de equipos para suministro de energía es bastante baja debido a los problemas técnicos y financieros, sumados a la deficiencia del mantenimiento y administración de las plantas generadoras, es por ello que muchos habitantes de las zonas no interconectadas recurran al uso de fuentes de energía alternas como Leña y basura en algunos casos (Biomasa).

Cuando se habla de biomasa es indispensable tener en cuenta dos importantes impactos relacionados con la recolección de la materia prima como tal y su uso los cuales son: Riesgos en la salud e implicaciones medioambientales.

El primero de ellos el cual está relacionado con las implicaciones de alto riesgo para la salud afecta directamente tanto a quienes cocinan con la biomasa como a quienes no cocinan, pero se encuentran dentro del hogar mientras se realiza la actividad de preparación de alimentos. La exposición al humo de la biomasa Incrementa tanto en niños como adultos el riesgo de sufrir varias enfermedades entre las que se destacan las infecciones respiratorias agudas (ARIs) en la niñez, particularmente la neumonía.” (Ahmed y otros, 2005, p. 28, Banco Mundial).

El uso de la leña constituye un factor de alto riesgo asociado a dos enfermedades importantes:

1. Las enfermedades respiratorias agudas (ARI)
2. Enfermedad pulmonar crónica obstructiva (COPD)

El cáncer pulmonar está asociado al uso del carbón. Los niños que viven en los hogares que usan combustibles sólidos tienen 2.3 veces más probabilidad de desarrollar ARIs que los niños que viven en hogares donde usan GLP o kerosén. (Smith, 2005)

Las mujeres que han usado combustibles sólidos tienen 3.2 veces más probabilidad de sufrir COPD que aquellas que han utilizado combustibles más limpios. (Smith, 2005). La lista completa de las enfermedades que puede llegar a producir el uso incorrecto y la exposición al humo generado en la quema de biomasa puede verse más ampliamente en el ANEXO A.

El segundo hace referencia a un problema de conciencia y racionalidad que se encuentra orientado hacia el consumo de leña mayormente usado en los hogares rurales. Si se tiene en cuenta que un habitante del sector rural consume aproximadamente 3,5 kg de leña por día; para cubrir las necesidades energéticas del sector se requiere desbistar aproximadamente 200.000 Ha de bosques al año.

El deseo por suplir las necesidades energéticas es un tema mundial, por esto, últimamente se ha venido evidenciando una tendencia hacia la implementación de energías renovables tales como: Energía solar, Energía hidráulica, Energía eólica, geotérmica, entre otras. Esta tendencia ha ido incrementándose debido a la grave amenaza para el medio ambiente que genera la quema de combustibles fósiles (Petróleo, gas, Carbón). Dicha quema emite los gases de invernadero, en especial dióxido de Carbono el cual es considerado como el principal responsable del recalentamiento de la tierra.

El tema de la necesidad de un sistema de cocción de alimentos que disminuya los impactos con el medio ambiente y que mejore la calidad de vida de los habitantes de las zonas no interconectadas, es de impacto mundial, es por ello que alrededor del mundo algunas empresas, personas naturales (expertos) y centros de investigación han desarrollado adelantos en proyectos y productos para satisfacer la necesidad. (Ver ANEXO B). Algunos países han desarrollado hornos especiales para satisfacer la demanda basados en el uso de energías renovables (Westhoff, B y Germann, D 1995). Algunos ejemplos de esto se presentan en la figura 2.

Figura 2. Cocinas y estufas mejoradas en otros países.



Fuente: Elaboración propia

En el capítulo 4, numeral 4.3 se encuentran mencionados en detalle otros hornos mejorados encontrados en África, Asia y América Latina los cuales han contado con ayudas económicas por parte del gobierno y otros entes externos, para su desarrollo y comercialización.

En el caso particular de Colombia, la asignación de recursos se constituye en uno de los factores más críticos en la ejecución de la política de energización de las zonas no interconectadas, es por ello que se han establecido unas directrices de política para las zonas no interconectadas.

Los principales elementos definidos por vía legislativa o reglamentaria, específicamente relacionados con las Zonas No Interconectadas, hacen referencia a los siguientes aspectos:

- **Definición de las Zonas No Interconectadas:** Existen las siguientes definiciones en materia legislativa:

- Ley 143 de 1994, Art. 11.

Define a las Zonas No Interconectadas como el “área geográfica donde no se presta el servicio público de electricidad a través del Sistema Interconectado Nacional”.

- Ley 788 de 2002, Parágrafo 20 del Artículo 105 establece que “Son zonas no interconectadas para todos los efectos los departamentos contemplados en el artículo 309 de la Constitución Nacional, más el Departamento del Choco, el Departamento de Caquetá, y el Departamento del Meta”.

Por su parte, el Artículo 309 de la Constitución Nacional establece: “Erígense en departamento las intendencias de Arauca, Casanare, Putumayo, el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, y las comisarías del Amazonas, Guaviare, Guainía, Vaupés, y Vichada.”

- **Subsidios a la Demanda y la oferta**

Para ello se creó el FAZNI, que es el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas. El objetivo del FAZNI es financiar los planes,

programas y proyectos de inversión en infraestructura energética en las zonas no interconectadas.

Hay también algunos otros organismos que fomentan la electrificación rural, tal es el caso de ISA que desde 1991 ha venido desarrollando un proyecto para viviendas que contempla el suministro de los materiales necesarios para los proyectos de electrificación rural, como acometidas y contadores de las viviendas y otras instalaciones como escuelas, centros de salud, centros comunitarios e iluminación de espacios deportivos.

Otro importante ente gubernamental es el ministerio de minas y energía, con su instituto de planificación y promoción de soluciones energéticas para las zonas no interconectadas (IPSE).

Este organismo actualmente viene implementando planes para incrementar el suministro de energía eléctrica incorporando fuentes no convencionales y suministrando combustibles para la cocción de alimentos incluyendo el uso de Biogás y Biomasa como energéticos primarios.

En relación con el apoyo a las fuentes no convencionales, la ley 697 de 2001 en el artículo 9º.

El Artículo 9º establece: “Promoción del uso de fuentes no convencionales de energía: El Ministerio de Minas y Energía formulará los lineamientos de las políticas, estrategias e instrumentos para el fomento y la promoción de las fuentes no convencionales de energía, con prelación en las zonas no interconectadas”.

Actualmente la universidad EAFIT con sus programas, específicamente con el de Ingeniería de Diseño de Producto le apunta a un enfoque de impacto en el medio. Mediante sus cursos que responden a las necesidades presentes en el país, se desarrollan en los diferentes proyectos, productos que solucionan problemas sociales como la salud, el agro, entre otros. En los proyectos de grado se ha mantenido también ese enfoque, como antecedente se tiene el proyecto realizado en el Chocó, que busca responder a necesidades del contexto y la búsqueda de fuentes alternativas de energía (Arango, Restrepo y Serrato 2006).

La investigación e interés en estos campos como el diseño sostenible y energías renovables, se encuentran en desarrollo actualmente, siguiendo modelos y Universidades con más trayectoria como la Universidad Tecnica de Delft (TUDelft) con la cual el programa sostiene un convenio académico hace algunos años. El proyecto de investigación, en el cual se basa este proyecto, fue asesorado y guiado por el profesor Jan Carel Diehl, miembro del departamento de diseño sostenible (*Design for sustainability*) en TUDelft, pionero en el desarrollo de proyectos sostenibles, que usan energías renovables y que buscan mediante sus proyectos, la solución de problemas del mundo tanto social como ambientalmente. La síntesis del proyecto de investigación realizado en el departamento de diseño sostenible del cual partió la idea para solucionar este problema y encaminarlo al proyecto de grado, se encuentra en el ANEXO C.

1.2 JUSTIFICACIÓN

1.2.1 Social

La existencia de Zonas no interconectadas en Colombia es una realidad que vive un alto porcentaje de los habitantes del territorio nacional, es por ello que se convierte no solo en un problema particular de una parte de la población específica, sino en un problema de impacto social para el país. El hecho de que un 64% del territorio nacional no tenga acceso a la red eléctrica debido a la dificultad de instalación de dichas redes por la ubicación de las zonas, la presencia de entes al margen de la ley, o la falta de recursos del estado hace que se presente una gran oportunidad para desarrollar un producto que mejore la calidad de vida en dichas zonas y disminuya la problemática social que implica para Colombia el hecho de tener tantas poblaciones sin acceso a la red eléctrica.

Como se nombró anteriormente en los antecedentes, la cocción de los alimentos es uno de los temas más relevantes en las ZNI, en estas zonas se evidencia una fuerte necesidad de crear una solución para la cocción de alimentos que erradique la propagación de enfermedades por el uso de biomasa y brinde una mayor calidad de vida de los habitantes. Con el desarrollo de un nuevo proyecto en las ZNI en Colombia se estaría contribuyendo en la mejora de un problema de salud pública.

1.2.2 Ambiental

El segundo gran problema que se presenta en la cocción de alimentos tiene que ver con el impacto sobre el medio ambiente. Tal y como se expresó en los antecedentes este tema es una realidad mundial que nos está afectando cada vez más, las actuales soluciones en suministro de fuentes de energía para la cocción presentan agentes contaminantes para el ambiente. Es necesario crear un producto que no solo satisfaga la necesidad de cocción en las zonas no interconectadas, sino que también implique la reducción de agentes contaminantes en su uso y su funcionamiento.

1.2.3 Económico

Hasta el momento el gobierno ha invertido recursos en las zonas no interconectadas a través de entidades como el FAZNI, el ministerio de minas y energía, ISA, entre otros. Sin embargo estas inversiones no son suficientes para abastecer de energía a todas las localidades del territorio nacional, es por ello que la creación de un producto que provea energía para la cocción de alimentos en las ZNI es una necesidad latente en Colombia, la creación de entidades que apoyen económicamente desarrollos en el tema de las zonas no interconectadas es una evidencia del interés por buscar soluciones al problema.

1.2.4 Tecnológico

Consientes de que el problema ha sido abordado en otros países anteriormente con buenos resultados obtenidos, es que nace la idea de crear un producto que mejore los beneficios de proyectos existentes, que sea innovador y que pueda adaptarse al contexto de las zonas rurales, teniendo en cuenta la actividad política, económica, ambiental, social, entre otras de Colombia.

La ventaja más grande que tienen las empresas que han desarrollado productos en torno al tema de la cocción en otros países es la alta tecnología y la alta inversión en investigación y desarrollo. El gran problema es que las condiciones de vida en otros países son diferentes a las nuestras, es por ello que pensar en traer esos productos carece de sentido para Colombia, por el contrario, es necesario aprovechar las investigaciones y adelantos de esos países para aplicarlos con la tecnología y los recursos en Colombia, basándonos en las características del país.

1.2.5 Académico

Finalmente respondiendo al auge y desarrollo de proyectos de impacto social en la Universidad EAFIT y en el mundo en general, el proyecto es una oportunidad para incentivar el interés en los campos de desarrollo social y ambiental. Además se sustenta en una investigación realizada previamente, donde se analizaron problemas en el país, y con la guía de expertos en el tema, se llega a la conclusión, que la falta de energía en las zonas más aisladas del país, es un problema por atender en Colombia. (Ver ANEXO C)

1.2.6 Personal

La motivación de poder continuar con un proyecto que viene desde una investigación muy interesante realizada en otra Universidad es una razón personal y de aprecio al proyecto muy grande. Además como principal objetivo se encuentra el hecho de realizar el proyecto final de la carrera y poder aplicar todo lo que se ha aprendido en estos años y la posibilidad de aprender mucho más para obtener finalmente el título como Ingenieras de Diseño de Producto.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General.

Diseñar un sistema de cocción y calefacción orientado a hogares ubicados en zonas aisladas sin conexión a la red eléctrica en Colombia, mejorando y volviendo más eficiente el uso de los recursos de la zona. El producto debe responder a las necesidades del usuario y la zona (contexto) teniendo en consideración aspectos de accesibilidad, instalación, funcionalidad, económicos y de mantenimiento, entre otros.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Definir con base a la investigación previa (año pasado) y actual una síntesis clara y concreta de la información recopilada sobre el contexto y el usuario.
2. Identificar las características del sector y el mercado objetivo para definir las especificaciones que determinaran los aspectos principales del producto.
3. Desarrollar la etapa conceptual del producto, que incluya un análisis funcional y formal para obtener una alternativa a desarrollar.
4. Desarrollar un concepto final del producto.
5. Construir un modelo funcional del producto con acabados, para realizar una posterior verificación del producto.
6. Realizar pruebas del modelo funcional con los futuros usuarios para definir la viabilidad y usabilidad del producto.

2. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

La metodología del proyecto pretende establecer procesos, métodos y técnicas que permiten el logro de uno o varios objetivos. Cada uno de los métodos utilizados facilita el descubrimiento de conocimientos que aseguran el alcance de esos objetivos. La metodología es el primer paso en la construcción y planeación de un proyecto.

En este caso su diseño se encuentra basado en las 3 fases principales encontradas en la metodología de la empresa *ID Plus Engineering Solutions S.A* (Martínez, 2006), exploración, desarrollo e implementación, ver figura 3. Esta metodología sugiere así como la misma empresa que la creó, implementar tecnología en el país y crear productos de alto valor agregado, razón por la cual fue elegida como base del proyecto.

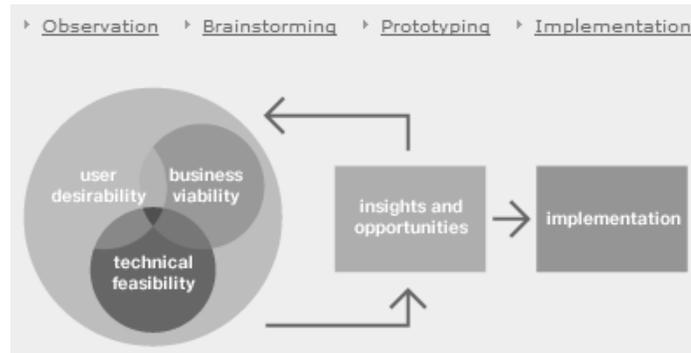
Figura 3. Metodología general



Fuente. Material de la empresa *ID Plus Engineering Solutions S.A* (2006)

La anterior es la estructura general del proyecto, la cual es complementada para el diseño de las etapas internas de cada fase, con la metodología de la empresa *IDEO Design*, (ver figura 4), catalogada como una de las compañías mundiales líderes en negocios e innovación, (IDEO, 1991).

Figura 4. Metodología *IDEO*

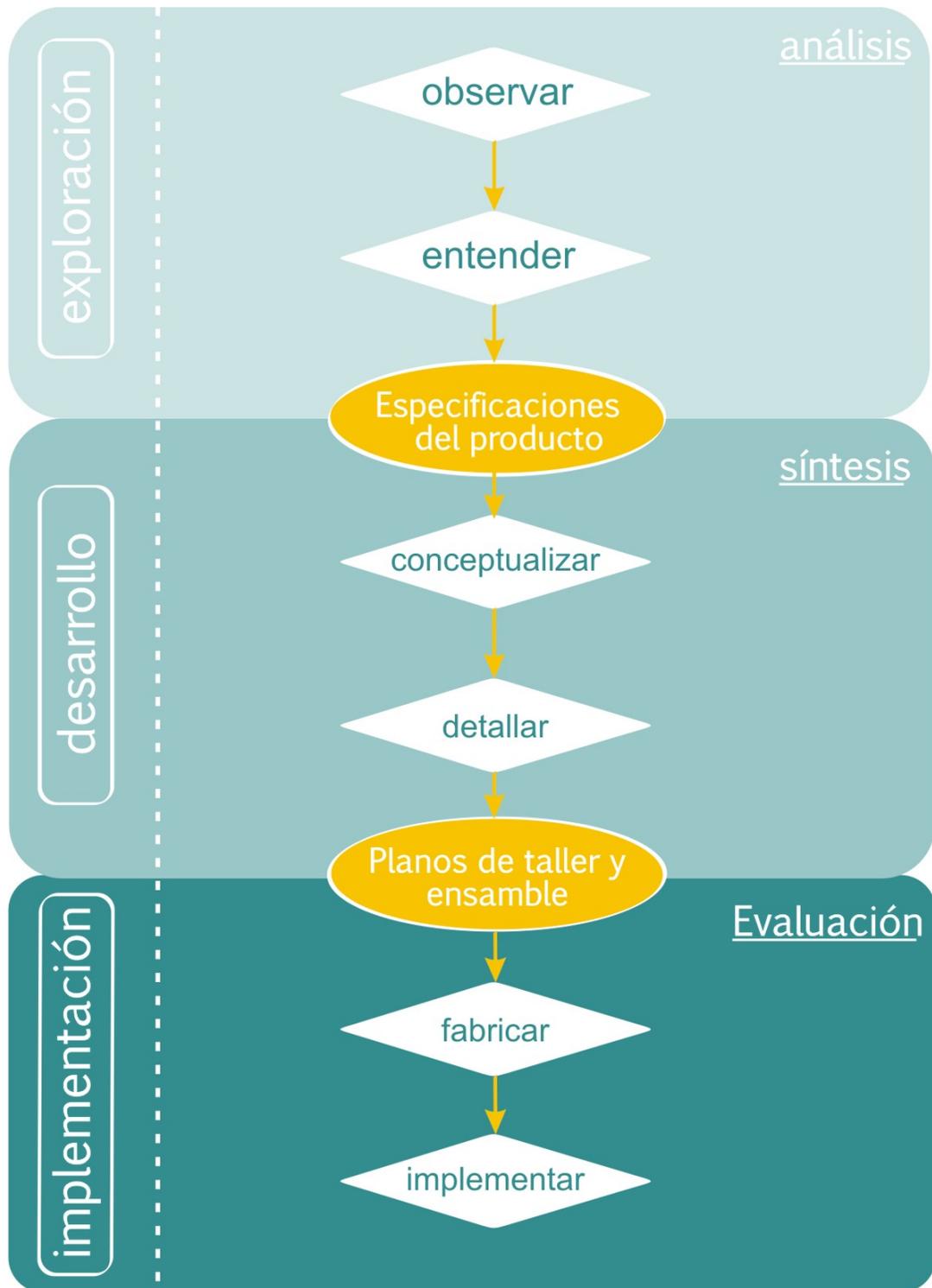


Fuente. Ideo Design, Methods.

La elección del método de IDEO, está basada en la clara adaptación que presenta en el desarrollo de nuevos productos, ofreciendo métodos que promueven la innovación y resultados positivos tanto para las organizaciones como para los futuros usuarios. Así mismo, sus métodos orientados a identificar nuevas maneras de servir y suplir necesidades, comportamientos y deseos encontrados en la sociedad, se ajustan con el objetivo social del proyecto, que busca suplir una necesidad básica no satisfecha proponiendo soluciones alternativas. Además IDEO es reconocido mundialmente por productos y servicios que rompen con los sistemas estándar existentes y tiene alrededor de 100 clientes, entre ellos empresas como Nissan, Nokia y Samsung.

Partiendo de esta metodología, se subdividieron las fases de manera que explicaran más detalladamente el desarrollo del proyecto. La metodología de IDEO es colaborativa ya que cubre desde el análisis de la necesidad encontrada hasta la viabilidad técnica y económica de la idea, de ahí parte la innovación de este método de diseño cuyo objetivo es visualizar, evaluar y solucionar las oportunidades para el desarrollo y diseño de nuevos productos. Combinando estas dos metodologías e implementando los conocimientos del grupo de trabajo (ver figura 5), se adaptan los métodos existentes al caso de estudio y se obtiene la siguiente metodología:

Figura 5. Metodología sugerida



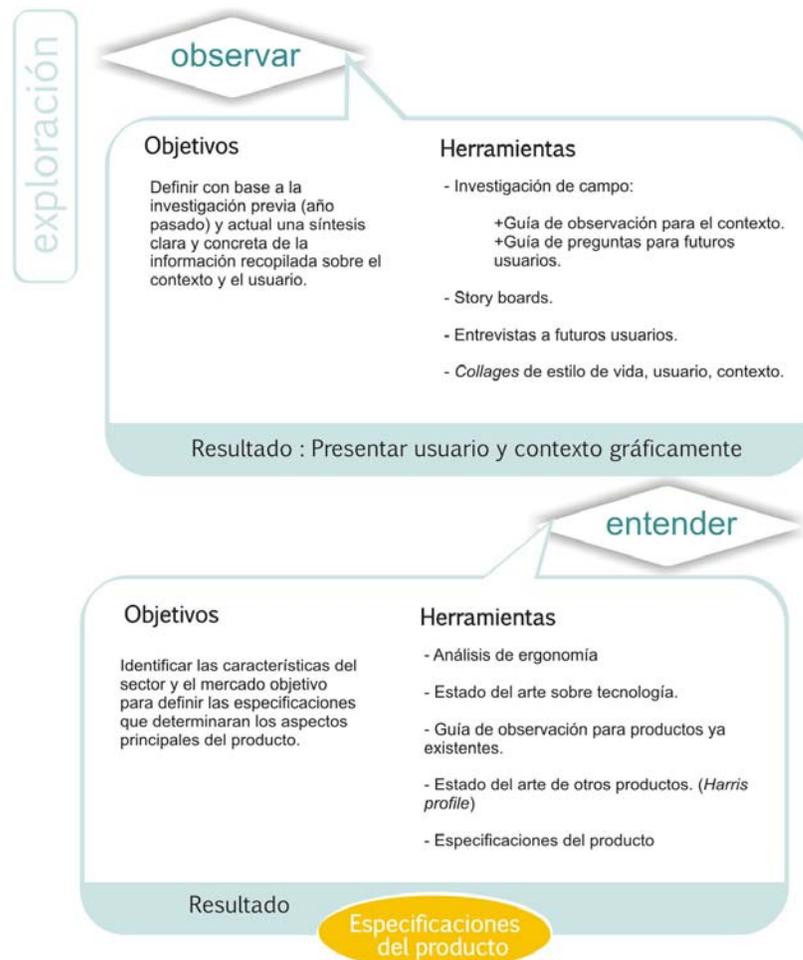
Fuente: Elaboración propia

2.1 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

2.1.1 FASE 1: Exploración

Consiste en clarificar el problema. Por medio de herramientas de análisis e investigación, se determinan aspectos y especificaciones claras sobre el usuario, el contexto, el mercado, la competencia y el sector. Esta fase implica el involucramiento del grupo de trabajo con el mundo exterior y con el problema encontrado, entendiendo las necesidades del usuario y el contexto, para saber exactamente qué se debe solucionar (Ver figura 6).

Figura 6. Fase de exploración

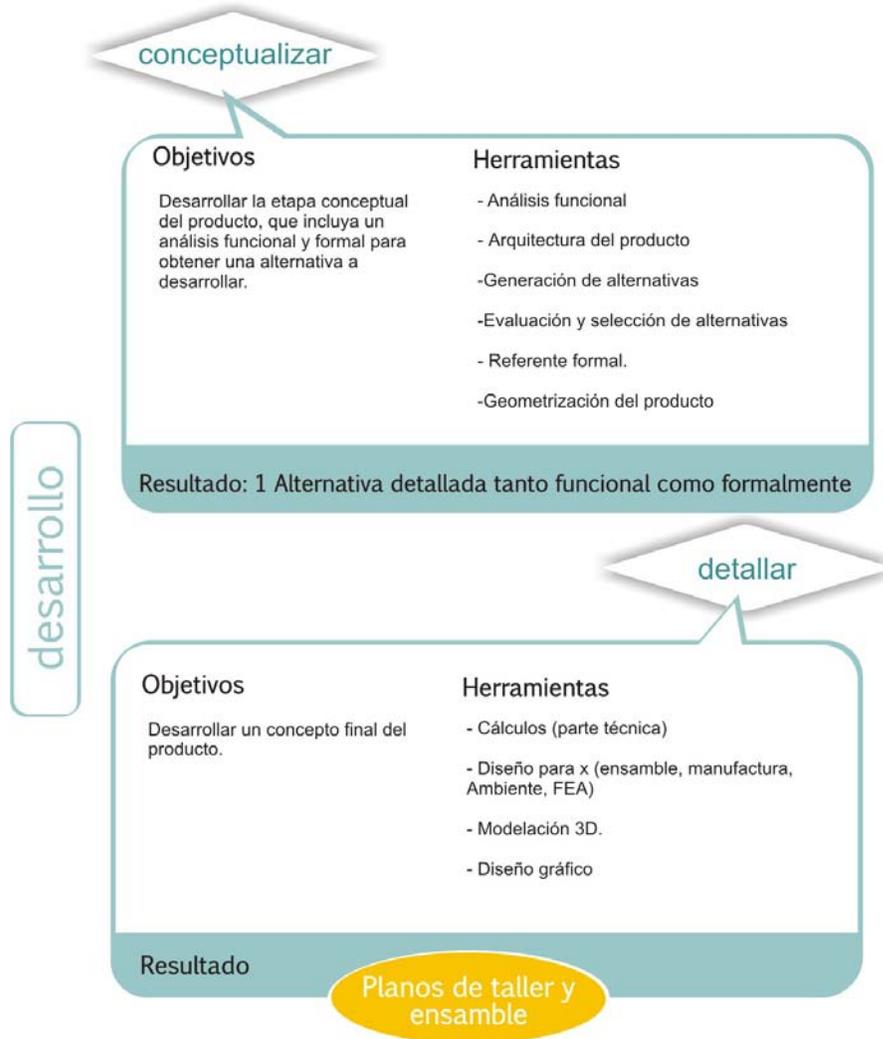


Fuente: Elaboración propia

2.1.2 FASE 2: Desarrollo

Como resultado de la fase anterior están las especificaciones (características y requerimientos medibles) para el producto, que se convierten en la conclusión de las dos etapas previas y la principal herramienta para la fase de desarrollo. El desarrollo es el punto donde se determinan y conceptualizan aspectos concernientes a la forma y la función del producto, para de esta manera converger a un diseño detallado que corresponda no solo a las especificaciones encontradas en la primera etapa sino además a los conceptos técnicos, tecnológicos, antropométricos y estéticos en el proyecto (ver figura 7).

Figura 7. Fase de desarrollo

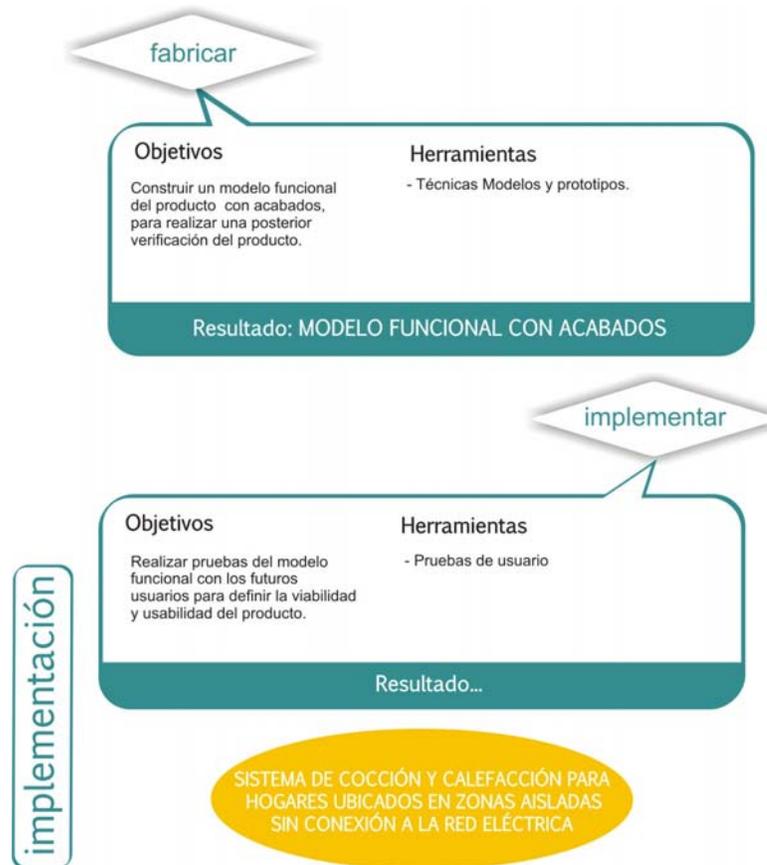


Fuente: Elaboración propia

2.1.3 FASE 3: Implementación

Esta, incluye las dos etapas finales de IDEO design, realización de prototipo e implementación del producto. Por medio de la aplicación de técnicas de modelos y prototipos, se lleva a cabo la fabricación y culminación del modelo funcional para el proyecto, que permitirá el posterior desarrollo de pruebas de usuario. Esta etapa consiste entonces en llevar a la realidad física y tangible, el producto diseñado que permite poner al usuario en contacto con él, para obtener la retroalimentación e implementación en contexto, con la cual finalizara el proyecto. La implementación completa el ciclo de diseño y desarrollo dando forma a la idea o concepto 3D. La fase se caracteriza por la solución de problemas que resulten en la fabricación y en las pruebas que se le realicen al usuario, para proponer sugerencias o aspectos que permitan mejorar el producto final (Ver figura 8).

Figura 8. Fase de implementación



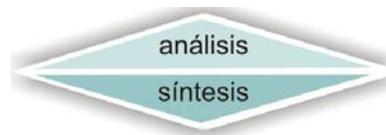
Fuente: Elaboración propia

2.2 HERRAMIENTAS METODOLOGÍA

Como se visualiza en las lupas explicativas anteriores (figuras 6, 7 y 8), cada etapa presenta un objetivo y unas herramientas que permiten el logro de ese objetivo. Estas herramientas complementan la metodología, y son tomadas por su aporte y ajuste a los objetivos de la fase.

El objetivo de las herramientas en cada fase es permitir que se converja a un resultado que es fundamental para el desarrollo de la siguiente. Cada fase realiza un proceso de análisis (divergencia) y síntesis (convergencia) como se muestra en la figura 9.

Figura 9. Proceso interno de cada fase



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla, se explica la importancia y la fuente de cada una de las herramientas de diseño nombradas, referenciándolas con los autores de estas, que complementan la bibliografía de la metodología con diseñadores reconocidos por sus métodos de diseño como *Müller*, *Baxter*, *Cross*, *Pugh* y algunas herramientas aprendidas en la Universidad técnica de Delft (TUDelft).

2.2.1 Observar (Exploración)

- *Salida de campo: Guías de observación (contexto y uso) (Ulrich & Eppinger, 1995)*

Observar a los clientes utilizar un producto existente o desarrollar una tarea para la cual está destinado un nuevo producto, puede revelar detalles importantes sobre sus necesidades. La observación puede ser por completo pasiva, sin ninguna interacción directa con el cliente, o involucrar el trabajo, o, permitirle al grupo de trabajo involucrarse y tener una experiencia de primera mano utilizando el producto. Lo ideal es que los miembros del equipo observen el producto en el ambiente del uso real.

- *Entrevistas a usuarios (Ulrich & Eppinger, 1995)*

La recopilación de datos, consiste en crear canales de información de alta calidad, de manera que se clarifique el problema inicial. Las entrevistas consisten en que uno o

más miembros del equipo analizan las necesidades con un solo cliente, enfocándose en lo que dice y sus respuestas. Para obtener una información eficiente y fácil de analizar, se realiza una guía sencilla de preguntas, de manera que se pregunten los mismos temas a todos los usuarios. Las entrevistas por lo general se conducen en el ambiente del cliente y, típicamente, duran una hora.

- *Story boards (Context and Conceptualization, TUDelft)*

Cuando se están diseñando productos que deben encajar en cierto tipo de contexto específico, los diseñadores deben ser capaces de expresar sus ideas sobre el contexto para discutirlos con usuarios, especialistas o personas de otras disciplinas. Los “storyboards” son una técnica importante que soporta la comunicación e interacción entre contexto-usuario-producto. Estos cuentan una historia a manera de secuencia. Cualquier persona puede entender un “storyboard”, ya que son muy gráficos. Es una manera de ver desde fuera el problema actual mirando todo su desarrollo en tiempo y espacio, que permite ver la experiencia y reflexionar sobre ella.

- *Collages de estilo de vida, contexto y usuario. (Baxter, 1995)*

Los collages son una de las herramientas usadas en el proceso de formalización del producto. Se trata mostrar de una manera grafica el estilo de vida del usuario, y el contexto y objetos que lo rodean para entender la situación y realizar un diseño que se ajuste a las condiciones del problema. Este proceso de aproximación visual, permite abordar el problema de lo general a lo particular. Se propone recopilar imágenes de del usuario, de varios usuarios, ya que la finalidad de los collages o boards es descubrir valores comunes entre esas personas.

2.1.2 Entender (Exploración)

- *Análisis de ergonomía (Task analysis, Baxter, 1995)*

La mayoría de productos son diseñados para ser usados por personas. Cuando se examina en detalle, la interface del producto con el usuario incluso en productos simples puede ser compleja y difícil de entender. El mejoramiento de este aspecto en el producto es una fuente de inspiración para la generación de nuevas alternativas. Este análisis explora la interacción entre el usuario y el producto por medio de dos herramientas básicas: La ergonomía (aspectos de anatomía, sicología, salud y fisiología) y la antropometría (medidas del cuerpo humano).

- *Estado del arte en tecnología (Baxter, 1995)*

El análisis de la competencia permite mirar y medir la situación actual de otros productos similares, y lo que estos ofrecen. Si se analiza las necesidades actuales del mercado y la forma como estas están siendo satisfechas por los productos existentes, permite crear una estructura de aspectos y preguntas que deben ser tenidas en cuenta para el producto. Los principales objetivos de un análisis de productos existentes son describir la variedad de formas en las que se ha resuelto el problema. Identificar y evaluar oportunidades para innovar y establecer metas en cuanto a lo que el producto debe ser capaz de hacer.

- *Guía de observación (Productos competencia) Ulrich & Eppinger, 1995*

Las guías de observación ofrecen un amplio panorama de los productos que actualmente han sido diseñados alrededor del mundo, esta guía permite conocer el nombre de estos, la ubicación, los materiales, las características principales, las ventajas, las desventajas, el usuario, entre otras.

Conocer lo antes nombrado tiene como objetivo tener una base de comparación y análisis que permita diseñar un producto más eficiente y adecuado a las condiciones específicas de Colombia.

- *Estado del arte: Harris profile (Roozemburg)*

Esta herramienta se usa para determinar el perfil de nuevos productos, identificando las fortalezas y debilidades de las alternativas existentes. La herramienta tiene 4 escalas posibles (-2, -1, +2, +1) de modo que se forma un perfil de la alternativa, dándole a cada criterio una escala de las 4 ya nombradas. De esta manera, cada alternativa, debe ser medida con los mismos criterios objetivos, así, al final se tendrá un perfil que determine qué alternativas son mejores en algunos aspectos, que otras no son tan buenas. Identificara las alternativas más completas y las que tiene mas aspectos a mejorar.

Con esta herramienta es posible evaluar alternativas tanto cuantitativa como cualitativamente.

- *Especificaciones de diseño de Producto (Pugh, 1990)*

Las especificaciones para el producto, son un documento de control para el desarrollo del producto. Esta herramienta determina lo que el producto debe hacer, y establece criterios que permitan encaminar el diseño y evaluar las futuras alternativas. Además

sirve como guía y ayuda al equipo de trabajo, para asegurarse que ningún aspecto quede fuera en el diseño del producto.

2.2.3 Conceptualizar (Desarrollo)

- *Análisis funcional (Nigel cross, 2000)*

El método de análisis funcional ofrece un medio para considerar las funciones esenciales y el nivel en el que el problema debe abordarse. Las funciones esenciales son aquellas que deben satisfacer el dispositivo, el producto o el sistema a diseñar, independientemente de los componentes físicos que pudieran utilizarse. El nivel del problema se decide estableciendo límites alrededor de un subconjunto coherente de funciones. Este método incluyen herramientas específicas como:

1. Caja negra (Identificar la función principal)
2. Árbol de funciones (Descomponer la función general en sub-funciones)
3. Límites del sistema (Funcionales)
4. Matriz Morfológica (Buscar componentes que realicen las funciones)
5. Rutas factibles.

Además de seguir un método conceptual como el descrito anteriormente, se realiza como complemento, una investigación que permite conocer todos los conceptos y aspectos de funcionamiento y diseño involucrados en el desempeño de hornos que usan leña. Un cuadro conceptual, permite sintetizar los conceptos y sus componentes.

- *Arquitectura del producto (Product Permutation, Baxter 1995)*

La permutación es una técnica que reordena sistemáticamente las partes del producto de acuerdo a sus posibles posiciones en este. Diseñada por el diseñador Danés Eskild Tjalve, esta técnica es simple y es una poderosa herramienta para generar ideas.

- *Referente formal (Muller, 1995)*

El uso de “mood boards” intenta identificar una expresión o emoción que refleje los valores que debe incluir el producto, la cual además está conectada con el usuario y su estilo de vida. La emoción en un producto es la sensación que este genera cuando se ve y se usa por primera vez. El producto puede reflejar emociones simples o complejas, o combinar dos emociones, o todo un concepto. Un buen mood board, captura esta emoción en imágenes que no necesitan referirse directamente al producto, pueden ser objetos, expresiones, sentimientos, conceptos, u otros productos

que así mismo reflejen esa misma emoción. De este mood board se elige un referente que refleje esa emoción para usarlo en la formalización del producto. Antes de usarlo, debe hacerse un proceso de análisis donde se extraen las formas principales, los colores y las texturas predominantes, para incluirlo de manera sutil en el diseño del producto.

- *Generación de alternativas (Marc Tassoul, Creative facilitation, TUDelft, 1999-2006)*

La generación de soluciones es el aspecto esencial y central del diseño, en el cual por medio de un proceso se llegan a varias soluciones para el problema. Todo el propósito del diseño es hacer una propuesta de algo nuevo. La generación de alternativas está directamente relacionada con la creatividad. El proceso creativo está compuesto por las fases de preparación, incubación, iluminación y verificación. Para cada una de estas etapas existen técnicas creativas que permiten llegar al diseño de alternativas que tienen en cuenta aspectos del contexto, usuario y en general las especificaciones antes formuladas. Las diferentes técnicas creativas buscan buscar diferentes formas y puntos de vista para abordar el problema, buscan formar conexiones poco comunes con pensamientos asociativos.

- *Evaluación y selección de alternativas (Harris profile)*

Visualización del concepto: El propósito de esta etapa es reducir el número de conceptos de manera rápida y mejorarlos. En la visualización de conceptos se prepara un Harris profile como el usado en la fase de entender, calificando las alternativas realizadas (-2, -1, +2, +1) formando un perfil de la alternativa, según unos criterios acordados con el PDS. Según la puntuación de cada concepto, se decide cuáles deben continuar, combinar o descartar para las siguientes etapas.

Puntuación del concepto: Luego de seleccionadas de 2 a 3 alternativas preliminares se desarrollan y son luego evaluadas ponderando la importancia relativa de los criterios de selección y centrándose en comparaciones más refinadas con respecto a cada criterio. Las puntuaciones de concepto son determinadas por la suma ponderada de las calificaciones. Los pasos para realizar la puntuación del concepto son:

1. Preparar la matriz de selección
2. Calificar los conceptos
3. Ordenar por rango los conceptos

4. Combinar o mejorar conceptos
5. Seleccionar conceptos

- *Geometrización del producto - Gestalt (Product Styling, Baxter, 1995)*

Mediante el uso general de las leyes de percepción visual tales como la Gestalt y Fibonacci entre otras se logra una integración del producto y sus componentes. Las diferentes reglas o principios existentes buscan lograr un objetivo específico dentro del producto, como agrupar funciones, claridad en las funciones indicativas, formas coherentes. Entre estos principios se encuentran la simplicidad visual, la unidad, el equilibrio, el contraste y la proporción aurea.

2.2.4 Detallar (Desarrollo)

- Cálculos (parte técnica)
- Diseño para x (ensamble, manufactura, FEA)
- Herramientas CAD (modelación 3D) y CAE (elementos finitos).

2.2.5 Fabricar (Implementación)

- Técnicas de modelos y prototipos

2.2.6 Implementar (Implementación)

- *Pruebas de usuario: USERFIT (Userfit Methology, 1996)*

En las pruebas de usuario, el equipo de trabajo solicita una retroalimentación por parte del usuario en un ambiente controlando donde se ponga a prueba la usabilidad y funcionalidad del producto. Este tipo de pruebas ofrece como resultado una lista de problemas del producto actual que desencadena la verificación de que el producto si cumpla su función y en algunas recomendaciones y mejoras. Los pasos para la prueba son:

1. Planeación de la prueba: objetivos, diseño, usuarios, procedimiento
2. Material para la prueba: tareas, escenarios, instrucciones, entrevistas, formatos
3. Realización de la prueba
4. Resultados
5. Análisis de datos
6. Implicaciones: conclusiones y recomendaciones

3. OBSERVAR (Exploración)

3.1 SALIDA DE CAMPO: Guías De Observación

El objetivo de las guías de observación es estructurar y guiar la salida de campo de manera que se cubrieran todos los aspectos relevantes a analizar en la observación y en la realización de las entrevistas. Las guías de observación cubren dos aspectos principalmente, el aspecto que se refiere a la información del contexto del hogar y sus habitantes, y el aspecto que se refiere al sistema de cocción que usan en la actualidad.

3.1.1 Descripción de la salida de campo

Las guías de observación fueron usadas como parámetros en la salida de campo, ésta fue realizada el 27 de enero del presente año. El lugar de visita fue el municipio de Támesis en Antioquia. Este lugar fue escogido luego de inconvenientes con las visitas planeadas a zonas oficialmente establecidas como No interconectadas, debido a aspectos de seguridad y lejanía de estos lugares. Posteriormente se comprobó según decían habitantes del pueblo, que no es necesario ir muy lejos para encontrar veredas de municipios con interconexión a la red, sin servicio al mismo, incluso con el servicio pero sin la posibilidad de pagarlo. Las veredas visitadas están ubicadas en el sector “El contenido” y “Río frío”, las cuales se encuentran a 15 o 20 minutos caminando desde el casco urbano. Algunas de estas veredas poseen alumbrado público, pero la mayoría de las familias no se encuentran recibiendo el servicio debido a que no pueden costearlo. En otras ocasiones, la red eléctrica no alcanza a llegar hasta algunas veredas más alejadas, en las cuales las personas se guían por velas en las noches y cocinan con gas en caso que puedan costearlo, de lo contrario con madera.

3.1.2 Resultados encontrados

En tales veredas se visitaron 4 casas. Las fichas de observación fueron entonces completadas para los cuatro contextos encontrados. En la tabla 2 se muestra un ejemplo de los aspectos principales analizados en la salida de campo por medio de la presentación de una ficha diligenciada durante esta. El contenido completo de las fichas de las 4 casas visitadas se encuentra en el ANEXO D.

Tabla 2. Guía de observación casa N°1

Aspectos	CASA N° 1 Preguntas o aspectos para tener en cuenta
Ubicación geográfica	<ul style="list-style-type: none"> Es una zona sin conexión eléctrica? <p>La zona posee conexión eléctrica (particularmente esta casa no tiene servicio eléctrico).</p>
	<ul style="list-style-type: none"> En qué región está ubicada? <p>Antioquia/Támesis/sector el contenido.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Qué acceso tiene la zona? <p>Se puede acceder a la zona mediante carro, bus o moto-taxi que es el medio de transporte usado en esta zona.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Clima de la zona <p>Clima cálido.</p>
Familia	<ul style="list-style-type: none"> Cuántas personas habitan la casa? <p>6 personas/4 adultos y 2 niños.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Cuántas personas cocinan? <p>2 personas, la señora de la casa y la hija mayor.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Cuántas personas permanecen en casa cuando cocinan? <p>1 adulto y los 2 niños generalmente.</p>
Características físicas	<ul style="list-style-type: none"> Como es la distribución actual de la casa? <p>La casa posee dos habitaciones y una zona común donde esta el comedor y el lavadero. La cocina esta dentro de la casa y adicionalmente hay un espacio pequeño en la zona social donde esta ubicado el fogón de leña.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Que tan grande es el espacio para cocinar? <p>Es pequeño, de aproximadamente 2X2X2 metros.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Tiene algún tipo de ventilación? <p>El lugar tiene unas ventanas en la parte superior por donde ventila el aire.</p>
Sistema de cocción	<ul style="list-style-type: none"> Como es el sistema de cocción actual? (Fuente) <p>Un fogón de leña y un fogón de gas.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Hace uso de algún tipo de energía? <p>No tiene acceso a la energía eléctrica</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Hace uso de biomasa? Que tipo? <p>Si, leña.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Que implementos usan para cocinar? <p>Ollas, parillas para las arepas y un cucharón para revolver.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Existen problemas de inteligibilidad del producto por parte del usuario? <p>No actualmente</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Que prestaciones se esperan del producto nuevo? <p>-Fiabilidad, duración, resistencia, facilidad de mantenimiento, seguridad, estética. Seguridad, eficacia y duración de la leña</p>
Estilo de vida	<ul style="list-style-type: none"> Cuántas veces al día cocinan? <p>3 Veces (en el desayuno al tiempo ponen a cocinar el maíz para las arepas).</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Que actividades realiza cada uno de los habitantes de la casa? <p>Los dos niños van al colegio, el padre trabaja en una finca y la madre es ama de casa</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Quien realiza las labores domesticas? <p>La madre y algunas veces le ayuda la hija.</p>
Usuario (Uso y ergonomía)	<ul style="list-style-type: none"> Qué tipo de educación tienen los habitantes de la casa? <p>Primaria (Básica)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Que tareas pueden calificarse como particularmente importantes? <p>Alcanzar los troncos de leña y encender la llama.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Que personas están involucradas en el proceso? Es una sola, varias? <p>Generalmente una sola persona</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Cuáles son los puntos incómodos para el operador o usuario? <p>Alcanzar los leños y ubicar la olla</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Que perjuicios para el usuario pueden ser causados por el producto? <p>Problemas de columna y problemas en los pulmones ocasionados por el alto nivel de humo</p>
	<ul style="list-style-type: none"> Deben resolverse problemas de ventilación? <p>En esta casa particularmente no, estaba bien ventilada.</p>

Fuente. Elaboración propia

Además de completar las guías, y anotar claramente todo lo visto en esta salida de campo, se realizó un seguimiento fotográfico detallado de cada casa, el contexto de la cocina, el horno que usan, sus habitantes y estilo de vida. En la figura 10 se muestra el resultado gráfico de la salida de campo por medio de 4 collages que describen con imágenes y algunas frases lo encontrado. (Ver ampliación en el Anexo G)

Figura 10. Collages de las casas bajo observación en la salida de campo



salida de campo

casa 3



Usa más el fogón de leña, pero tiene de gas Quemar también guadua
"La olla se demora menos en pitar con leña"
"No me gusta de la leña que se tiznan mucho las ollas"

salida de campo

casa 4



Son 20 personas "Da mucha lidia sin plástico"
"Consume demasiada leña" "Cocinar solo con gas no rinde"

Fuente. Elaboración propia

3.1.3 Análisis de los resultados y conclusiones

Luego de analizar las fichas de observación, se obtuvieron los siguientes puntos importantes que fueron considerados en las fases subsiguientes del proyecto:

- Tres de las cuatro casas tenían posibilidad y acceso a la red eléctrica, sin embargo, continúan cocinando con leña, ya que sus habitantes argumentan que es más

eficiente y rápido, o porque no tienen los medios para pagar las otras fuentes de energía.

- Dos de las cuatro casas visitadas contaban con hornos que tenían chimeneas instaladas y construidas por los mismos habitantes de las casas.
- El número de habitantes por casa va desde 6 hasta 20 habitantes, que viven y duermen generalmente en el mismo cuarto.
- En cada una de las cuatro casas es una sola persona la que realiza la cocción de los alimentos.
- En las 4 casas intentan acumular tanta madera como sea posible. Ya sea encima del horno, o en el piso en la parte inferior. Alcanzar la leña es considerado por los habitantes como una de las labores más importantes junto con iniciar la llama.
- En las cuatro casas reutilizan las cenizas para otras labores como por ejemplo el abono de plantas y árboles.
- En general las casas cuentan con una mala ventilación. Lo que hace que el humo se concentre en el interior de las casa y no circule hacia el exterior

3.2 ENTREVISTAS A USUARIOS

Con las entrevistas se pretende recolectar información primaria que permita conocer la situación actual de las personas involucradas directamente en el problema. La información recopilada en las entrevistas profundiza la anteriormente adquirida por medio de la observación.

Además por medio de las entrevistas se obtiene la “voz del usuario”, la cual será usada como base en la elaboración previa de las especificaciones para el producto. Las preguntas se formularon a la persona encargada de la cocción en cada una de las casa visitadas (4 entrevistas en total), y la duración de las conversaciones con estos usuarios fue de aproximadamente 30 a 45 minutos cada uno. Al inicio de la visita y conversación, los usuarios se mostraron algo tímidos, pero siempre amables e intrigados por el tema o la razón de la entrevista. Durante el desarrollo de la conversación cuando conocían la intención o el proyecto planteado, se disponían a dar más información y a dar sus opiniones sobre el problema. Además, esto creaba un ambiente más amigable, obteniendo de las cuatro casas visitadas una buena reacción, colaboración e interés, además los entrevistados expresaron su deseo por conocer el resultado del proyecto.

3.2.1 Realización de las entrevistas a usuarios

La recopilación de datos del usuario se realizó partiendo de la guía de observación del contexto, en esta guía se incluyen aspectos que más que de observación son para preguntar directamente al usuario. El usuario del producto son las amas de casa o personas que se encuentran a cargo de la cocción de los alimentos en el hogar.

Las entrevistas fueron realizadas en la salida de campo, en las mismas cuatro casas a las que se les realizó la observación.

Algunas de las preguntas realizadas a los usuarios fueron relacionadas con la forma de cocinar (Tabla 3), las características de los miembros del hogar, entre otros como se puede ver en la ficha de observación de contexto y usuario. Ver ANEXO D.

Tabla 3. Algunas de las preguntas presentadas en las guías de observación para las entrevistas

FICHAS DE OBSERVACIÓN - Algunas preguntas	
Familia	<input type="radio"/> Cuantas personas habitan la casa?
	<input type="radio"/> Cuantas personas cocinan?
	<input type="radio"/> Cuanta personas permanecen en casa cuando cocinan?
Características físicas	<input type="radio"/> Como es el espacio de la casa? (uno solo, varios cuartos)
	<input type="radio"/> Como es la distribución actual de la casa?
	<input type="radio"/> Que tan grande es el espacio para cocinar?
	<input type="radio"/> Tiene algún tipo de ventilación?
	<input type="radio"/> En qué tipo de ambiente se encuentra: Sonoro, térmico, visual
Sistema de cocción	<input type="radio"/> Como es el sistema de cocción actual? (Fuente)
	<input type="radio"/> Hace uso de algún tipo de energía?
	<input type="radio"/> Hace uso de biomasa? Que tipo?
	<input type="radio"/> Que implementos usan para cocinar?
	<input type="radio"/> Que prestaciones esperan de un nuevo producto?
	<input type="radio"/> Qué relación tiene el sistema?
	<input type="radio"/> Que fuentes de molestias o peligros deben tratarse de eliminar de este tipo de productos?
	<input type="radio"/> Eléctricos, mecánicos, químicos, acústicos, ópticos, térmicos.
	<input type="radio"/> Existen problemas de inteligibilidad del producto por parte del usuario?
	<input type="radio"/> Que colores se usan? Visibilidad, comprensión del uso.
<input type="radio"/> Que prestaciones se esperan del producto nuevo?	
Estilo de vida	<input type="radio"/> Fiabilidad, duración, resistencia, facilidad de mantenimiento, seguridad, estética.
	<input type="radio"/> Cuantas veces al día cocinan?
	<input type="radio"/> Que actividades realiza cada uno de los habitantes de la casa?
	<input type="radio"/> Quien realiza las labores domesticas?
	<input type="radio"/> Qué tipo de educación tienen los habitantes de la casa?

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Resultados

Para ver las respuestas de los usuarios de cada casa visitada ver el ANEXO D. A continuación se encuentra la síntesis y la identificación de los aspectos más importantes que fueron mencionados por los usuarios.

- Una de las mayores dificultades en todo el proceso de uso de los fogones de leña actualmente es la forma de iniciar el fuego.
- El tiempo de encendido depende de las condiciones de la leña. (Que tan húmeda, Que tan verde)
- Los combustibles aligeran el proceso de encendido de la llama, pero los usuarios lo perciben como peligroso.
- A los usuarios les molesta que las ollas se tiznen tanto con el fuego
- Lo que más tiempo requiere y donde más humo se desaloja es en el proceso inicial donde la leña empieza a crear una llama grande.
- Aun teniendo la posibilidad de tener acceso a la red eléctrica los usuarios prefieren cocinar con leña o aun con gas por los altos costos de la electricidad.
- A los usuarios les gusta cocinar con leña.
- El gas dura muy poco.
- El gas es muy costoso.
- Se gasta mucha leña y aun más si el fuego está abierto.
- Los usuarios construyen los fogones por sí mismos.
- La ceniza que queda después de las quemas es reutilizada.
- Las comidas se cocinan mucho más rápido en leña y quedan con un muy buen sabor.
- La cantidad de humo depende del diseño del fogón.
- Siempre que el fuego está en la etapa inicial tienen que salir o alejarse de la zona donde está el fogón.

3.2.3 Conclusiones de las entrevistas

- Debe recuperarse la tradición y uso del horno tradicional, trasladándolo a un sistema más eficiente en cuanto al uso de combustible y emisión de humo, que de una opción más segura a los usuarios tradicionales de los hornos de leña.

- Los usuarios no están dispuestos a pagar mucho por un horno de leña que mejore el actual, según las entrevistas estarían dispuestos a pagar entre \$30.000 y \$80.000 (pesos).
- La consecución de leña no es un asunto complicado para el usuario. La recolección de la misma no será tenida en cuenta para la elaboración del proyecto.
- Una de las ventajas de los hornos de leña es la rapidez con la que cocina las cosas. Este debe ser un aspecto que conserve o mejore el producto.
- El uso del producto debe ser simple y similar al existente, ya que los usuarios poseen bajos niveles de educación y por lo general son personas que prefieren conservar la rutina de cómo se hacen las cosas.
- La reutilización de la ceniza o carbón, es importante para los usuarios.
- Dos de los cuatro usuarios reconocen haber tenido problemas por la inhalación del humo generado en la quema de la madera.
- Los usuarios están concientizados y conocen el daño a la salud que genera cocinar y estar presente en la quema de biomasa (leña) para cocinar sus alimentos, lo que facilitaría la introducción de un horno que les mejore estas condiciones.
- La totalidad de las personas entrevistadas, mostraron interés por el tema a tratar e identificaron como un problema el mal uso de la biomasa. Esto es un aspecto positivo en cuanto al nivel de aceptación futura de un producto en este contexto.

3.3 STORY BOARDS

Los objetivos de los storyboards son esquematizar y estructurar el procedimiento y uso del producto actual, de manera que se conozcan los aspectos involucrados durante todo el proceso en el cual se encuentran involucrados el usuario, el producto y el contexto.

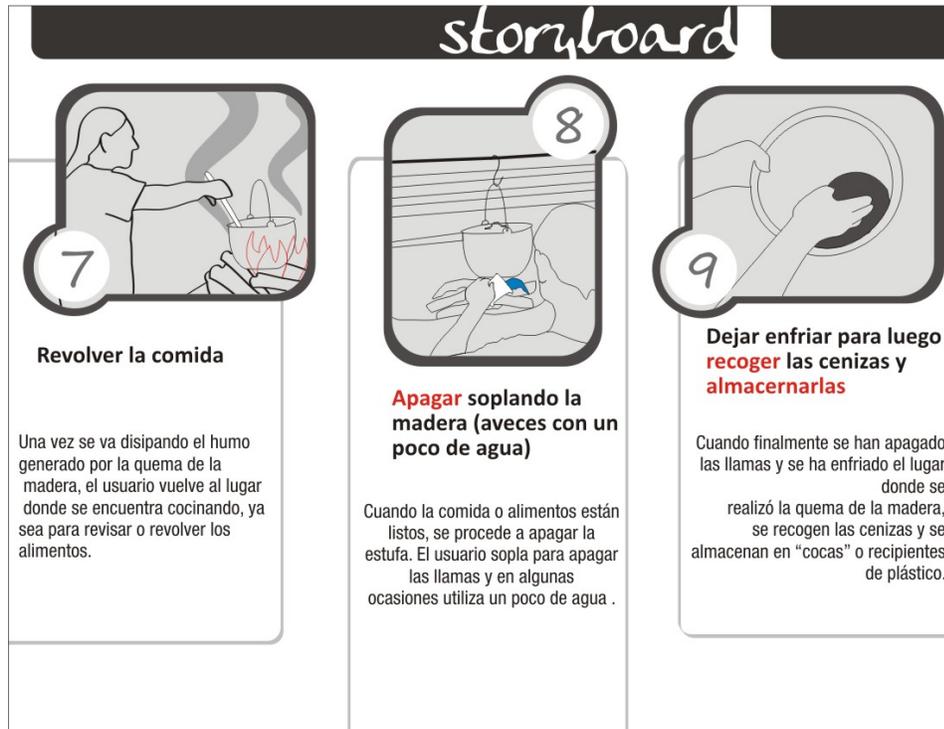
Por medio de una secuencia gráfica de acciones, se puede observar en el story board el proceso que realiza el usuario diariamente al cocinar en un fogón de leña tradicional. Los gráficos fueron abstraídos de las fotografías tomadas en la salida de campo, y la información de cada paso fue completada gracias a los resultados de las entrevistas y la observación del contexto.

De esta manera se observa el desarrollo en tiempo y espacio del proceso de uso, y se encuentran puntos a mejorar y necesidades a desarrollar en el nuevo producto.

En la figura 11 se muestra la secuencia de pasos obtenida según observación de campo e información brindada por los usuarios en las entrevistas.

Figura 11. Storyboard





Fuente. Elaboración propia

- El paso cuatro, que explica la manera como se inicia el fuego o se enciende el horno (con un plástico) presenta una de las etapas más contaminantes en el proceso. Es por esto que debe prestarse especial atención a esta función en el desarrollo posterior del proyecto.
- Las acciones identificadas en el storyboard son las principales que conformaran el listado de las funciones en el análisis funcional, algunas de estas son: almacenar, ubicar, encender, agregar, quemar, apagar, recoger cenizas entre otras.
- Sin embargo, algunas de las acciones no corresponden directamente al desarrollo del producto, ya sea por el alcance del mismo, o porque son acciones que competen solamente la actividad del usuario, tales como: almacenar la leña, agregar leña mientras se quema o revolver la comida.
- La ubicación de elementos como la leña almacenada o las ollas, depende de cada usuario.
- Una acción que es muy importante en la eficiencia de la combustión, es la manera como se corta y se agrega la madera mientras se está quemando (Paso cinco en la figura 11), depende completamente del usuario.

- El humo generado por la quema de la leña es especialmente considerable en el paso seis, donde el usuario tiene que retirarse de lugar donde cocina. El producto debe responder a esta necesidad disminuyendo el humo generando en esta fase.
- El usuario se encuentra en riesgo la mayor parte del proceso ya que el fuego es abierto, y se tiene mucho contacto directo con el mismo. Este aspecto de seguridad debe tenerse en cuenta en el diseño del producto.

3.4 COLLAGES DE ESTILO DE VIDA, CONTEXTO Y USUARIO

El objetivo de los collages de estilo de vida es concluir de manera gráfica la fase de observación, conociendo algunos aspectos fundamentales que deben considerarse en la etapa de conceptualización.

3.4.1 Realización de los collages de estilo de vida, contexto y usuario

Por medio de la visualización de 4 aspectos básicos como son: el usuario, el contexto interno de las casas u hogares, el contexto externo (geográfico) y el estilo de vida, se conocen las características principales del problema actual. De esta manera, se generan unas directrices para el diseño y la elaboración del producto, el cual finalmente debe encajar y estar acorde con los aspectos encontrados en el contexto estudiado.

Los collages recopilan diferentes imágenes tomadas en la salida de campo previamente descrita (Ver figura 12). También algunas fotos en el municipio de Turbo en el Chocó realizadas por una persona externa y colaboradora del proyecto. Otras imágenes se obtienen de bancos de imágenes en internet que relatan el mismo contexto en otros lugares del país e incluso del continente. Además de las imágenes en la parte inferior hay palabras o conceptos que describen de manera corta algunas de las características de cada uno.

3.4.2 Resultado: Collages de usuario, contexto y estilo de vida

Figura 12. Collages usuario, contexto y estilo de vida.





Fuente. Elaboración propia

3.4.3 Análisis: Descripción del usuario y su estilo de vida

- El usuario principal de acuerdo a la investigación realizada es una mujer ama de casa, en algunos de los casos, cabeza de familia. Estas mujeres son fuertes y entregadas a las tareas del hogar como lo es la alimentación de las personas que lo conforman, el cuidado de los niños, entre otras.
- El usuario cocina con leña por tradición y por necesidad. La tradición proviene de sus familias, y la mayoría de alimentos que cocinan tienen un mejor sabor si son cocinados en leña. Esto quiere decir que se considera que el usuario tiene un estilo de vida tradicional (estilo de vida entendido como todo lo que gira alrededor del individuo) y se caracteriza por ser rígido, rústico y conservar herencias y costumbres. (Velásquez, 2005)
- Los hogares descritos como contexto interno son inestables y carecen de buenas condiciones de seguridad e higiene. Por lo general son pequeñas y el humo generado en la quema de la madera se distribuye rápidamente por todas las habitaciones.
- Estas casas constan de un lugar comunitario para dormir (un cuarto acondicionado con varias camas), una cocina, un lavadero que generalmente está en la parte trasera y un patio.
- El contexto externo de estas casas es la mayoría de las veces desconectado y lejano. Pero tal y como se concluyó en las actividades anteriores, no es necesario visitar zonas oficialmente no interconectadas para encontrar hogares que cocinan

diariamente con biomasa. Por lo tanto las características generales que agrupan estas zonas se puede describir como rural, rodeado de naturaleza y recursos de la misma.

- En el estilo de vida de los usuarios de los hornos tradicionales de leña deben resaltarse varios aspectos importantes. El primero de estos es que el nivel de educación de los usuarios es bajo, siendo en la mayoría de los casos analfabetas, lo que exige claridad en el lenguaje del producto. El segundo aspecto se relaciona con su estilo de vida tradicional, y es el uso de objetos “de toda la vida”. Por último se encuentra el tamaño de las familias, las cuales son muy numerosas (entre 6 y 10 habitantes), lo que hace necesario un sistema de cocción rápido y eficiente.
- Los objetos que usan suelen ser baratos, o regalados. Para comer utilizan casi siempre vajillas plásticas por su duración y resistencia. En otros casos usan vajillas cerámicas con decorados florales bastante tradicionales. Entre los objetos que usan para cocinar están las ollas “sancocheras”, la máquina de moler, la olla a presión, la batea y el molinillo para hacer chocolate, entre otros. Sus enseres y muebles son rústicos y en su mayoría bastante antiguos.

4. ENTENDER (Exploración)

4.1 ANÁLISIS DE ERGONOMÍA

El objetivo del análisis de ergonomía es adaptar el diseño del fogón a las tareas, los espacios, el entorno, la capacidad y las necesidades de las amas de casa, buscando mejorar la eficiencia, la seguridad y el bienestar de esta.

4.1.1 Descripción: Aspectos principales del estudio ergonómico relacionados con el proceso de cocción.

En el caso específico de este proyecto se centrará el análisis ergonómico en 3 aspectos principales:

- Fuerzas máximas (Postura de uso).
- Alcances máximos.
- Niveles de calor máximos.

Cada uno de estos aspectos principales se analizó desde dos perspectivas: La primera enfocada en la situación actual y el comportamiento del usuario y la segunda desde las recomendaciones encontradas en libros y documentos de ergonomía consultados que se relacionan en la bibliografía del presente documento.

Finalmente se obtuvo como resultado de este análisis la forma más precisa de garantizar la comodidad, eficiencia, productividad y adecuación desde la perspectiva de quien usa el fogón.

4.1.2 Situación actual y comportamiento del usuario

Para poder analizar las fuerzas, los alcances, los niveles máximos de calor y las posturas de uso adoptadas actualmente por el usuario se hizo necesario un collage (Ver figura 13) con algunas imágenes tomadas tanto de la salida de campo como de otras fuentes.

Figura 13. Collage de posturas adoptadas por el usuario



Fuente. Elaboración propia, adaptado de Westhoff, B y Germann, D (1995).

Después de analizar el usuario mediante la salida de campo y las fotos encontradas en Internet se obtuvieron los siguientes resultados:

- Fuerzas máximas.

La mayoría de las veces los usuarios superan las fuerzas máximas permitidas (ver numeral 4.1.2), cargando ollas demasiado pesadas (más de 25 Kg) y montándolas al horno en posiciones inadecuadas como puede verse en la figura 13.

Cuando se presentan hornos portátiles es importante que los hornos tengan agarraderas para transportarlo, puesto que en los encontrados tanto en la salida de campo como en el estado del arte muchos no las poseen por lo cual el transporte es incómodo.

- Alcances máximos.

Los alcances máximos observados por lo general no están dentro del rango permitido (Ver numeral 4.1.2) y son un problema actualmente para los usuarios.

- Niveles de calor máximos.

Este es un problema que fue detectado en la salida de campo. Los usuarios toman los leños calientes porque ya están acostumbrados y se exponen a niveles de calor muy altos (temperaturas mayores a 40°C) que podrían ocasionarles enfermedades y/o quemaduras.

Por un lado es evidente que el usuario no tiene conciencia del enorme peligro que corre al manipular los leños tan calientes y sumado a esto también es importante anotar que los hornos actuales no proveen un diseño que garantice la seguridad del usuario en el uso y manipulación de los leños.

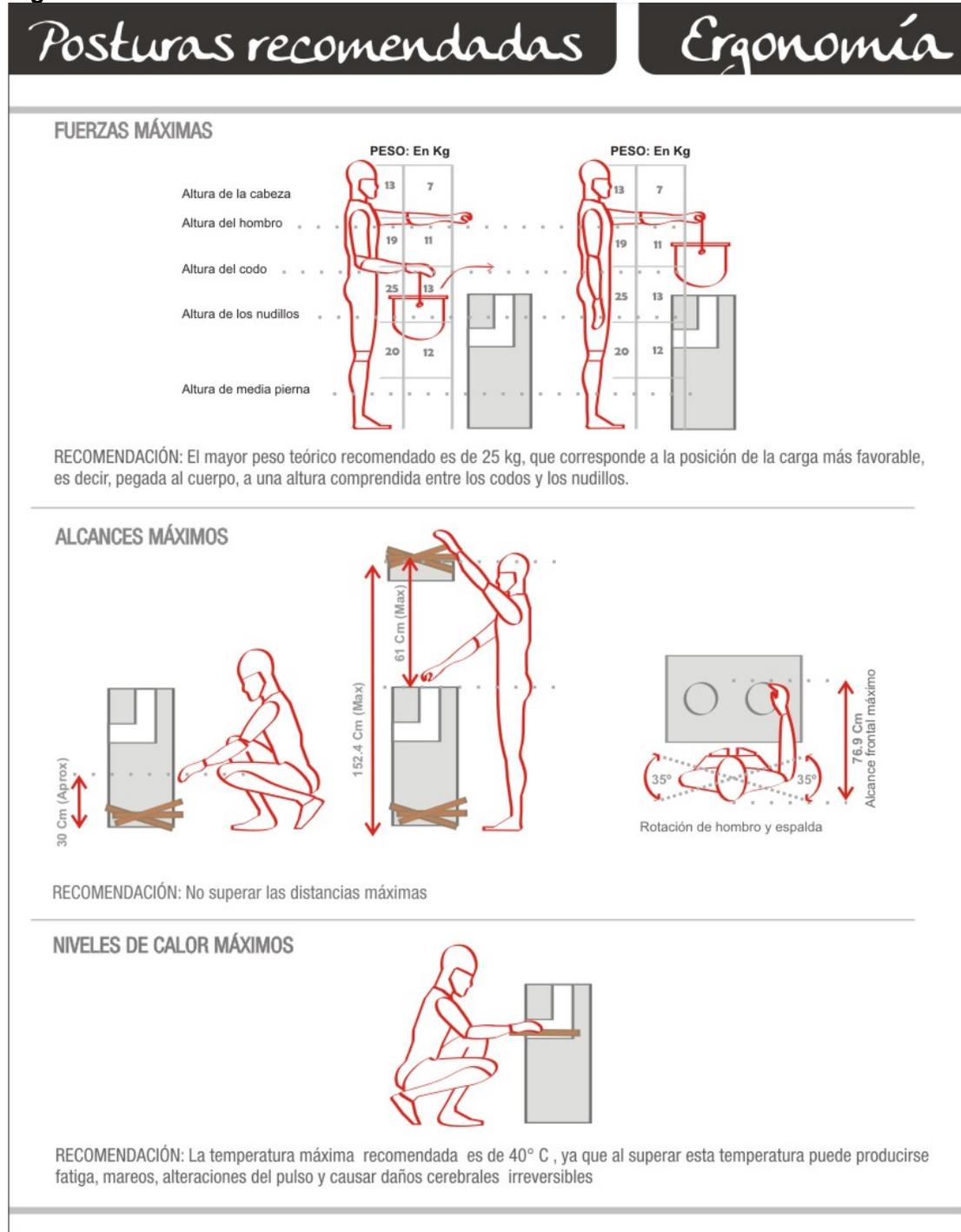
- Postura de uso.

Las posturas son generalmente inadecuadas, los leños se encuentran ubicados muy arriba o muy abajo, haciendo que el usuario tenga que agacharse o reclinarse inadecuadamente ocasionando dolores de columna posteriormente.

En muchas ocasiones los hornos tienen la entrada de leña muy baja y la boca de fuego para poner la olla también muy baja, por lo cual el usuario tiene que agacharse demasiado para ubicar la leña y la olla (ver figura 14).

4.1.2 Recomendaciones

Figura 14. Posturas de uso



Fuente: Elaboración propia, adaptado de Panero, J y Zelnik, M (2004).

4.2 ESTADO DEL ARTE EN TECNOLOGÍA

Los objetivos de la elaboración del estado del arte en tecnología son conocer y evaluar las diferentes configuraciones y diseños de hornos de leña existentes alrededor del mundo, identificando sus fortalezas y debilidades para finalmente determinar el diseño más completo y funcional.

4.2.1 Descripción

Se comenzó con una búsqueda a través de Internet y libros sobre la tecnología y los desarrollos en funcionamiento de los hornos mejorados ya existentes por medio de la cual se logró determinar que cada horno podía clasificarse dependiendo básicamente de la fuente de energía que usa, del tipo de horno que es, de la tecnología que usa y del diseño, para entenderlo mejor se hizo un cuadro de contenido donde se explican cada una de estas clasificaciones.

Después de analizar el cuadro se observó que la diferencia más importante y representativa en los hornos existentes está dada por el diseño, por este motivo se realizó una investigación más a fondo sobre cada tipo de diseño y se encontraron las ventajas y desventajas más representativas de cada uno.

Finalmente se evaluó cada clasificación dando como resultado la fuente de energía más viable, el tipo de horno más apropiado para el tipo de usuario, el tipo de tecnología disponible y el diseño más eficiente y apropiado para el usuario y el contexto.

Los criterios de evaluación usados para seleccionar la fuente de energía más viable están basados en los resultados de la salida de campo y su ponderación y peso corresponde con el grado de importancia expresado por el usuario.

4.2.2 Resultados

4.2.2.1 Cuadro de contenido por clasificaciones

En la figura 15 se presenta un cuadro donde se resumen las clasificaciones encontradas luego de la investigación en Internet y la salida de campo. Cada una de las clasificaciones se explica brevemente en el cuadro, sin embargo se hizo necesario ampliar la información correspondiente al diseño (última columna en la figura 15) debido a su importancia para el proyecto.

Figura 15. Cuadro de contenido por clasificaciones

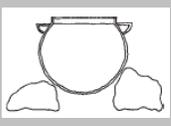
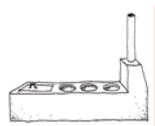
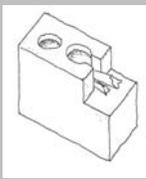
fuentes de energía	fuente elegida: BIOMASA- Como cocinar con madera?			
energía eléctrica No hay acceso a ella. No red.	tipo	tecnología	funcionamiento	diseño
Gas Costo alto Se requiere que la zona sea accesible. Las redes de gas son limitadas	1-estufas Aparato que funciona por combustible o electricidad, destinado a caldear o cocinar. -Portable -Pequeño	1- tradicional características La boca del fogón es grande; se escapa mucho calor y necesita bastante leña para calentarla. No tiene chimenea y el humo sale por las hornillas. Ocupa mucho espacio en las cocinas.	Las estufas mejoradas consisten en una tecnología de fuego cerrado. La técnica de fuego cerrado cuenta con un mecanismo de distribución y control del calor a voluntad del usuario, lo que permite controlar los factores ambientales de la quema de leña, como son la eliminación del humo y el aislamiento del calor y lo que es más importante, lograr mayor eficiencia energética.	1-fuego abierto (3 piedras) Fácil de construir y económica pero es peligrosa y produce mucho humo
Biomasa-madera Bajo costo Fácil acceso	2-cocinas Es un espacio o lugar especialmente equipado para la preparación de alimentos. -Incluye mas elementos -Mayor capacidad y tamaño -No portable -La mayoría deben ser construidas en el mismo lugar de uso	2- mejorada características La boca es pequeña: esto evita las pérdidas de calor. La caja de fuego es baja y es mas pequeña. Necesita menos leña para calentarla y las llamas alcanzan fácilmente las hornillas. Tiene una chimenea que saca el humo afuera de la casa. Puede tener un horno.	Hay varios diseños de fogones mejorados. La diferencia esta en: 1. La forma de hacer la caja de fuego. 2. En los materiales que se usan. 3. En la manera de colocar la chimenea.	2-maciza con chimenea Reduce riesgos, consume menos leña, pero ocupa mucho espacio 3-maciza sin chimenea Fácil de construir y operar, de bajo costo pero no posee chimenea para extraer los gases
energía solar No genera suficiente potencia				4-cerámica (portátil) Ocupa poco espacio y conserva bien el calor y es fácil de construir. Es la mas pesada de las portátiles
carbón No genera suficiente potencia				5-metal (portátil) Consumen menos leña. Comparada con la cerámica ésta conserva menos calor, pero es mas liviana
Petróleo(Gasolina) No genera suficiente potencia				6-mixta con chimenea Alta eficiencia en combustión, tiene mejor apariencia, pero puede ser costosa

Fuente. Elaboración propia

Diseños

En la tabla 4 se presenta un cuadro que describe los diferentes diseños de hornos encontrados y resalta las principales ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

Tabla 4. Tabla resumen del diseño de hornos

	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	IMAGEN
Estufa a fuego abierto	Es una estufa que quema material sea concentrado o disperso que no está contenido en una caja de fuego completamente cerrado.	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil de construir - Económica 	<ul style="list-style-type: none"> - Es peligrosa - produce mucho humo. - La eficacia del calor Es pobre 	
Fogón de tres piedras	Formado por tres piedras de tamaño similar colocadas en forma triangular. En el interior se enciende el fuego, y las ollas se apoyan en ella.	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil de construir - Económica 	<ul style="list-style-type: none"> - Es peligrosa para la salud - produce mucho humo. - La eficacia del calor es pobre - Consume mucha leña 	
Maciza Con Chimenea (Diseño Lorena)	El principal antecedente de las estufas ahorradoras de leña es la denominada LORENA, cuyo nombre es un apócope de las palabras lodo y arena, que son los materiales básicos con los que se construye. Este tipo de estufa consiste de un bloque de barro, con ductos y agujeros donde se colocan los utensilios para cocinar.	<ul style="list-style-type: none"> - La llama está confinada en una cámara - Usa menos leña - Es económica - Fácil de construir. -Tiene chimenea. - Conserva el calor - Calienta la casa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupa mucho espacio - Cámara de combustión muy grande. 	
Maciza sin chimenea (diseño rocket).	Es un fogón de fuego cerrado, que no posee chimenea, consiste en un ducto horizontal para la entrada del aire y del combustible (leña) y un ducto vertical para la combustión. El utensilio para cocinar se coloca en la parte superior del ducto vertical dejando una separación para la salida de los gases de combustión.	<ul style="list-style-type: none"> - Este fogón es fácil de construir - Fácil de operar - Tienen un costo bajo de construcción. - Es más pequeño que el macizo con chimenea. 	<ul style="list-style-type: none"> - Su desventaja principal es que no posee chimenea para extraer los gases desde el interior de la vivienda hacia el exterior. 	
Cerámica (Portátil)	El ejemplo más representativo de este tipo de fogones es el patsari, que es un rediseño de la Lorena. Son construidas en cerámica lo cual hace que conserven mas el calor dentro de la cámara de combustión y no permiten que se pierda.	<ul style="list-style-type: none"> - Portátil - Ocupa poco espacio. - Conserva mas el calor dentro de la cámara. - no permite pérdidas de calor. - Reduce LA contaminación. - Fácil de construir. 	<ul style="list-style-type: none"> - Son más pesadas que las metálicas. 	
Metal (Portátil)	El ejemplo más representativo de este tipo de fogón es el ecofogón de Nicaragua que está construido en metal, este puede presentarse con o sin chimenea dependiendo del uso que vaya a dársele.	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora la salud - Es móvil, lo que permite a la familia trasladarlo cuando se cambia de casa; - Tiene excelente presentación. - Ahorro de leña 	<ul style="list-style-type: none"> - Costos de producción 	
Mixto	Los fogones mixtos, son aquellos que usan tanto material metálico como cerámico en su construcción. Pueden ser de gran tamaño o portátiles, según el área al que vayan dirigidos.	<ul style="list-style-type: none"> - Alta eficiencia en la combustión. - Puede tener chimenea o no tenerla. - Buena presentación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Su costo puede incrementarse por el uso de más materiales. - Su construcción es más compleja. 	

Fuente. Elaboración propia

4.2.2.2 Evaluación de cada clasificación. La evaluación de las clasificaciones se realizó de la siguiente manera:

- **Fuente de energía:** Se realizó una matriz de evaluación ponderada para determinar la fuente más viable según el usuario y el contexto (Ver Tabla 5). En la matriz se evalúan los aspectos principales que según las entrevistas y necesidades del usuario son definitivos a la hora de usar una u otra fuente de energía. Estos son:
 - La facilidad que presente en el acceso de la misma por parte del usuario. Este es uno de los aspectos más importantes con un 20% ya que una de las principales razones por las cuales se usa la biomasa como fuente, es que las demás fuentes son de difícil acceso.
 - La existencia de una red, o una presencia completa de la fuente en todo el país (10%) evalúa que el producto pueda ser usado en la totalidad del territorio nacional.
 - El costo es un factor fundamental dentro de la evaluación, ya que por las condiciones de vida e ingresos económicos del usuario, la mejor fuente es aquella que les brinde la posibilidad de cocinar, a un bajo costo.
 - La posibilidad de mejora (20%). Se refiere a la adaptación de los productos o implicaciones de cada fuente de energía al planteamiento y alcance del proyecto. Deben asegurarse posibilidades de mejora en el campo que se elija, además de la existencia de pocos productos similares en el país (Que no se presente un mercado ya satisfecho). Aún así, la existencia de algunos productos o gestiones similares, asegura y confirma la importancia del tema actualmente.
 - La cantidad de emisiones generadas por el uso de las fuentes de energía es muy importante (10%). En caso que las emisiones de la fuente sean altas, se podría convertir su falencia como una oportunidad de mejora dentro del diseño del producto.
 - Por último la categoría de desempeño, que cuenta con un porcentaje alto (30%), debido a que existen dentro del mismo varios aspectos involucrados, como son la potencia, la facilidad de uso traducida en el número de pasos requeridos para realizar la cocción.

La siguiente matriz evalúa cada fuente de energía con respecto a los criterios explicados anteriormente, dando un valor de 1 para aquellas que no cumplen el criterio, 3 para las que lo cumplen medianamente y 5 para las que lo cumplen.

Tabla 5. Matriz de evaluación del diseño de hornos

FUENTE DE ENERGÍA		Eléctrica		Gas		Biomasa		solar		Petróleo		
		V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	
CRITERIO		PESO										
ACCESO 20%	Obtención del recurso: es fácil y rápido acceder a la fuente	10%	3	0,3	3	0,3	5	0,5	3	0,3	1	0,1
	Esta fuente de energía puede ser usada por cualquier persona	10%	1	0,1	1	0,1	5	0,5	5	0,5	3	0,3
RED 10%	Esta fuente de energía está disponible en todo el territorio del país	10%	1	0,1	3	0,3	5	0,5	5	0,5	3	0,3
COSTO 10%	El costo de la fuente de energía es asequible para estratos bajos y es sostenible la compra o pago de esta fuente a largo plazo	10%	1	0,1	1	0,1	5	0,5	5	0,5	3	0,3
POSIBILIDAD DE MEJORA 20%	Presenta retos en la plantación del producto que use esta fuente	5%	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25
	Se presentan posibilidades de mejorar los productos existentes	10%	1	0,1	3	0,3	5	0,5	3	0,3	3	0,3
	No se presentan desarrollos o productos sustitutos en COLOMBIA	5%	1	0,05	1	0,05	5	0,25	3	0,15	3	0,15
EMISIONES 10%	Al usar esta fuente de energía se generan pocas emisiones al medio ambiente	5%	3	0,15	3	0,15	1	0,05	5	0,25	1	0,05
	Es una energía limpia	5%	1	0,05	3	0,15	3	0,15	5	0,25	1	0,05
FUNCIÓN / DESEMPEÑO 30%	Número de operaciones teniendo en cuenta la función propuesta (COCINAR)	5%	5	0,25	3	0,15	3	0,15	1	0,05	3	0,15
	La potencia que genera esta fuente es suficiente para cocinar, hervir, entre otros	5%	5	0,25	5	0,25	5	0,25	1	0,05	5	0,25
	Su uso implica bajo riesgo para la salud	10%	5	0,5	3	0,3	3	0,3	5	0,5	3	0,3
	Es eficiente: prende y cocina rápidamente usando pocos recursos	10%	3	0,3	3	0,3	3	0,3	1	0,1	1	0,1
TOTAL		100%	2.5		2.7		4.2		3.7		2.6	

V = Valor de calificación para el producto (1, 3, 5) Donde 1 significa que no se cumple el criterio y 5 que se cumple. T = Valor* Porcentaje del criterio

Fuente. Elaboración propia

- **Tipo:** No se hizo matriz de evaluación puesto que la selección del tipo de horno se dio directamente por resultados obtenidos de la salida de campo.
- **Tecnología:** Su selección obedece a su mayoría de ventajas y apropiación con el proyecto.

- **Diseño:** Se evalúa mediante la herramienta de Harris profile (Ver Tabla 6), debido a que esta herramienta permite ver las debilidades y fortalezas de todas las alternativas en forma cualitativa y cuantitativa. Finalmente las debilidades pueden fortalecerse en la alternativa seleccionada y pueden potencializarse las fortalezas.

Después de conocer información acerca de los diseños existentes se establecieron las ventajas y desventajas principales de cada uno y se tradujeron en criterios de evaluación.

Tabla 6. Harris profile del diseño de hornos

Estufa a fuego abierto				
Criterios de Evaluación	-2	-1	+1	+2
Eficiencia en la combustión de la madera	x			
Bajo costo de producción				x
Extracción del Humo	x			
Tamaño adecuado para espacios pequeños	x			
Facilidad de construcción			x	
TOTAL	-3			

Cerámica				
Criterios de Evaluación	-2	-1	+1	+2
Eficiencia en la combustión de la madera				x
Costo de producción			x	
Extracción del Humo		x		
Tamaño adecuado para espacios pequeños			x	
Facilidad de construcción			x	
TOTAL	4			

Fogón de tres piedras				
Criterios de Evaluación	-2	-1	+1	+2
Eficiencia en la combustión de la madera	x			
Costo de producción				x
Extracción del Humo	x			
Tamaño adecuado para espacios pequeños		x		
Facilidad de construcción				x
TOTAL	-1			

Metálica				
Criterios de Evaluación	-2	-1	+1	+2
Eficiencia en la combustión de la madera				x
Costo de producción			x	
Extracción del Humo			x	
Tamaño adecuado para espacios pequeños				x
Facilidad de construcción				x
TOTAL	8			

Maciza con chimenea				
Criterios de Evaluación	-2	-1	+1	+2
Eficiencia en la combustión de la madera			x	
Costo de producción			x	
Extracción del Humo			x	
Tamaño adecuado para espacios pequeños	x			
Facilidad de construcción			x	
TOTAL	2			

Mixta				
Criterios de Evaluación	-2	-1	+1	+2
Eficiencia en la combustión de la madera				x
Costo de producción			x	
Extracción del Humo				x
Tamaño adecuado para espacios pequeños				x
Facilidad de construcción			x	
TOTAL	8			

Maciza sin chimenea				
Criterios de Evaluación	-2	-1	+1	+2
Eficiencia en la combustión de la madera			x	
Costo de producción			x	
Extracción del Humo		x		
Tamaño adecuado para espacios pequeños		x		
Facilidad de construcción			x	
TOTAL	0			

Fuente. Elaboración propia

4.2.2.2 Resultados de la evaluación de cada clasificación

Después de evaluar cada clasificación se resaltaron con amarillo los resultados tal como se muestran en la figura 16 dando como resultado una “Estufa que utiliza tecnología mejorada portátil con chimenea y materiales mixtos”.

Figura 16. Cuadro de contenido por clasificaciones evaluado

fuentes de energía	fuente elegida: BIOMASA- Como cocinar con madera?			
<p>energía eléctrica No hay acceso a ella. No red.</p> <p>Gas Costo alto Se requiere que la zona sea accesible. Las redes de gas son limitadas</p> <p>Biomasa-madera Bajo costo Fácil acceso</p> <p>energía solar No genera suficiente potencia</p> <p>carbón No genera suficiente potencia</p> <p>Petróleo(Gasolina) No genera suficiente potencia</p> <p>Resultado:</p>	<p>tipo</p> <p>1-estufas</p> <p>Aparato que funciona por combustible o electricidad, destinado a caldear o cocinar.</p> <p>-Portable -Pequeño</p> <p>2-cocinas</p> <p>Es un espacio o lugar especialmente equipado para la preparación de alimentos.</p> <p>-Incluye mas elementos -Mayor capacidad y tamaño -No portable -La mayoría deben ser construidas en el mismo lugar de uso</p>	<p>tecnología</p> <p>1- tradicional</p> <p>características La boca del fogón es grande; se escapa mucho calor y necesita bastante leña para calentarla. No tiene chimenea y el humo sale por las hornillas. Ocupa mucho espacio en las cocinas.</p> <p>2- mejorada</p> <p>características La boca es pequeña: esto evita las pérdidas de calor. La caja de fuego es baja y es mas pequeña. Necesita menos leña para calentarlo y las llamas alcanzan fácilmente las hornillas. Tiene una chimenea que saca el humo afuera de la casa. Puede tener un homo.</p>	<p>funcionamiento</p> <p>Las estufas mejoradas consisten en una tecnología de fuego cerrado. La técnica de fuego cerrado cuenta con un mecanismo de distribución y control del calor a voluntad del usuario, lo que permite controlar los factores ambientales de la quema de leña, como son la eliminación del humo y el aislamiento del calor y lo que es más importante, lograr mayor eficiencia energética.</p> <p>Hay varios diseños de fogones mejorados. La diferencia esta en:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La forma de hacer la caja de fuego. 2. En los materiales que se usan. 3. En la manera de colocar la chimenea. 	<p>diseño</p> <p>1-fuego abierto (3 piedras) Fácil de construir y económica pero es peligrosa y produce mucho humo</p> <p>2-maciza con chimenea Reduce riesgos, consume menos leña, pero ocupa mucho espacio</p> <p>3-maciza sin chimenea Fácil de construir y operar, de bajo costo pero no posee chimenea para extraer los gases</p> <p>4-cerámica (portátil) Ocupa poco espacio y conserva bien el calor y es facil de construir. Es la mas pesada de las portátiles</p> <p>5-metal (portátil) Consumo menos leña. Comparada con la cerámica ésta conserva menos calor, pero es mas liviana</p> <p>6-mixta con chimenea Alta eficiencia en combustión, tiene mejor apariencia, pero puede ser costosa</p>
	<p>Estufa que utiliza tectología mejorada portátil con chimenea y materiales mixtos</p>			

Fuente. Elaboración propia

4.2.3 Análisis de los resultados y conclusiones

- Los diseños que presentaron mayor puntaje son aquellos que poseen más fortalezas y sobre los cuales se basará el diseño del horno.
- Aunque el diseño de horno metálico y el diseño de horno mixto tuvieron el mismo puntaje se diferencian en el criterio de facilidad de construcción y extracción del humo.

- El horno con diseño metálico tiene muchas fortalezas y puede ser mejorado si se disminuyen los costos de producción y se mejora la extracción del humo.
- El horno con diseño mixto tiene muchas fortalezas y puede ser mejorado si se disminuyen los costos de producción y se mejora la producción.
- A partir de esta etapa las investigaciones, la búsqueda de información, la generación de alternativas, etc. Estarán basados concretamente en hornos que utilizan tecnología mejorada portátil.

4.3 GUÍA DE OBSERVACIÓN (PRODUCTOS COMPETENCIA)

Con la guía de observación para los productos ya existentes se pretende obtener información organizada acerca de diferentes hornos mejorados ya existentes, conociendo su lugar de fabricación y otras especificaciones de funcionamiento y tamaño. De esta manera identificar y tener estos hornos como fuente de referencia en este proyecto.

4.3.1 Descripción

Se comenzó con una búsqueda en Internet acerca de proyectos en otros países referentes al tema de hornos de cocción con biomasa. A raíz de esta búsqueda se encontró un documento muy completo llamado “ESTUFAS EN IMÁGENES. Una documentación sobre las estufas mejoradas y tradicionales de África, Asia y América Latina” (Beatrix Westhoff y Dorsi Germann, 2001).

Por medio de la información contenida en este documento se creó una guía o cuadro de observación donde se recopilaron los hornos más representativos de diferentes países organizados por nombre, tipo, usuario, país, fuente de energía, tamaño, fabricante, materiales y técnica de fabricación.

4.3.2 Resultados

En la tabla 7 se presenta un ejemplo sacado de la guía de observación de productos de la competencia. (Para ver toda la tabla ver Anexo E).

Tabla 7. Tabla resumen de la Guía de observación (productos competencia)

Nombre del horno	Tipo	Imagen	Usuario	País (Otras condiciones geográficas)	Fuente de energía
1 "3-Piedras" Tradicional	Estufa tradicional		Mujeres, hogares, hombres, pequeños comercios, restaurantes	Burkina Faso, Kenya, Rwanda, Pakistán, Nicaragua, regiones rurales y urbanas	Leña
2 Estufa Ambo (Ambo Metat)	Estufa Mejorada		Hogares, mujeres, zonas urbanas y rurales	Etiopía, Ambo, Addis Ababa	Leña
3 Albarka / 3-Piedras Mejorada	Estufa Mejorada		Familias, mujeres, restaurantes	Níger: zona rural (Tillabéri, Tahoua, Dosso), Rwanda: prefecturas de Butare, Kigali, Gitarama y Kibuye	Leña, residuos agrícolas
4 Chulha tradicional en forma de U	Estufa Mejorada		Hogares rurales, mujeres	India, Haryana, Dhanawas, Karnataka, Ungra, Kerela, comarcas rurales	Tallos de mostaza, leña

Tamaño	Por quien es fabricado e instalado	Materiales	Técnica de fabricación
	Las mujeres en general (En Burkina Faso por tradición) es la suegra de la recién casada. Las mismas familias. Hombres que trabajan en el sector del comercio y de la artesanía.	3-Piedras	Colocación de piedras en un triángulo equilátero, a veces rodeadas de paredes, trozos de plancha o de cerámica para proteger el fuego contra el viento. Según la disponibilidad de los materiales las tres piedras pueden sustituirse por ladrillos.
Dimensiones estándar: mm ø: 150 – 200: Una olla 200 – 250: Dos ollas	Técnicos instruídos en el trabajo con barro(arcilla, lodo) por la empresa Mud Block Factory Ambo/G.U.S. Sector informal.	Barro, chimenea revocada también con barro	Barro, chimenea revocada también con barro
Varían según las ollas.	Voluntarios capacitados en las aldeas, mujeres (usuarias). En Rwanda: Constructores capacitados + el apoyo de la familia, mujeres.	Piedras, tierra arcillosa, mezclada con paja y estiércol de vaca.	Modelado con la olla correspondiente: colocar las piedras en triángulo equilátero, rodear con los materiales manteniendo la olla sobre las piedras; a la altura de las asas de la olla, retirar ésta última dejando el espacio adecuado entre la olla y la estu
Diferentes tamaños que dependen de las medidas de la olla, del número de ollas y del número de miembros de familia	Usuarías, amas de casa	Barro, ladrillos, arcilla, estiércol de vaca	Se construye con ladrillos, luego se recubre con barro o arcilla, y por último, manualmente se apisona el lodo y se le da la forma requerida

Fuente. Elaboración propia

4.3.3 Análisis de los resultados y conclusiones

- El tema de los hornos mejorados ha sido tratado en muchos países del mundo, lo cual se evidencia en el documento “Estufas en imágenes” donde aparecen cientos de ellos, sin embargo es una realidad que aunque hay varios en Americana latina, no se encuentra evidencia de ningún desarrollo propiamente en Colombia.
- Cada horno mejorado tiene diferentes especificaciones dependiendo del país donde vaya a ser utilizado.
- Se evidencia Colombia como un nicho importante aun no cubierto para desarrollar Hornos mejorados adaptados a las condiciones del país.
- La mayoría de los hornos mejorados desarrollados en otros países son fabricados aun por los mismos usuarios después de que estos reciben simplemente una charla informativa de cómo construirlo.
- Son las amas de casa mujeres las usuarias potenciales de los hornos mejorados.
- La fuente más común de energía es la leña o biomasa.
- La mayoría de estos hornos alrededor del mundo están fabricados en materiales cerámicos.

4.4 PDS: Especificaciones de Diseño para el Producto

Con las especificaciones del producto se traducen los deseos y necesidades encontrados mediante la salida de campo y la investigación en fuentes como Internet y libros, a términos de especificaciones o requerimientos de diseño para que sean una guía en la etapa de generación de alternativas, fabricación y en general a lo largo del proyecto.

4.4.1 Descripción

Se tomaron los puntos más relevantes de las entrevistas y de las guías de observación y se listaron varias necesidades y deseos de los entrevistados. Luego estas necesidades y deseos se clasificaron siguiendo el modelo propuesto por Pugh. (Pugh, 1990)

Luego para completar el PDS se listaron aspectos tomados del análisis de ergonomía y de las guías de observación de los productos de la competencia y se clasificaron de manera similar a las necesidades que se encontraron en el análisis de las entrevistas.

Finalmente se tradujeron todos estos a términos de requerimientos que se clasificaron como deseos o necesidades.

4.4.2 Resultados: Especificaciones para el producto

En la tabla 8 se encuentra un listado de los requerimientos debidamente clasificados y ordenados de acuerdo a su importancia.

Tabla 8. Especificaciones para el producto

	REQUERIMIENTOS	D/D
Desempeño	La secuencia de uso del producto se realizara en máximo 7 pasos	d
	El tiempo de calentamiento del horno debe producirse en máximo 20 minutos	D
	La superficie en la cual se calentaran los alimentos debe tener agujeros para las ollas de mínimo 15 cm de diámetro	D
	El horno tiene un sistema que permite la ubicación de diferentes tamaños de ollas	D
	La distancia del centro de masa al punto más externo del producto es de mínimo 15 cm	d
	El sistema es estable garantizando que máximo la altura debe ser 3 veces el ancho del producto. Ancho=1/3h	D
	El tamaño del producto es adecuado para espacios pequeños por lo tanto no debe exceder un volumen de 1mt*1mt*1mt	D
	El sistema permite ubicar de 1 a 3 ollas	D
	El horno posee una capacidad interna para máximo 3 kg de leña	d
	Para transportar el sistema no es necesario desarmarlo, por esta razón no debe pesar más de 25 kg	D
Costo	En el sistema se pueden usar diferentes tipos de biomasa	D
Costo	El producto final debe tener un valor entre \$40.000 y \$80.000	D
Ergonomía y seguridad	Su transporte es cómodo para el usuario por lo tanto el sistema posee como mínimo 2 elementos de sujeción	D
	El contacto del usuario con el horno debe ser segura, entonces el sistema debe tener una temperatura externa de máximo 38°C	D
	Una sola persona debe ser capaz de cargar y usar el producto	D
	La superficie de cocción debe estar a un alcance frontal máximo de 77 cm	D
	El sistema disminuye la emisión de humo dentro de los hogares, por esto incluye una chimenea dispuesta en la parte trasera del horno o una cámara de combustión que disminuya la cantidad de humo generada en la quema de madera	d
	Los materiales de la parte externa de la cámara son aislantes, es decir poseen una conductividad térmica baja	D
	La altura de la boca donde se posiciona la olla debe estar en un rango de altura de 90 cm aproximadamente.	D
	El sistema no es peligroso al tacto, por lo cual no posee ninguna arista viva, presentando radios de mínimo 5mm	D
	La ubicación de los leños para alimentar el fuego debe estar a máximo 150 cm y mínimo 30 cm por encima del suelo	D
Mantenimiento	El mismo usuario puede realizar el mantenimiento del sistema, ya que este presenta espacios amplios para limpieza, de mínimo 10 cm de ancho, ángulos de fácil acceso, y no existe presencia de aristas vivas internamente	D
	El sistema se divide en partes claras en el producto, de manera que estas se puedan retirar en caso de daño o rompimiento, existen de 2 a 4 sistemas en el producto: cámara de combustión, parte externa, superficie de cocción y soporte	d
	El sistema posee un modulo que permite extraer las cenizas fácilmente, de manera que no se necesite limpiarlo todo a diario. Además este modulo permitirá la re-utilización de las cenizas.	D

Ciclo de vida	El sistema tiene un ciclo de uso de 3 veces por día, de esta manera se prevé que el producto posea una durabilidad de 20 años	d
Estética y forma	El producto es estéticamente agradable ya que maneja proporción y simetría, usando como herramientas la proporción aurea y la geometrización del producto.	d
	El producto en su estética es acorde con el contexto que lo rodea, es por esto que debe estar referenciado a un referente tanto en formas y colores que lo identifique con la cultura y el estilo de vida	D
	Las formas del producto deben ajustarse al nivel de vida y el nivel de educación del usuario, por lo tanto deben ser simples y seguir la función.	D

Fuente. Elaboración propia

4.4.3 Análisis de los resultados y conclusiones

- Lo más importante a la hora de generar alternativas es el desempeño del horno, puesto que es una de las necesidades más enunciadas por los usuarios.
- El costo es otro factor importante ya que por los bajos recursos que tienen los usuarios es para ellos muy difícil comprar un horno costoso.
- La ergonomía es un factor muy importante ya que como se evidenció en el numeral 4.1.2 las posturas adoptadas por el usuario no son adecuadas aún cuando este no se percate de ello debido a que realiza sus actividades de cocción como algo rutinario y habitual.
- Aunque la estética no esté dentro de las características más importantes, si se tomó en cuenta, ya que de las entrevistas y la salida de campo concluimos que los usuarios si quieren que el horno se vea bonito y que se les vea bien en sus cocinas.

5. CONCEPTUALIZAR (Desarrollo)

5.1 ANÁLISIS FUNCIONAL

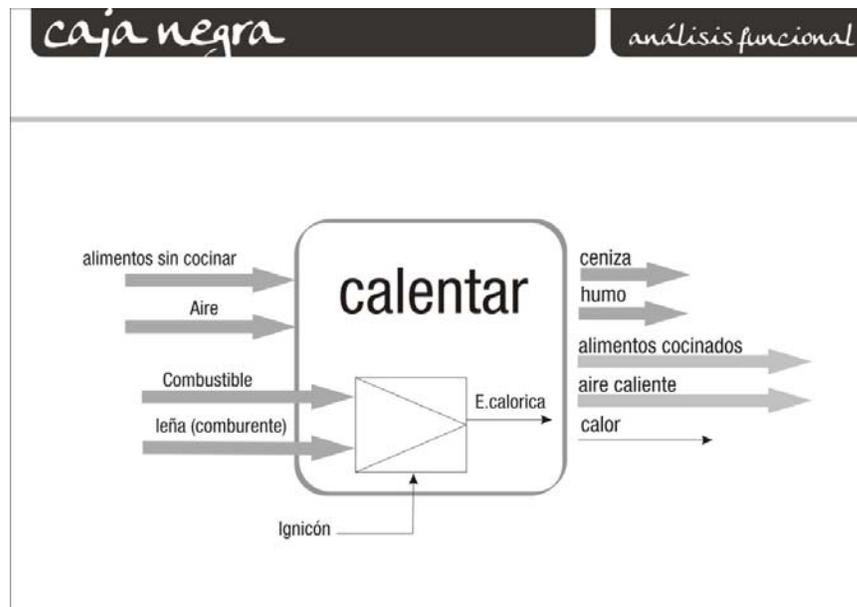
El objetivo de realizar el análisis funcional fue el de poder identificar las funciones, aspectos de diseño y funcionamiento que se encuentran implicadas en el desarrollo completo del horno por medio de diferentes herramientas, conceptuales y de investigación.

Luego de la realización del proceso conceptual en el análisis funcional lo que se obtiene son rutas factibles y combinaciones de componentes que empiezan a dar una estructura interna y externa de lo que será el producto.

Además de utilizar un análisis funcional como una propuesta conceptual, se realizó un análisis desde la parte investigativa que involucró los aspectos importantes en el diseño y funcionamiento de hornos mejorados. (Ver ANEXO F)

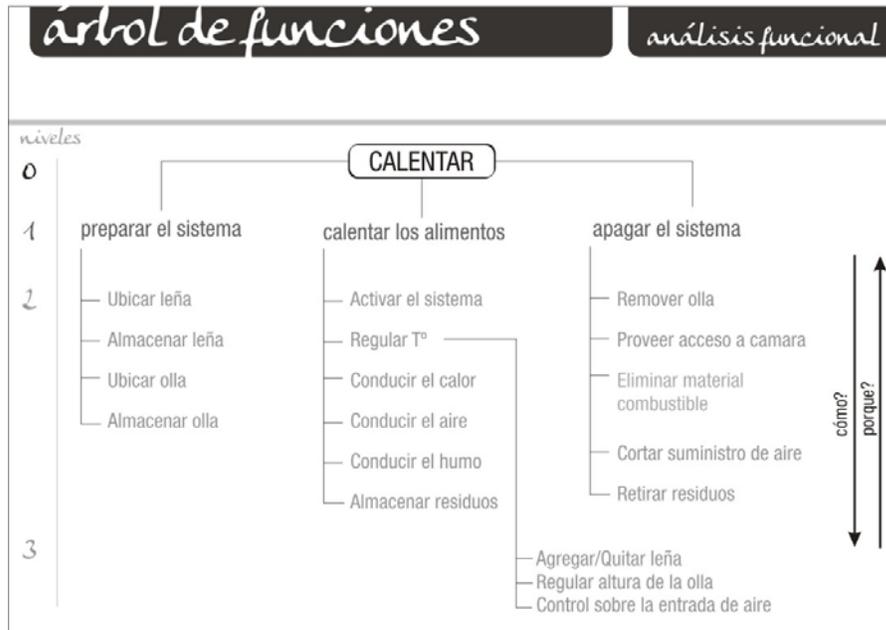
5.1.1 Análisis conceptual

Figura 17. Caja negra



Fuente. Elaboración propia

Figura 18. Árbol de funciones



Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Árbol de funciones con las excepciones para la matriz

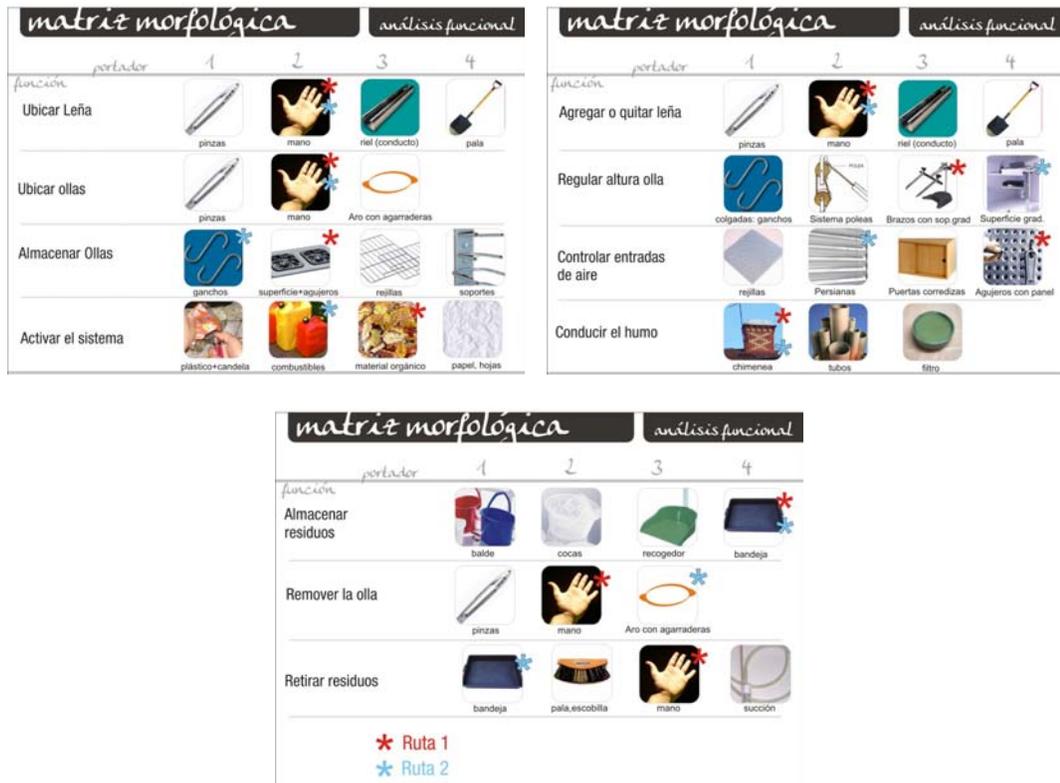


Fuente: Elaboración propia

En el árbol de funciones (Figura 18) se identifican los tres grupos principales de funciones se agrupan según el proceso de la combustión, estos son: preparar el sistema, calentar los alimentos y apagar el sistema. Los tres son importantes para hablar de una eficiencia completa en el producto.

Algunas de las funciones que se presentan en el árbol, involucran principios físicos o de diseño que serán detallados más adelante (Figura 19), por lo cual no se tienen en cuenta en la matriz morfológica (vista en la figura 20), tales como el almacenamiento de la leña mientras esta se quema (diseño de cámaras de combustión), además de las funciones relacionadas con la conducción de calor, y otros fenómenos físicos, que serán analizados desde experimentos más adelante (Detallar), para observar de cerca el comportamiento del aire, el humo, y la combustión.

Figura 20. Matriz morfológica con rutas factibles



Fuente: Elaboración propia

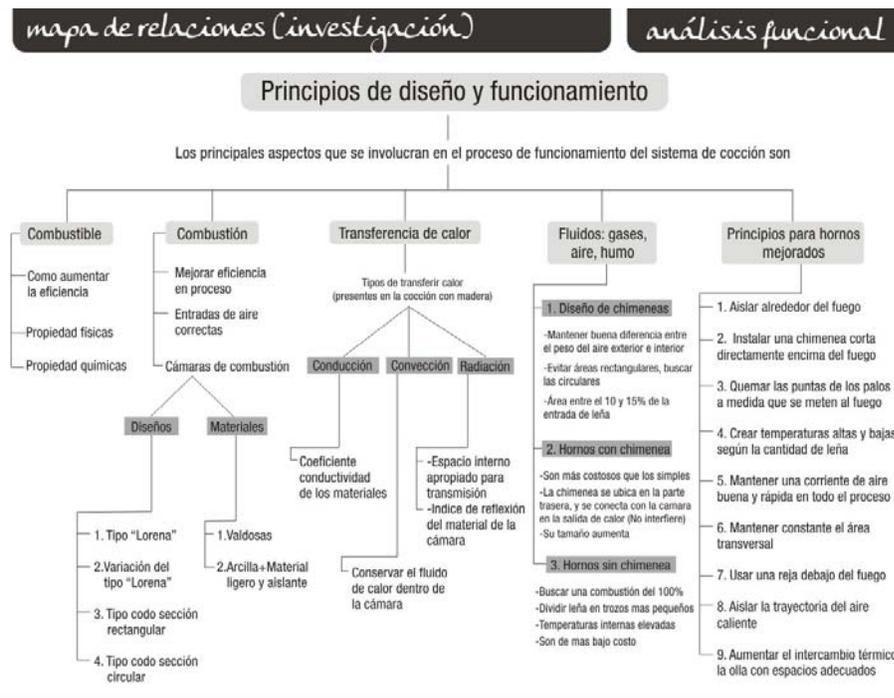
En la arquitectura de producto (ver numeral 5.2), se identificaron algunas funciones que serán realizadas por el mismo usuario, tales como la ubicación de la leña y la olla, agregar leña y remover la olla. De esta manera se simplifica el producto se disminuye el número de partes y se reduce complejidad en el proceso de uso.

Durante el proceso de análisis funcional desde el aspecto conceptual se encontró que las funciones en las que el proyecto debe prestar más atención, por representar *key benefits* (Beneficios y puntos fuertes de diferenciación) en el producto son la activación del sistema, el almacenamiento de la leña, es decir, el diseño de la cámara de combustión, la conducción optima de aire, calor y humo y el almacenamiento de cenizas. Este último aspecto, encontrado claramente como una necesidad en la salida de campo realizada.

5.1.2 Análisis investigativo

En la figura 21 se presenta un mapa de relaciones que muestra los aspectos más importantes en el diseño y funcionamiento de hornos mejorados. Es un resumen de la investigación realizada para este tema. Para conocer la investigación y documento completo, ver el ANEXO F.

Figura 21. Mapa conceptual resumen de los principios de diseño y funcionamiento



Fuente: Elaboración propia

Por medio del análisis funcional desde la investigación se identificaron finalmente cinco aspectos fundamentales para tener en cuenta en el diseño de detalle y la generación de alternativas, estos son: el combustible usado, el proceso de combustión, los mecanismos y eficiencia en la transferencia de calor, el diseño de sistemas que permitan la evacuación de gases y humo y los principios de diseño establecidos en la construcción de hornos mejorados.

El análisis investigativo dio una nueva retroalimentación al proceso de diseño en cuanto al manejo de los fluidos: humo y gases contaminantes. Tal y como se había planteado en la fase de entender, capítulo 4, y luego de analizar la bibliografía y hornos mejorados existentes, se toma como opción final desarrollar una estufa que utiliza tecnología mejorada con chimenea y materiales mixtos. (Ver figura 16). Lo anterior se vuelve a evaluar en el presente capítulo, donde gracias al análisis funcional investigativo, se encontró, que la chimenea es poco usada en tecnologías de hornos portátiles.

Lo fundamental en el proceso de combustión para lograr que el horno mejore las opciones actuales de los usuarios es reducir la cantidad de leña usada, reducir el humo, permitir la reutilización de desechos y minimizar las pérdidas de calor, lo que se traduce en lograr un proceso de combustión eficiente.

El diseño de chimeneas se encuentra presente principalmente en cocinas u hornos de gran tamaño. Los hornos mejorados portátiles, cuentan con una cámara que está diseñada para realizar una combustión altamente eficiente (si es posible incluso del 100% de toda la leña usada) y la mayoría de estos diseños queman todos los gases contaminantes en su interior. Existen hornos mejorados portátiles con chimeneas, pero estos son más costosos y complejos para la producción. De esta manera se encuentran estas dos opciones para el producto, la de tener chimenea y ser más costoso y menos portátil, o la de no tenerla y optimizar al máximo la combustión. Para el presente proyecto, no se considera la inclusión de una chimenea en el diseño, ya que en la mayoría de los hornos portátiles consultados no considera estrictamente necesaria la utilización de una chimenea si se cuenta con una cámara de combustión como las sugeridas (Hatfield, 2004). Además aumenta los costos de producción y el tamaño del producto.

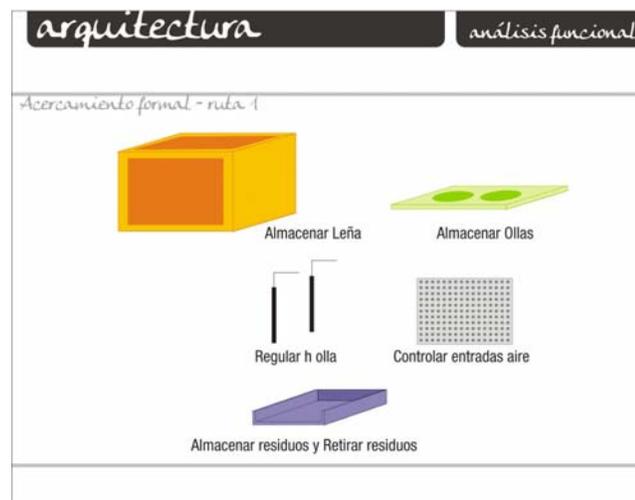
Finalmente, se destaca que de los cuatro diseños de cámaras (Ver en el documento o mapa conceptual la combustión, diseño de cámaras de combustión, figura 21), tres de ellos se ajustan bien al tamaño y alcance del presente proyecto, los cuales permiten una fácil adecuación en un horno portátil, estos son: el codo de sección rectangular, el codo de sección circular, y el codo mixto. Lo anterior debido a su tamaño reducido, a tener una sola entrada de leña y una sola salida de calor y su peso.

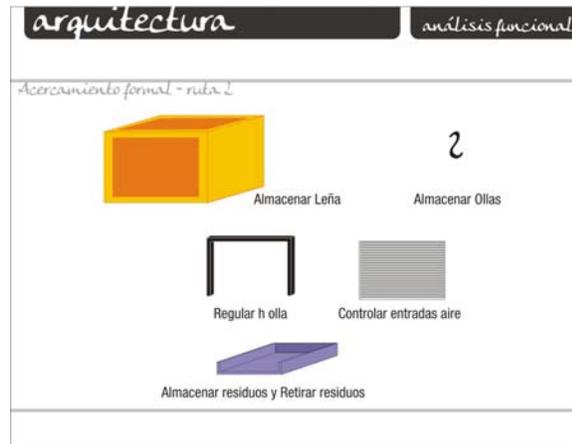
5.2 ARQUITECTURA DEL PRODUCTO

Tomando como base los resultados de las rutas factibles en la matriz morfológica (Análisis funcional), se dan formas y proporciones reales a los componentes previamente seleccionados, como se observa en la figura 22.

Luego de dar forma a estos componentes, se organizan de manera que sus conexiones sean coherentes con su funcionamiento, es decir, evitando relaciones incidentales, que impidan la realización óptima de cada una de estas funciones. Una vez se reorganizan los componentes, surgen ideas para la etapa de generación de alternativas. En este caso, el tener 2 rutas factibles arroja 2 arquitecturas diferentes, que muestran gráficamente (Ver figura 23) y por medio de proporciones y formas, una aproximación de lo que podría ser el producto.

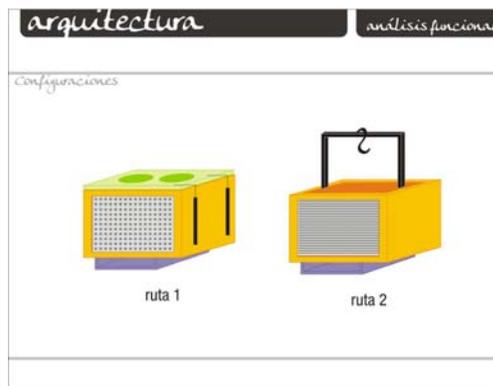
Figura 22. Acercamiento formal para las 2 rutas factibles





Fuente: Elaboración propia

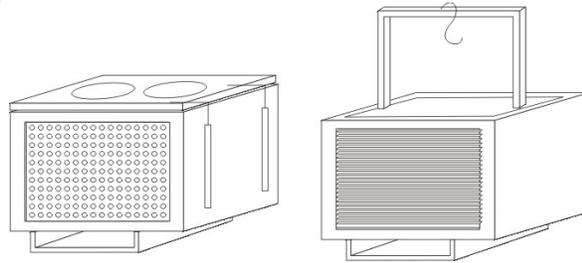
Figura 23. Configuraciones resultantes



Fuente: Elaboración propia

La realización de la arquitectura de producto, finalizó en 2 configuraciones ya conocidas y observadas durante la etapa de investigación, como pueden observarse en la figura 24. Esto se traduce en que el diseño de hornos de este tipo esta dado y sigue la lógica de los principios físicos y de diseño ya existentes. El cambio de posición de los componentes de manera arbitraria o diferente, podría ir en contra de la optimización del proceso de combustión del cual se habló en el análisis funcional. Las posibilidades de variar la arquitectura ya conocida de estos hornos, no aseguran su óptimo funcionamiento. De esta manera, la arquitectura final se traduce en la utilización de ambas configuraciones, permitiendo usar ambas para el desarrollo posterior de alternativas, y que da la flexibilidad de alternar algunos elementos, creando arquitecturas posibles que no limiten la generación de alternativas.

Figura 24. Dos arquitecturas finales



Fuente. Elaboración propia

Las configuraciones resultantes, brindan una aproximación en forma y proporción que permite visualizar el producto desde sus funciones y así convertirse en una ayuda en la generación de alternativas.

5.3 ANÁLISIS FORMAL: Referente formal

En esta etapa se toman en consideración aspectos claves como la tradición que rodea los usuarios, las costumbres y la conservación de las mismas, y el hecho de que el uso del producto y su apariencia deben ser sencillos, debido las características del usuario citadas previamente, como su bajo nivel educativo. Siguiendo con las directrices para el diseño, según las cuales el producto debe encajar y adaptarse al contexto, se parte de los productos que rodean al usuario en su vida diaria. Finalmente la emoción de “Lo cercano y lo familiar” reúne todos estos aspectos, como se observa en la figura 25.

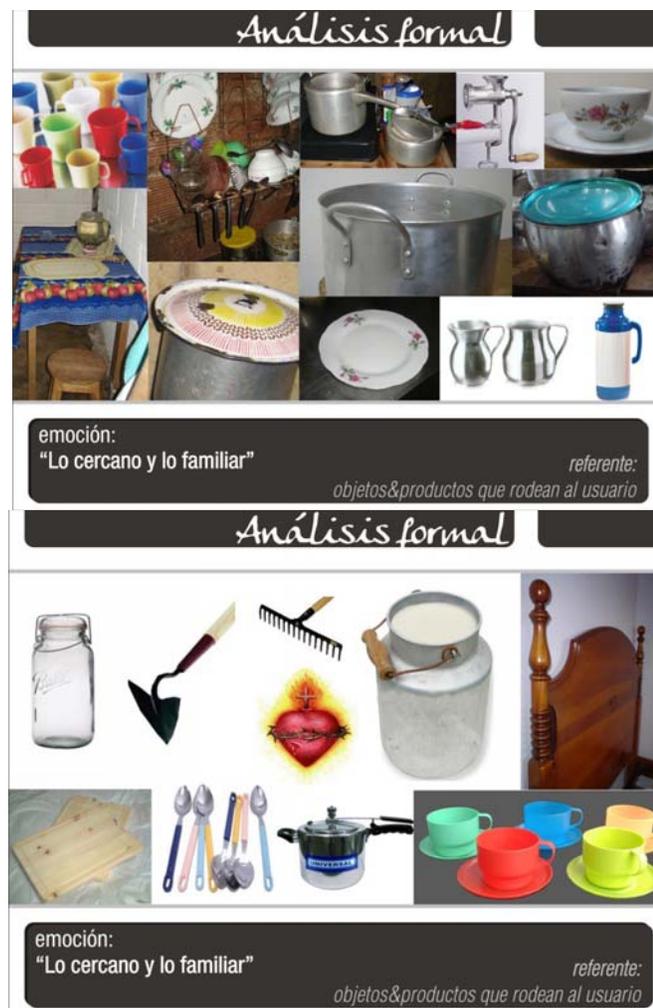
Es importante hacer que el usuario se sienta familiarizado con el producto desde que lo conozca, así será más fácil realizar una transición del horno tradicional de leña usado por muchos años, a un horno mejorado. La apariencia del producto debe parecerle conocida, aun así debe presentar formas limpias y agradables que los hagan querer tenerlo.

Otro de los aspectos fundamentales en la selección de esta emoción, es el hecho de la percepción del costo del producto. En el caso en que el producto tuviera un diseño complejo y ambicioso, estos usuarios podrían llegar a pensar que el costo del mismo es elevado, y esto aspecto sería muy negativo a la hora de realizar un proceso de transición, consecución y adaptación del mismo. Por otro lado, apelando a realizar un

diseño que conserve las formas y apariencia que ya conocen, lo percibirán más asequible (Como las vistas en la figura 26). Lo anterior no implica poco desarrollo en diseño, por el contrario, significa que el diseño debe equilibrar dos factores fundamentales: ser lo suficientemente familiar y tradicional, pero a la vez tener ese aspecto diferenciador y agradablemente estético que haga que los usuarios deseen tenerlo.

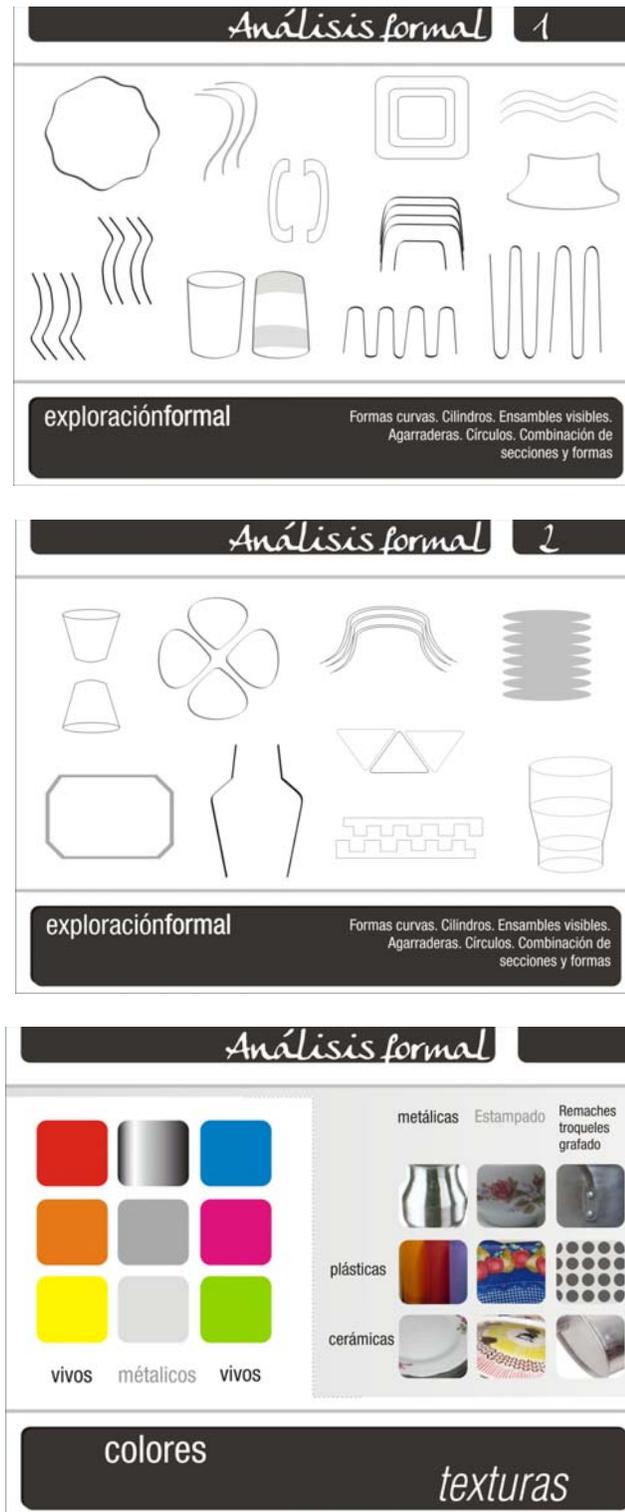
5.3.1 Collages del referente formal, exploración formal, colores y texturas

Figura 25. Collage de la emoción



Fuente: Elaboración propia

Figura 26. Exploración formal, colores y texturas extraídas de la emoción



Fuente. Elaboración propia

5.3.2 Especificaciones formales para el producto

- Formalmente el diseño puede presentar combinaciones de formas curvas y rectas, secciones predominantes como cilindros. Además la mayoría de los productos que reflejan la emoción presentan ondas de diferente tipo como se aprecia en la exploración formal.
- Los colores presentan una gran variedad, mezclando los vivos con los metálicos y la madera.
- Las texturas dan un indicio de lo que podrían ser los procesos usados, proponiendo la existencia de partes troqueladas y grafadas, ensambles visibles pero limpios y el uso de remaches.
- Presencia de muchos estampados, de diferentes formas y colores que expresan la parte tradicional, alegre y rural del usuario.
- Es importante reflejar la variedad encontrada en este análisis, en los materiales que van desde los plásticos y metálicos hasta los cerámicos.

5.4 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS

5.4.1 Lluvia de ideas

El primer paso en la generación de alternativas es realizar una lluvia de ideas o sesiones creativas que permitan realizar un acercamiento previo a la solución, de esta manera no se pretende llegar a la solución de manera inmediata, si no empezar un proceso creativo que evolucionara hasta llegar a la elección de un concepto final.

En esta etapa se realizaron sketches rápidos que respondían a preguntas como: ¿Cómo cocina con leña?, ¿Cómo mejorar los hornos ya existentes? O simplemente se dibujaban ideas previas y poco detalladas, de las cuales, algunas se consideraron para continuar evolucionando en el desarrollo de alternativas preliminares.

En la figura 27 se muestran algunos de los sketches realizados en la lluvia de ideas.

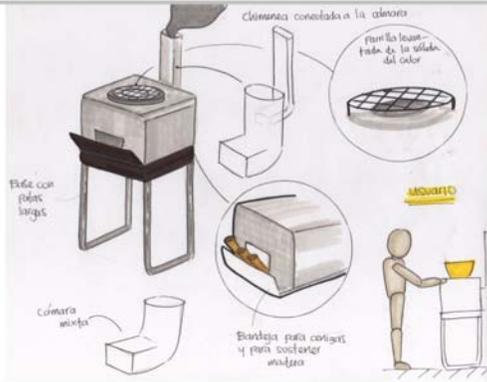
Estos renders representan principalmente, formas, materiales e ideas y contienen unas aproximaciones básicas de las cámaras de combustión. En las alternativas puede verse que las cámaras de combustión son formalmente diferentes (diferentes secciones: Cilíndricas y Cuadradas), ya que la definición de la geometría se realiza en una etapa posterior.

Figura 28. Alternativas preliminares



Generación de alternativas

Alt. 3



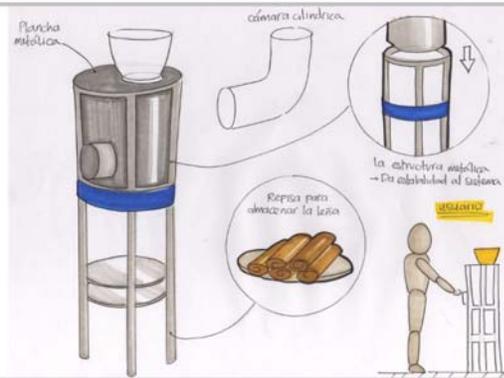
Cámara de combustión: mixta

Patas+chimenea

Materiales mixtos: cerámica y metal

Generación de alternativas

Alt. 4



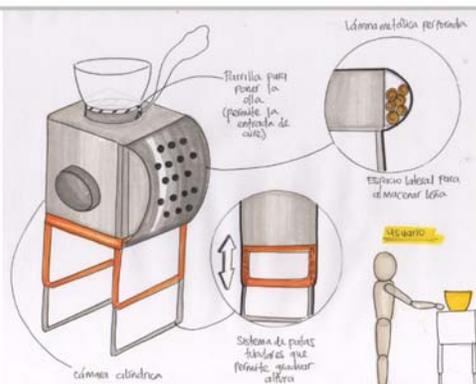
Cámara de combustión: cilíndrica

Estructura estable

Materiales mixtos: cerámica y metal

Generación de alternativas

Alt. 5



Cámara de combustión: cilíndrica

Espacio para madera+patas

Materiales mixtos: cerámica y metal



Fuente: Elaboración propia

5.4.3 Evaluación de las alternativas preliminares: Harris profile

La evaluación de alternativas preliminares se realizó mediante la herramienta de Harris profile (Ver Tabla 9) la cual se elaboró partiendo del PDS y las conclusiones de la salida de campo.

Se uso la herramienta Harris profile debido a que esta herramienta permite ver las debilidades y fortalezas de todas las alternativas en forma cualitativa y cuantitativa.

Finalmente las debilidades pueden fortalecerse en la alternativa seleccionada y pueden potencializarse las fortalezas.

Básicamente se tomaron del PDS las especificaciones referentes a forma y ergonomía como base para elaborar los criterios para ser evaluados en cada una de las alternativas.

Las especificaciones referentes a desempeño y funcionamiento no se tomaron como base de evaluación en esta etapa, ya que estas están más relacionadas con la geometría y materiales de la cámara de combustión que con el diseño del producto. El diseño de las cámaras de combustión se evaluó en la fase de desarrollo (detallar, capítulo 6) empleando modelos a escala real.

A continuación se relacionan los resultados de la evaluación y los criterios con los que fueron evaluadas las alternativas preliminares.

Tabla 9. Harris profile del las alternativas preliminares

Alternativa 1					Alternativa 2				
Criterios de Evaluación	-2	-1	+1	+2	Criterios de Evaluación	-2	-1	+1	+2
Facilidad de fabricación			x		Facilidad de fabricación			x	
Facilidad de transporte (Agarres)				x	Facilidad de transporte (Agarres)				x
Facilidad de transporte (Tamaño)				x	Facilidad de transporte (Tamaño)		x		
Costos de fabricación			x		Costos de fabricación		x		
Peligro con aristas				x	Peligro con aristas				x
Espacio para ubicar leños				x	Espacio para ubicar leños	x			
Altura optima para la ubicación de los leños		x			Altura optima para la ubicación de los leños	x			
Altura de ubicación de la olla optima		x			Altura de ubicación de la olla optima		x		
Extracción de cenizas		x			Extracción de cenizas	x			
Estéticamente agradable				x	Estéticamente agradable			x	
Estética acorde al contexto				x	Estética acorde al contexto				x
TOTAL			9		TOTAL			-1	

Alternativa 3					Alternativa 4				
Criterios de Evaluación	-2	-1	+1	+2	Criterios de Evaluación	-2	-1	+1	+2
Facilidad de fabricación			x		Facilidad de fabricación		x		
Facilidad de transporte (Agarres)	x				Facilidad de transporte (Agarres)		x		
Facilidad de transporte (Tamaño)		x			Facilidad de transporte (Tamaño)			x	
Costos de fabricación			x		Costos de fabricación			x	
Peligro con aristas		x			Peligro con aristas				x
Espacio para ubicar leños	x				Espacio para ubicar leños	x			
Altura optima para la ubicación de los leños	x				Altura optima para la ubicación de los leños	x			
Altura de ubicación de la olla optima			x		Altura de ubicación de la olla optima				x
Extracción de cenizas				x	Extracción de cenizas	x			
Estéticamente agradable				x	Estéticamente agradable				x
Estética acorde al contexto				x	Estética acorde al contexto				x
TOTAL			1		TOTAL			-2	

Alternativa 5					Alternativa 6				
Criterios de Evaluación	-2	-1	+1	+2	Criterios de Evaluación	-2	-1	+1	+2
Facilidad de fabricación			x		Facilidad de fabricación			x	
Facilidad de transporte (Agarres)	x				Facilidad de transporte (Agarres)		x		
Facilidad de transporte (Tamaño)		x			Facilidad de transporte (Tamaño)				x
Costos de fabricación			x		Costos de fabricación			x	
Peligro con aristas				x	Peligro con aristas				x
Espacio para ubicar leños				x	Espacio para ubicar leños	x			
Altura optima para la ubicación de los leños				x	Altura optima para la ubicación de los leños			x	
Altura de ubicación de la olla optima			x		Altura de ubicación de la olla optima				x
Extracción de cenizas	x				Extracción de cenizas				x
Estéticamente agradable				x	Estéticamente agradable				x
Estética acorde al contexto		x			Estética acorde al contexto				x
TOTAL			6		TOTAL			12	

Fuente: Elaboración propia

5.4.4 Análisis de los resultados obtenidos en la evaluación y conclusiones

Después de realizar la evaluación se encontró que las alternativas con mayor puntaje son la 1 y la 6. Para encontrar cuál de estas es más óptima en términos formales para continuar desarrollándola hasta obtener un concepto completo, se decidió tomar como base la alternativa 6 que fue la que obtuvo un mayor puntaje por encima de la alternativa 1, y tomar las ventajas de ésta última e incorporarlas a la elegida, para finalmente obtener un solo concepto formal que contenga las fortalezas de ambas.

Las siguientes son las características de la alternativa 1 que deben mejorarse en la alternativa 6 (alternativa base):

- Agarraderas para que sea más fácil el transporte del fogón.
- Óptimos procesos de fabricación.
- Soporte diseñado como base para el horno y para el almacenamiento de madera. El diseño del soporte se definió luego de ver en las alternativas, que era necesario darle la opción al usuario de obtener un producto completo que le permita una mejor y más cómoda utilización del mismo. Sin embargo, el soporte debe ser opcional para quien lo adquiera, por lo tanto presenta una modularidad de la parte superior, así puede obtenerlo por un costo más bajo, pero así mismo la utilización adecuada del producto corre por cuenta del usuario.

Esta alternativa resultado de la unión de fortalezas de la número 1 y la número 6 se detalló en el siguiente numeral dando como resultado el concepto.

5.5. Desarrollo del concepto

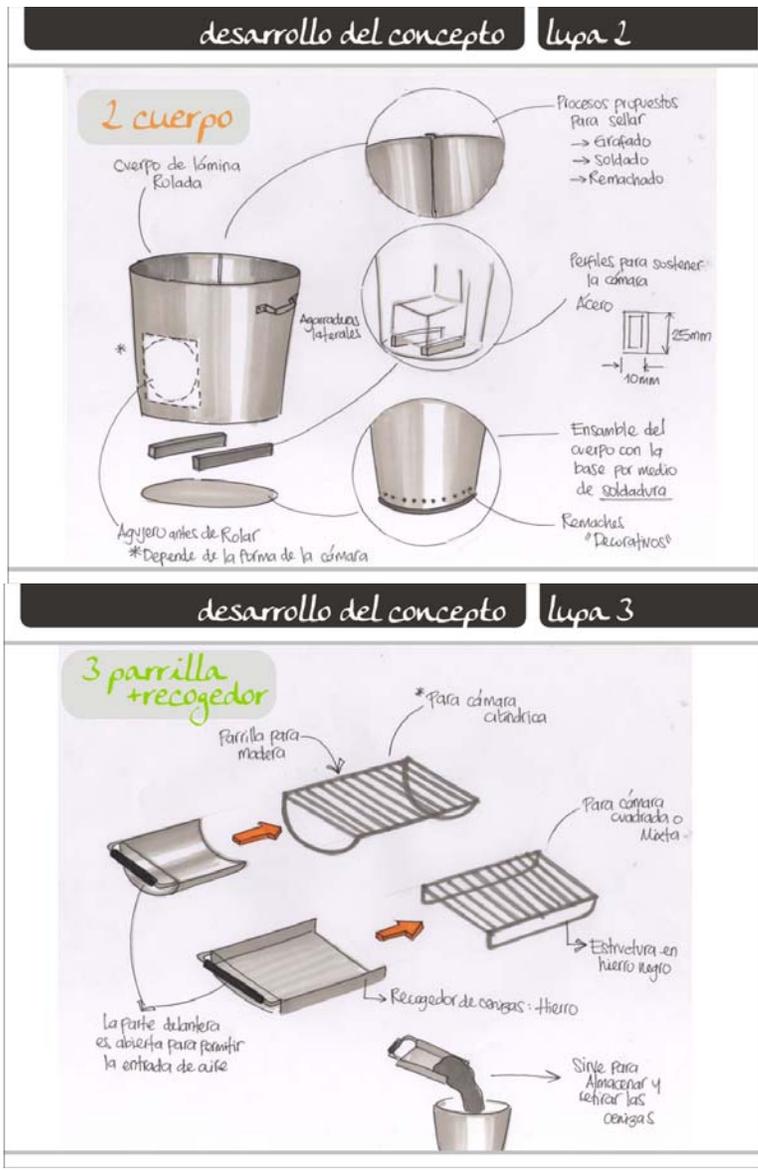
En el desarrollo formal se detalló la parte superior de la alternativa seleccionada (el horno como tal), se especifican materiales, formas y medidas preliminares (ver figura 29), así mismo se realiza una modelación preliminar (ver figura 30) del concepto obtenido después de incorporar las fortalezas de la alternativa 1 en la alternativa 6 (alternativa base).

Es importante anotar, que las líneas que se observan punteadas en la figura 29 obedecen a la forma de la cámara de combustión que solo se conoce en la fase de

detallar por medio de la exploración de formas (numeral 6.1.2). Para ver las imágenes de la siguiente figura en formato ampliado, ver Anexo G.

Figura 29. Desarrollo de la alternativa elegida





Fuente: Elaboración propia

Figura 30. Modelación preliminar de la alternativa obtenida



Fuente: Elaboración propia

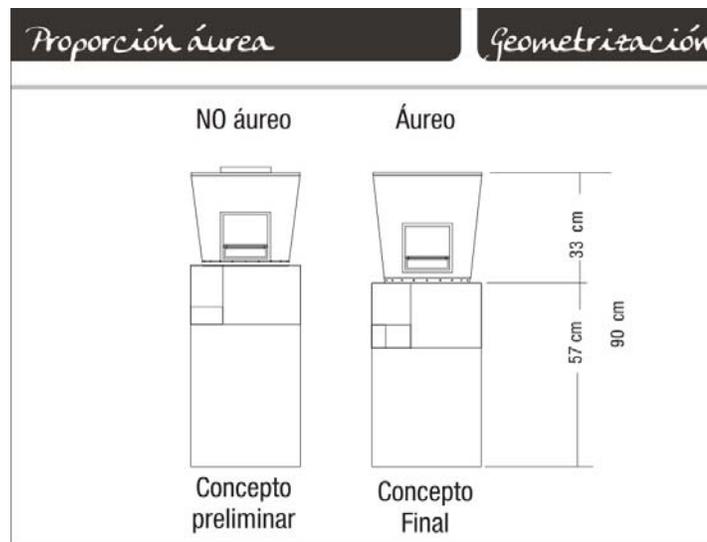
5.6 GEOMETRIZACIÓN DEL CONCEPTO FORMAL

Por medio de herramientas de geometrización, como es el uso de leyes de la Gestalt o la proporción áurea, se consigue hacer un redimensionamiento al producto, antes que este sea detallado en la próxima fase.

Como primer paso, se tomaron las dimensiones de la modelación preliminar del concepto elegido, que se mostró previamente. Y luego de un análisis desde la vista frontal del producto, se concluyó que estas dimensiones previas no coincidían con una proporción adecuada. (Como se observa en la figura 31). Entonces se procedió a la realización de cambios en las medidas de las partes del producto, con el fin que encajaran en unas medidas con proporciones áureas, que convergen en el resultado de un concepto de diseño, estética y visualmente más proporcional.

Para observar en formato ampliado, todas las figuras que corresponden al desarrollo y resultados obtenidos de la geometrización del producto, ver el Anexo H.

Figura 31. Aplicación de la proporción áurea al concepto

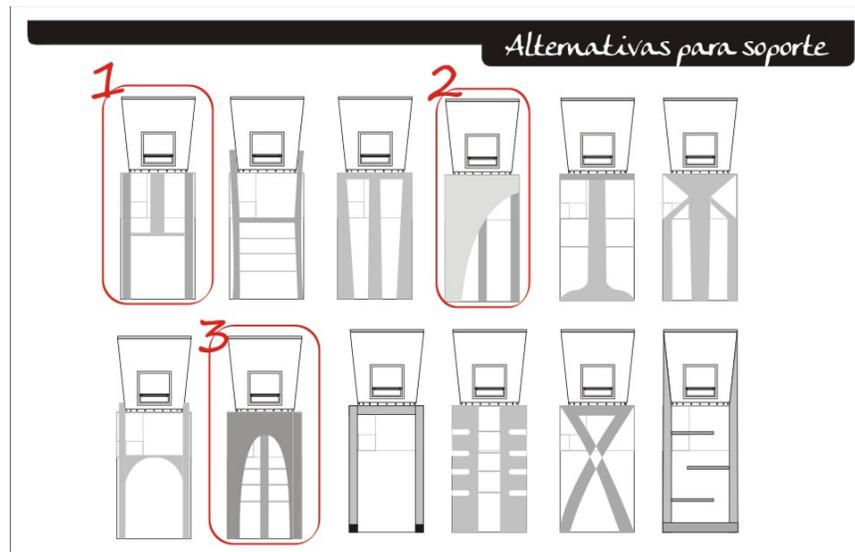


Fuente: Elaboración propia

La medida principal que restringe y limita la adecuación del producto a una proporción áurea, es la especificación dada por ergonomía y contenida en el PDS (numeral 4.4), que determina la altura a la cual debe estar ubicada la olla (salida del fuego), que

como se observa en la figura 31 es de 90 cm. Luego y por medidas ya establecidas de la cámara de combustión, resultan las demás proporciones para las partes del producto. En el capítulo 6, se encuentra el concepto final que salió de la combinación del concepto formal y la cámara de combustión más eficiente. Este proceso de geometrización además permitió visualizar diferentes alternativas con respecto a la formalización del soporte del horno. Con una plantilla como se observa en la figura 32, se eligieron las 3 que más se adecuan al contexto y al análisis formal.

Figura 32. Formalización de soporte



Fuente. Elaboración propia

La elección de las tres alternativas se realizó teniendo en cuenta collages de forma, emoción, usuario y contexto. Posterior a esta selección, se modelaron (ver figura 33) y analizaron estas 3 propuestas soporte para el producto desde cuatro puntos de vista: su funcionalidad, su facilidad en la manufactura, el costo y finalmente la adaptación en el contexto por medio de la modelación preliminar de las mismas en un contexto virtual similar al analizado. Cada uno de estos cuatro aspectos posee el mismo peso en el momento de evaluar las alternativas, y se califican con valores de 1, 3 y 5, para los cuales, 1 no cumple el criterio, 3 lo cumple medianamente y 5 completamente.

Figura 33. Modelación de las 3 alternativas elegidas



Fuente. Elaboración propia

En cuanto a funcionalidad, la alternativa 1 presenta dos repisas, pero al no poseer láminas laterales permite un mejor acceso a los objetos allí puestos y permite almacenar madera de mayor longitud. La alternativa 2, presenta más de dos repisas, lo que permite un mayor almacenamiento, la lámina rolada que se ve en la figura 33, protege los elementos que se almacenen pero al mismo tiempo restringe el acceso a ellos, y no permite guardar leña de una longitud mayor al diámetro de los entrepaños. La alternativa 3 al igual que la 2 presenta lámina rolada a su alrededor, sin embargo presenta una abertura frontal más grande que da un mayor acceso.

En cuanto a manufactura, las tres alternativas presentan tres puntos de apoyos por medio de tubería circular de 1" $\frac{1}{2}$. La primera de las alternativas, presenta un tubo adicional como soporte medio, de 2" y dos repisas, que irían soldadas a los tubos externos. Las alternativas 2 y 3 presentan tres procesos más, que serían: el rolado de la lámina externa, su corte y el remachado a la tubería. Además presentan más de dos repisas. En conclusión, la alternativa 1 presenta menor cantidad de material y menor número de procesos de manufactura, lo que se traduce en menores costos.

Por último en la figura 34 se pueden visualizar como se adaptan las tres alternativas en el contexto.

Figura 34. Alternativas en el contexto



Fuente. Elaboración propia

Tabla 10. Evaluación de alternativas del soporte

Evaluación de alternativas para soporte			Alt 1.		Alt 2.		Alt 3.	
CRITERIO		PESO	V	T	V	T	V	T
Funcionalidad 25%	Posee varias repisas o espacios para ubicar objetos	8.33%	3	0.2499	5	0.4165	5	0.4165
	El acceso a los lugares de almacenamiento es fácil y cómodo	8.33%	5	0.4165	1	0.0833	3	0.2499
	El espacio inferior permite almacenar diferentes tamaños de madera	8.33%	5	0.4165	3	0.2499	3	0.2499
Manufactura 25 %	Bajo número de procesos de manufactura (entre 3 y 5)	25%	5	1.25	1	0.25	1	0.25
Costo 25 %	El costo de materiales y procesos de manufactura es bajo (entre 30.000 y 40.000 pesos)	25%	5	1.25	3	0.75	3	0.75
Contexto 25%	Sus formas y estética se adaptan al contexto según lo visto en la modelación y ambiente virtual (ver figura 33)	25%	5	1.25	3	0.75	5	1.25
TOTAL		100%	4.8		2.5		3.16	

Fuente. Elaboración propia

Finalmente luego de la evaluación de las alternativas con respecto a los criterios encontrados en la tabla 10, se concluye que la alternativa de soporte que se selecciona para el producto final es la 1, la cual presenta mayor facilidad en la fabricación, menor costo y cuyas formas sencillas pero funcionales se adaptan al contexto y al tipo de usuario.

6. DETALLAR (Desarrollo)

6.1 ANÁLISIS DE INGENIERÍA

En ingeniería existen dos aproximaciones posibles a la solución de problemas, una de ellas es la modelación teórica (física y matemática) y otra es la medición experimental. Dentro de la clasificación de experimentos en ingeniería propuesta por Doebelin (1995), se habla de la experimentación exploratoria como una alternativa válida y posible para familiarizarse con un fenómeno físico particular sin la necesidad de hacer un diseño experimental muy detallado y de carácter concluyente.

Esta experimentación exploratoria se realizó antes de construir el modelo funcional para definir el material y la forma óptima de la cámara de combustión.

Como se expresó anteriormente al final del numeral 5.1.2, se usaron para el análisis las cámaras o codos de sección rectangular, cilíndrica y mixta.

6.1.1 Experimentación de materiales

Previo a una exploración y definición de diferentes formas que puede tomar la cámara de combustión, se definió un material óptimo que cumpliera con los requerimientos expresados en el PDS, además de cumplir con las especificaciones encontradas en la investigación de "Principios de diseño y funcionamiento" Anexo F. Los materiales usados en la experimentación, fueron materiales de fácil adquisición en la zona en la que se está desarrollando el proyecto, son de bajo costo y corresponden a una búsqueda que sigue con los parámetros de materiales sugeridos en investigaciones previas de hornos mejorados ya elaborados en otros países.

Los materiales fueron trabajados de manera artesanal, moldeados a mano, y sin la realización de moldes para las piezas, lo cual dificultó y requirió más tiempo de lo planeado para esta etapa del proyecto.

A continuación se mostrarán uno a uno los materiales en los que fueron elaboradas las cámaras de combustión. Se explicarán sus propiedades, su consecución y finalmente

que defectos y beneficios presentaron en su realización y algunas en su posterior prueba con fuego.

- **Arcilla gres:** la arcilla gres es fácil de moldear ya que presenta propiedades plásticas. Este tipo de arcilla se somete a cocción entre 1280° y 1300° C y produce una cerámica dura, compacta y semivitrificada. (Romero, 2003)

Tabla 11. Cámaras realizadas en arcilla Gres



Fuente: Elaboración propia

- **Proceso y resultado:** Las cámaras fueron moldeadas a mano con ayuda de moldes internos en icopor y secadas al aire libre, antes de meterlas al horno de cerámicas. En el secado se iniciaron unas ranuras que luego en el horno terminaron por quebrar completamente la primera cámara que se ve en la tabla 11 (la mixta). Las otras dos cámaras no fueron quemadas en el horno, pero también fueron probadas con altas temperaturas al realizar un experimento mediante la quema de madera en su interior, experimento en el cual pasados los 15 minutos con el fuego alto, también se quebraron como se ve en la tabla 11.

Cabe resaltar, que aunque las cámaras hayan resultado dañadas y no hayan soportado el calor de la quema de la madera, presentaron buenos resultados en cuanto al comportamiento del humo y la eficiencia con la cual calentaron el agua. Las cámaras solo mostraron gran escape de humo cuando se quebraron, mas no en el proceso de calentamiento y quema de madera previo a la ruptura.

- **Material cerámico de ladrillo de construcción:** Este material fue conseguido en una ladrillera en el municipio de Itagüí. Se trata de tierra mezclada con arena, que es la materia prima utilizada en la fabricación de ladrillos para la construcción.

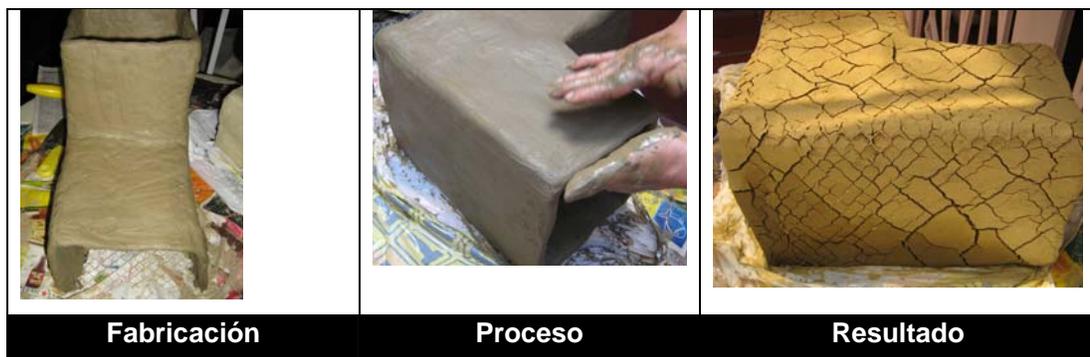
Tabla 12. Cámaras realizadas con material de ladrillo de construcción



Fuente: Elaboración propia

- **Proceso y resultado:** Las cámaras fueron de nuevo moldeadas a mano, esta vez con la ayuda de malla de construcción la cual actúa como alma en las cámaras para dar rigidez y estabilidad. Este material fue más difícil de trabajar que el anterior, por su alto contenido de arena. Finalmente, en el proceso de secado previo a la quema, empezaron a mostrar profundas ranuras como se ve en las imágenes presentadas en la tabla 12. El material fue descartado.
- **Barro (material de tejas):** Teniendo en cuenta que la experimentación con los materiales anteriores no fue de gran éxito, se decidió continuar probando los materiales sobre una sola cámara, para ahorrar tiempo, y así al encontrar el material adecuado, proceder a realizar las cámaras restantes. Este material es barro “pisado por caballo” contiene parte de material orgánico. Se utiliza en la fabricación manual de tejas.

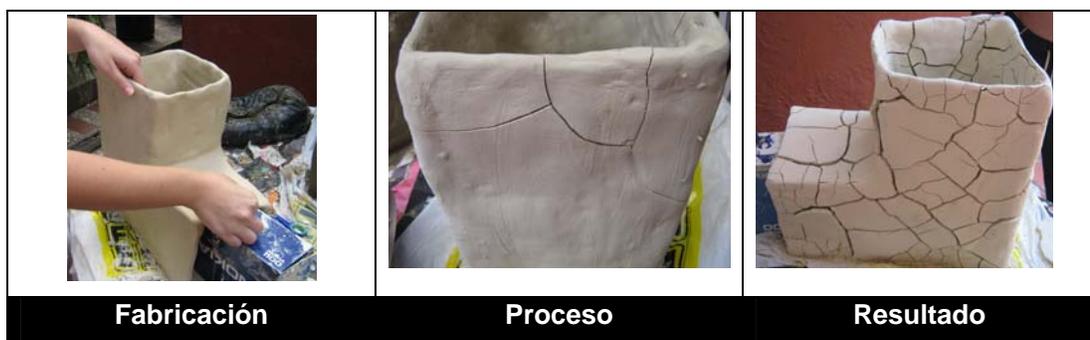
Tabla 13. Cámaras realizadas con barro para tejas



Fuente: Elaboración propia

- **Proceso y resultado:** De igual manera como se realizaron las cámaras con el material de ladrillo de construcción, se utilizó una malla o anexo de construcción que diera estabilidad a la cámara. Este barro es poco plástico, pastoso, pero con buenas propiedades cerámicas, como se observa en la tabla 13. Finalmente y durante el proceso de secado, se generaron grietas en la cámara, que aumentan proporcionalmente al tiempo de secado.
- **Compuesto mineral (Cuarzo fino + bentonita + caolín):** Este compuesto es utilizado en algunas empresas que realizan piezas en fundición, ya que resiste altas temperaturas, y es de bajo costo. Sus componentes, corresponden a los de la arcilla natural, y su mezcla con agua genera un material plástico y fácil de trabajar.

Tabla 14. Cámara realizada en mezcla de cuarzo, bentonita y caolín



Fuente: Elaboración propia

- **Proceso y resultado:** De nuevo utilización de angeo para estructura interna. Se moldean de manera similar al barro de teja, en un proceso de elaboración paralelo. Finalmente y como en la anterior, las grietas en la cámara aumentan proporcionalmente al tiempo de secado, hasta obtener el resultado que se observa en la tabla 14.
- **Baldosas cerámicas + Cemento refractario:** Considerando los resultados de la experimentación de los materiales anteriores, se decidió, tomar otra alternativa para la fabricación de las cámaras, y fue tomar elementos de barro ya quemado y desarrollar las geometrías en estos elementos (como baldosas y recipientes cerámicos) para finalmente unirlos con cemento refractario, el cual posee alta resistencia al calor. Este método de fabricación, se encontró además en la bibliografía consultada (Bryden, 2002)

Tabla 15. Cámara fabricada con baldosas cerámicas



Fuente: Elaboración propia

- **Proceso y resultado:** Una vez construida la cámara cuadrada, se probó, sometiéndola a una prueba piloto, donde se quemó madera en su interior hasta que el agua llegó a punto de ebullición. La cámara resistió el proceso de quemado como se observa en las imágenes de la tabla 15.

Conclusiones de la experimentación de materiales

- El hecho que las cámaras fueran realizadas de manera artesanal y manual, sin la ayuda de moldes para las piezas, hizo que los procesos de fabricación tardaran y se complicarían mucho más. Los moldes no se realizaron, porque resultarían costosos para una exploración de formas y para la creación de un solo modelo

funcional, por lo cual se recomienda para un proceso de comercialización, la realización de un molde para la cámara elegida (numeral 6.1.2).

- Las formas de las cámaras propuestas (codos que proponen cambios de sección) representan dificultades a la hora de la fabricación, y también del sacado, donde se presentaron las grietas que no permitieron la quema de las cámaras.
- Finalmente, el material y método de fabricación que resistió la prueba piloto en la quema de leña, fue el último (ver tabla 15) en el cual se usaron elementos de barro ya quemados y cemento refractario para la unión de las partes, con lo que se concluye que el material recomendado para la cámara de combustión es barro o arcilla roja-terracota, estas se cuecen entre los 1000° y 1100°C, y poseen una gran plasticidad. Las baldosas o vitrificado son también conocidas por ser resistentes a altas temperaturas.

6.1.2 Experimentación de formas

El objetivo principal de la experimentación exploratoria fue identificar cual de las tres formas propuestas para la cámara de combustión (sección transversal cilíndrica, cuadrada y mixta) era la más óptima y eficiente en términos de: Rapidez en lograr que el agua alcanzara su punto de ebullición (95°), bajo consumo de leña, facilidad en el uso y facilidad en la limpieza.

El proceso de experimentación se realizó mediante el documento anexo llamado “Diseño experimental” (ver ANEXO I) donde se encuentran las pautas para la realización de las pruebas, el montaje, el procedimiento y los equipos requeridos.

6.1.2.1 Descripción de la experimentación exploratoria

La prueba se realizó el día jueves 29 de Mayo a las 10 a.m y tuvo lugar en el laboratorio de suelos de la universidad EAFIT, para esta se contó con la colaboración de Vladimir de Jesús Rodríguez quien dispuso los equipos necesarios para el montaje de la prueba.

En la figura 35 se muestra la secuencia de pasos del montaje y los equipos utilizados en la prueba.

Figura 35. Secuencia de pasos para el montaje

montaje		Experimentación
 <p>1</p>	  	<p>Uso de asbesto como material aislante durante las pruebas. De esta manera se asegura la protección de los equipos.</p> <p>Equipos protegidos y situados sobre una superficie que permita ver los datos de una manera rápida.</p> <p>Disposición de la mesa sobre la báscula.</p>
<p>Adecuar los instrumentos</p> <p>Previo a la realización de las pruebas, se garantiza la protección y buen funcionamiento de los equipos e instrumentos a usar. En este caso, se dispone la báscula, en un lugar al aire libre. Sobre ella se dispone una mesa sobre la cual se ubican el multímetro, el medidor de peso, y la cámara a probar.</p>		

montaje		Experimentación
 <p>2</p>	  	<p>El montaje se pone en ceros antes de ubicar la cámara. Luego se ubica y mide el peso de la misma.</p> <p>Posteriormente se ubican los leños (4), en cada una de las cámaras a probar.</p> <p>Se inicia el proceso de ignición.</p>
<p>Ubicación de la cámara y la madera</p> <p>Luego de tener los equipos en orden, se procede a ubicar sobre el montaje preparado, la cámara de combustión a probar. Luego se ubica en su interior la leña para la prueba, y posteriormente se procede a encender el fuego.</p>		



Fuente. Elaboración propia

Antes de comenzar las pruebas se hizo necesaria la elaboración de la tabla 16 para facilitar la toma de datos y el análisis de resultados. En esta tabla se encuentra la notación usada para representar las variables a lo largo de esta etapa.

Tabla 16. Notación de variables usadas para las pruebas

	Nombre	Notación
TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN	Flujo de calor	q
	Temperatura en zona caliente	T_f
	Temperatura en zona fría	T_o
	Coefficiente convectivo del medio	h_c
	Temperatura del ambiente	T°
	Porcentaje de humedad	%h
	Presión atmosférica	P_{at}
	Velocidad del aire	V_a
	Densidad del aire	D_a
	Área	A
BALANCE DE MASAS	Masa inicial de la madera	m_{m1}
	Masa final de la madera	m_{m2}
	Masa inicial del agua	m_{agua1}
	Masa final del agua	m_{agua2}
	Masa total evaporada de agua	$m_{agua2} - m_{agua1}$
	Masa de la olla	m_{olla}
	Masa parilla	m_{pa}

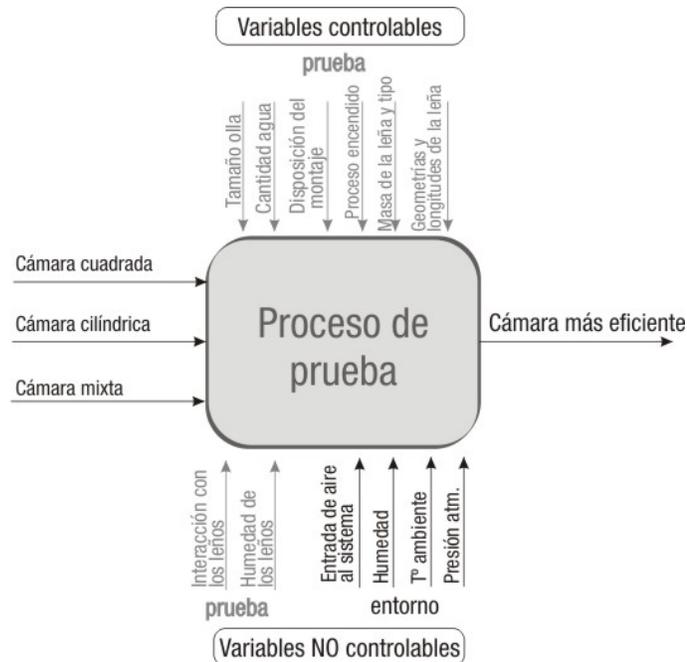
Masa inicial del montaje	m_{mo1}
Masa final del montaje	m_{mo2}
Masa cámara de combustión cilíndrica	m_{cc}
Masa cámara de combustión cuadrada	m_{ccd}
Masa cámara de combustión mixta	m_{cm}
Masa cámara de combustión (en general)	m_c

Fuente. Elaboración propia

6.1.2.2 Definición de las condiciones experimentales

El proceso de diseño experimental suele visualizarse como una caja negra en donde existe una transformación de lo que entra al proceso que finalmente se ve reflejado en las salidas que produce. La figura 36 ilustra el esquema del proceso tal y como se presenta en la prueba experimental realizada.

Figura 36. Caja negra proceso de la prueba



Fuente. Elaboración propia

Las variables controlables de la prueba se manejaron de la siguiente manera:

- **Leña:** Los leños fueron conseguidos el mismo día y fueron sacados del mismo lote, si bien no eran exactamente iguales entre ellos, sus geometrías y longitudes eran similares. También se seleccionaron leños de igual masa (200

gramos) y se armaron paquetes aleatorios de cuatro leños para usar en cada cámara de combustión.

- **Olla:** La olla utilizada siempre fue la misma. (olla *Imusa* en Aluminio de 25 cm de diámetro por 15.5 cm de alto y 0,6 Kg de masa).
- **Agua:** para cada prueba la olla se lleno con 1 litro de agua. También se garantizó que al iniciar cada prueba el agua siempre estuviera a la misma temperatura (23.6°C).
- **Disposición del montaje:** La disposición del montaje para cada prueba fue la misma y puede verse en la figura 35, o en el ANEXO I.
- **Proceso de encendido:** El proceso de encendido para cada prueba se realizó mediante el uso de un encendedor, una estopa y una tapa de alcohol. La estopa se remojó en alcohol y se ubico bajo los leños que ya se encontraban en cada cámara, una vez ubicada se encendió.

Las variables no controlables que se presentaron durante la prueba fueron:

- **Interacción con los leños:** Durante la prueba los leños se iban consumiendo lentamente y era necesario moverlos hacia adentro lo cual variaba la altura de la llama y su intensidad. En cada prueba los leños se consumían en tiempos distintos por lo que la organización de estos variaba después de algunos minutos de haber sido encendida la leña.
- **Humedad de los leños:** Al ser elegidos los tres paquetes de una manera aleatoria, y al no conocer la procedencia exacta de la leña utilizada, no se puede garantizar que el nivel de humedad de los leños sea el mismo.

Las variables no controlables del entorno que se presentaron durante la prueba fueron:

- **Entrada del aire al sistema:** Ya que la prueba era al aire libre, no podían controlarse las fuentes de viento ni sus intensidades, aunque el lugar de realización de la prueba poseía un techo y estaba rodeado de algunos objetos grandes lo cual impedía grandes cambios.
- **Temperatura ambiente:** al iniciar las pruebas se registró una temperatura de 20.3° y al finalizarlas fue de 20°.
- **Porcentaje de humedad:** el porcentaje relativo de humedad para la prueba fue de 65% que se mantuvo constante, aun así no se pudo garantizar que este valor no cambio durante su realización.
- **Presión atmosférica:** La presión atmosférica para ese día fue de 1026,4 milibares.

Las variables no controlables del entorno hacen referencia a las propiedades convectivas del medio, que determinan así mismo el h_c , variable indispensable para determinar el flujo de calor en el mecanismo de transferencia que se presenta en la prueba entre la cámara y el medio ambiente: convección. Estas variables se consideran no controlables, ya que la prueba no fue realizada en un medio preparado o diseñado para que fueran constantes, aun así, poseen un rango de error muy pequeño debido a que la prueba se realizó el mismo día y entre un rango de 1 hora (de 10 a 11 de la mañana). Además antes del día de la prueba se realizaron dos pruebas piloto para corregir posibles errores debidos a la curva de aprendizaje en la ignición de la llama.

6.1.2.3 Resultados encontrados

Las tablas 17, 18 y 19 muestran los valores obtenidos en cada una de las pruebas. Los valores de la tabla 19 correspondientes a la masa total fueron tomados como la suma de la masa de la olla, la parrilla, la cámara de combustión, el agua y la leña. El peso del montaje no está sumado ya que una vez este estuvo realizado la báscula se inició para que comenzara en 0. Los datos comunes para las tres pruebas tenidos en cuenta para el análisis de resultados se encuentran en la tabla 16.

Tabla 17. Datos previos a las pruebas

DATOS INICIALES	NOTACIÓN	VALOR	UNIDAD
Masa inicial del agua	m_{agua1}	1	Kg
Masa de la olla	m_{olla}	0.6	Kg
Masa de la parrilla	m_{pa}	0.05	Kg
Masa inicial de la madera	m_{m1}	0.8	Kg
Masa cámara cuadrada	m_{ccd}	5.5	Kg
Masa cámara cilíndrica	m_{cc}	4.6	Kg
Masa cámara Mixta	m_{cm}	4.8	Kg

Fuente. Elaboración propia

- Formulas

Transferencia de calor por convección $q = \frac{T_f - T_o}{\frac{1}{hc^*A}}$

Balance de masa

$$m_{mo1} = m_{m1} + m_{agua1} + m_{olla} + m_c$$

$$m_{m2} = m_{m1} + m_{agua1} + m_{olla} + m_c + m_{pa} + (m_{agua2} - m_{agua1}) + m_{mo2}$$

- Tablas

Tabla 18. Datos obtenidos de la prueba

Tiempo (min)	Cámara de combustión cuadrada		Cámara de combustión cilíndrica		Cámara de combustión mixta	
	T° (°C)	Masa montaje (Kg)	T° (°C)	Masa montaje (Kg)	T° (°C)	Masa montaje (Kg)
0	23.6	7.95	23.6	7.05	23.6	7.25
3	30.3	7.95	40.9	7.05	42.8	7.25
6	44.6	7.90	57.3	7.05	59.4	7.15
9	61.1	7.88	74.4	7.0	78.8	7.10
12	81.9	7.80	83.2	6.90	87	7.05
15	89.8	7.80	90.7	6.85	92.2	7.0
18	87.2	7.65	92.2	6.80		
21	90.3	7.6				
24	92.2	7.6				

Fuente. Elaboración propia

Tabla 19. Cálculo de vapor de agua

TIPO DE SECCIÓN	Masa inicial del agua (m _{agua1})	Masa final del agua (m _{agua2})	Total evaporado (m _{agua2} -m _{agua1})	Tiempo de levantamiento
Cámara de combustión cuadrada	1 Kg	0,8 Kg	0,2 Kg	24 Minutos
Cámara de combustión cilíndrica	1 Kg	0,8 Kg	0,2 Kg	18 Minutos
Cámara de combustión mixta	1 Kg	0,8 Kg	0,2 Kg	15 Minutos

Fuente. Elaboración propia

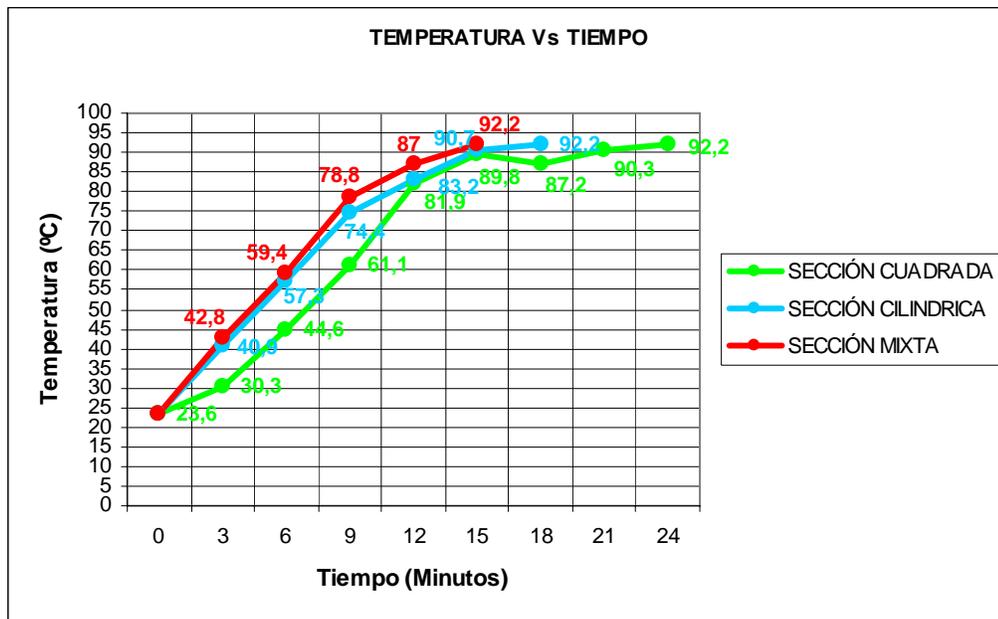
Tabla 20. Cálculo de carbón producido

TIPO DE SECCIÓN	Masa inicial de la madera	Masa final de la madera	Total Quemado	Tiempo
Cámara de combustión de sección cuadrada	0.80 Kg	0.65 Kg	0,15 Kg	24 Minutos
Cámara de combustión de sección cilíndrica	0.80 Kg	0.75 Kg	0.05 Kg	18 Minutos
Cámara de combustión de sección mixta	0.80 Kg	0.75 Kg	0.05 Kg	15 Minutos

Fuente. Elaboración propia

- **Gráfica comparativa del tiempo de levantamiento** (Tiempo que tarda cada cámara en hervir el agua).

Figura 37. Gráfica comparativa temperatura Vs Tiempo



Fuente. Elaboración propia

Figura 38. Resultados obtenidos después de las pruebas



Fuente. Elaboración propia

Entre los resultados encontrados en la figura 38, las tablas y graficas anteriores, se pueden resaltar algunos aspectos como:

- La temperatura alcanzada en la cámara cuadrada pasados 3 minutos fue considerablemente más baja que las otras dos y así continuó comportándose, por lo cual el tiempo de levantamiento de esta fue el mayor.
- La demora en el tiempo de calentamiento de la cámara de sección cuadrada también obedeció a una baja de temperatura en el minuto 18. Puede deducirse que si las variables no controlables del entorno se mantuvieron en un rango de variación muy pequeño, esta baja pudo presentarse debido a la geometría de la cámara.
- La cámara de sección mixta alcanzó el punto de ebullición del agua más rápidamente que las otras dos debido a que en esta cámara la temperatura permanecía constante, logrando así que la llama nunca se apagara y que la leña tuviera muy buena combustión.

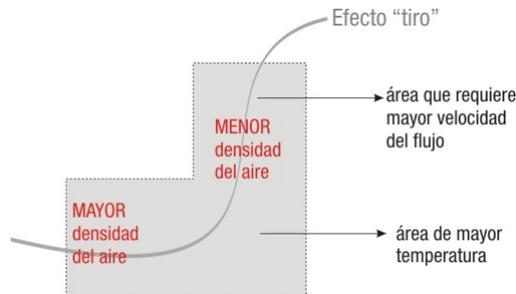
- Las Cámaras de sección cilíndrica y mixta fueron las que presentaron un menor consumo de leña ya que tardaron menos tiempo en llevar el agua a su temperatura de ebullición.

6.1.2.4 Conclusiones: Comparación teórica y experimental

- La báscula posee un rango de medida de 5 gr, es decir aumenta o disminuye mínimamente en valores de 5 en 5. Este puede ser un factor que haga que las medidas de masa tomadas no sean muy exactas y posean un margen de error más grande de lo esperado.
- Al terminar las pruebas, la limpieza de la cámara cilíndrica fue más fácil, ya que en las otras dos las cenizas se quedaban en las esquinas. Se recomienda entonces como parte del diseño de detalle eliminar las aristas internas de la cámara elegida, por medio de la utilización del mismo cemento refractario.
- Como se puede observar en la figura 37, las 3 cámaras presentaron el mismo punto de ebullición del agua (92.2°C). Este dato corrobora que las variables de las cuales depende el valor de h_c , como la temperatura, la presión atmosférica, el % de humedad, y el flujo del aire (viento), se mantuvieron con un rango muy pequeño de variación.
- Teniendo en cuenta que se lograron minimizar los rangos de error de las variables no controlables, así como la curva de aprendizaje y observando la caja negra en la figura 36, se pueden validar los resultados arrojados por la prueba, con respecto a aspectos como el tiempo de levantamiento, para el cual la cámara mixta fue la de menor tiempo con 15 minutos, al igual que el bajo consumo de masa (0.05 kg) que está directamente relacionado con la velocidad en llegar a la temperatura de ebullición y la capacidad de la cámara para mantener constante la temperatura interna de la misma.
- Analizando la transferencia de calor de manera teórica desde las fórmulas de conducción, convección y radiación, puede decirse que el área transversal al flujo es siempre directamente proporcional a la cantidad de flujo de calor, es decir, en la zona de mayor temperatura se recomienda una mayor área. Así mismo, según la fórmula de caudal y el balance de masa, para un caudal constante a menor área mayor será la velocidad del flujo. Relacionando los conceptos anteriores con la prueba, se puede concluir entonces para el diseño de la cámara, se requiere una mayor área en la parte del codo o cambio de eje (ver figura 39). Además y referente a la velocidad del flujo, se recomienda que el área que se presente en la salida del calor hacia la olla sea más

pequeña para que el proceso de calentamiento de la olla se lleve a cabo más rápido. Las anteriores características se cumplen en la cámara mixta.

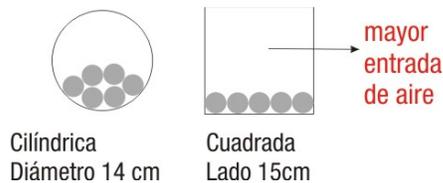
Figura 39. Temperaturas y áreas presentes en la cámara



Fuente. Elaboración propia

- Luego de la comparación de áreas de las cámaras como se observa en la figura 38, en la cual, la sección cuadrada muestra la mayor de las dos que se presentan, lo cual favorece el concepto explicado anteriormente, pero además esta sección permite una mejor disposición de los leños, lo cual daría un mayor espacio para la entrada de flujo de aire, lo cual según los conceptos vistos ayudaría y mejoraría el proceso de combustión. (ver figura 40)

Figura 40. Disposición de los leños



Fuente. Elaboración propia

- La forma de la cámara es eficiente, ya que debido a ésta, permite que cuando la temperatura en su interior aumenta, y así mismo la densidad del aire disminuye, se genere el fenómeno llamado " tiro" que hace que el aire caliente fluya más rápido hacia la olla (ver figura 39).

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de la prueba fue evaluar las tres cámaras en diferentes aspectos, así que para este efecto se evaluarán de manera objetiva por medio de la siguiente matriz de evaluación (Tabla 21). El peso de los criterios se basa en la voz del usuario, que se tradujo en especificaciones para el producto como se pudo

observar en el PDS (ir al numeral 4.4). Y el valor se da en una escala de 1, 3 y 5, para la cual, 1 no cumple el criterio, 3 lo cumple mediamente y 5 lo cumple completamente.

Tabla 21. Matriz de evaluación para las cámaras

Evaluación de las cámaras de combustión			Cuadrada		Cilíndrica		Mixta	
CRITERIO		PESO	V	T	V	T	V	T
Tiempo 25%	Rapidez para permitir la ebullición del agua (tiempo requerido)	25%	1	0.25	3	0.75	5	1.25
Consumo 25 %	Bajo consumo de la leña en la prueba	25%	5	1.25	3	0.75	3	0.75
Uso 25%	Es cómoda la organización de los leños en el interior de la cámara, permitiendo mayor entrada de aire	25%	5	1.25	3	0.75	5	1.25
Limpieza 25%	Presenta facilidad en la limpieza interna	25%	3	0.75	5	1.25	3	0.75
TOTAL		100%	3.5		3.5		4.0	

Fuente: Elaboración propia

Luego de evaluar las cámaras tanto por su desempeño en la prueba como en otros aspectos como se observó en la tabla 21, se puede concluir finalmente que la cámara que se recomienda usar en el diseño final del horno es la cámara mixta.

6.2 Concepto final desde la modelación 3D

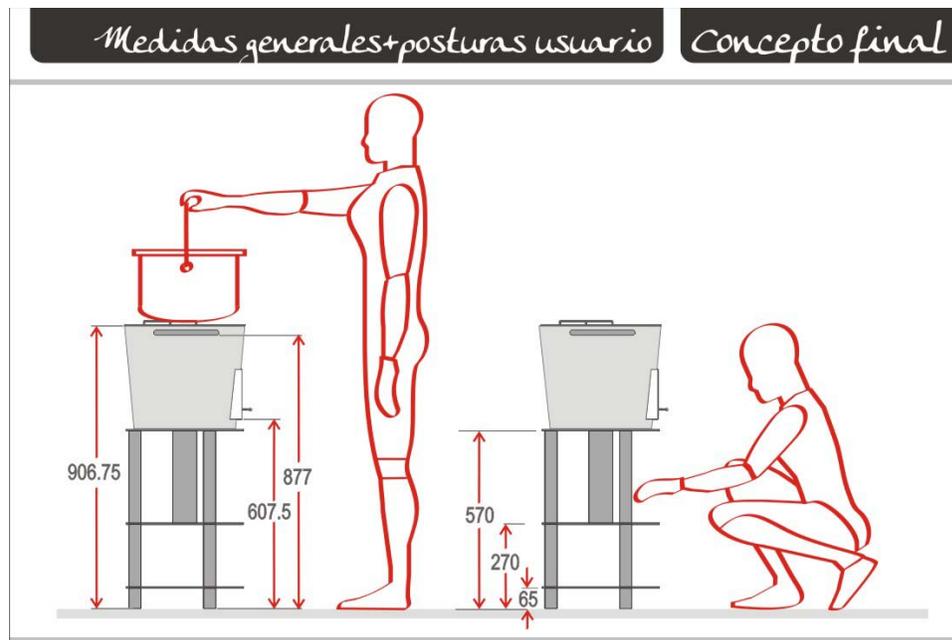
El concepto final para el producto se desarrolló con base a las conclusiones obtenidas en fases anteriores, tales como la experimentación con materiales (ver tabla 15), experimentación de formas (ver tabla 21), el desarrollo de la alternativa elegida en el numeral 5.5, y finalmente la elección del soporte (ir a la tabla 10). De esta manera aquí se presenta en detalle y con algunas mejoras, una alternativa completa que fue evaluada y desarrollada en detalle por partes. Las siguientes figuras 41, 42 y 43 muestran de manera gráfica el producto y la explicación del detalle de cada una de sus partes, usando diferentes vistas de la modelación final realizada para el mismo.

Figura 41. Concepto final desde la modelación 3D



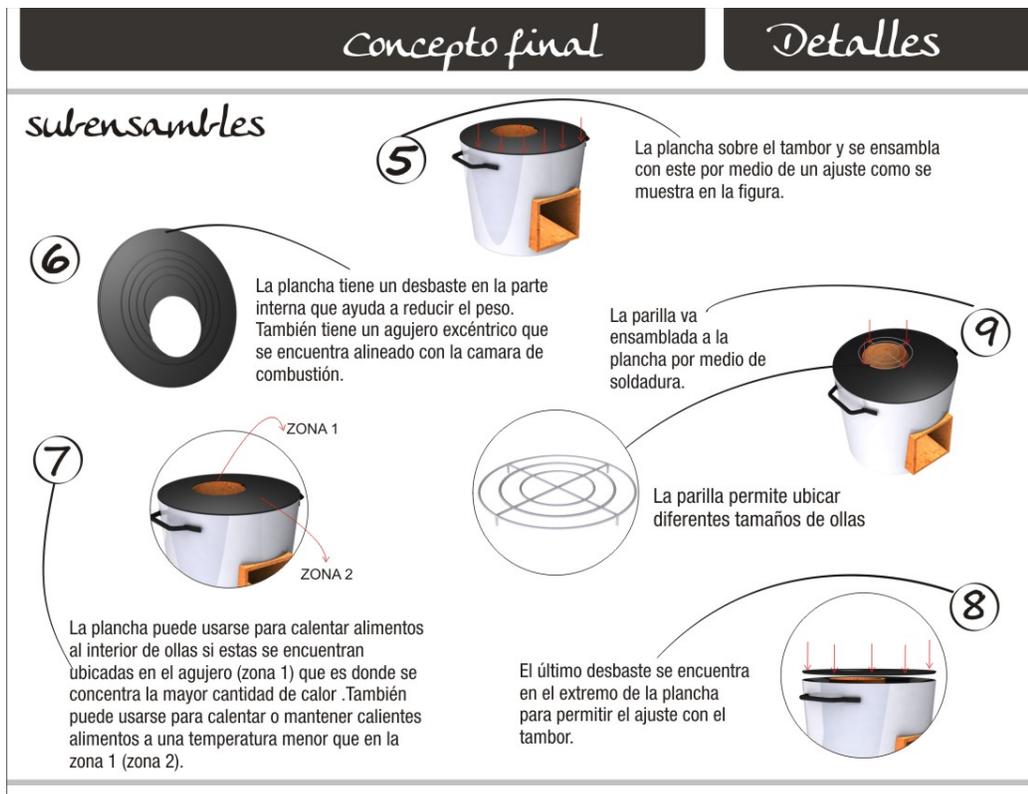
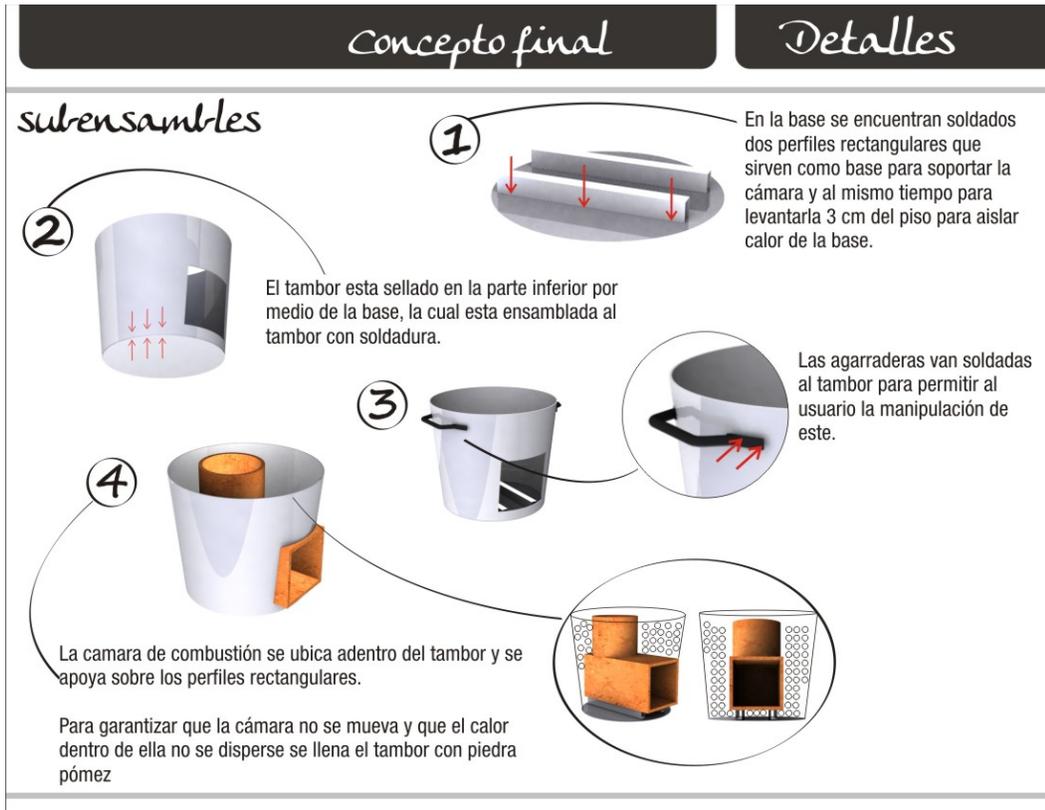
Fuente. Elaboración propia

Figura 42. Medidas generales del producto y su relación con el usuario



Fuente. Elaboración propia

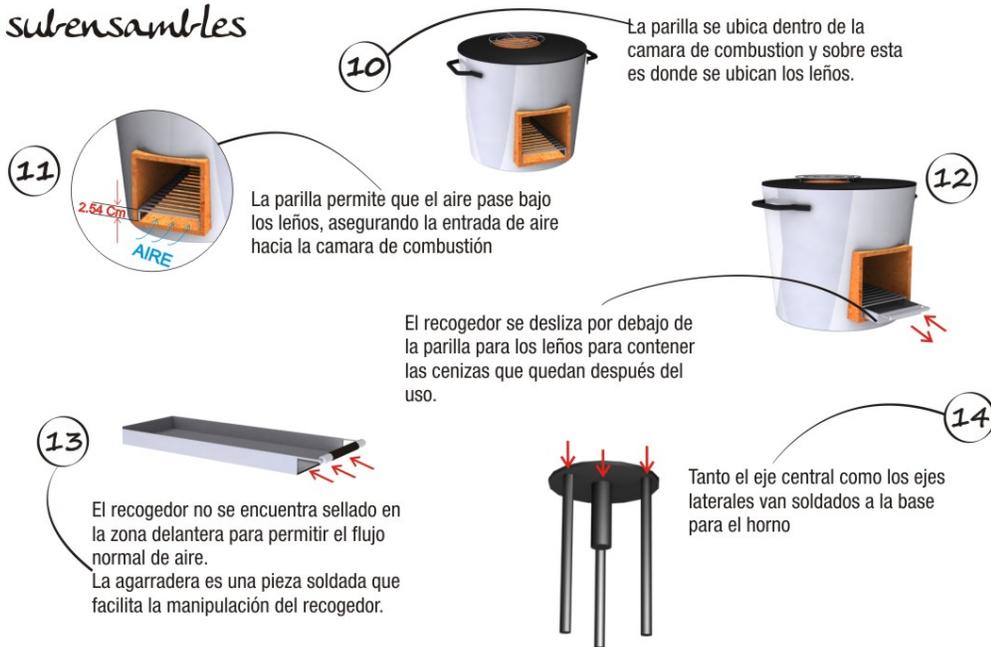
Figura 43. Detalles para el producto



Concepto final

Detalles

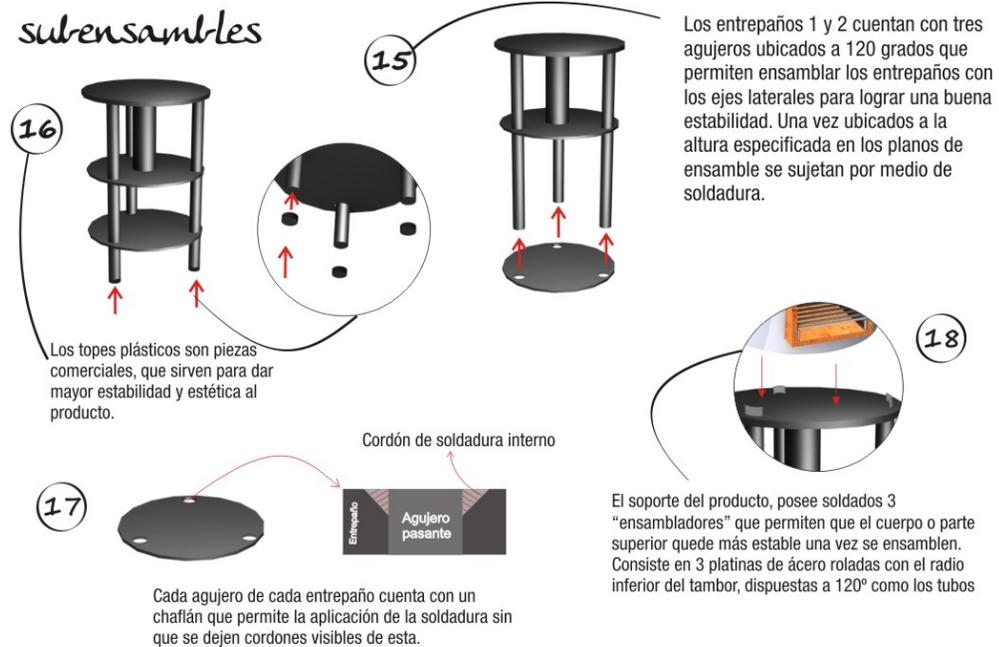
subensambles



Concepto final

Detalles

subensambles



Fuente. Elaboración propia

6.3 Análisis computacional

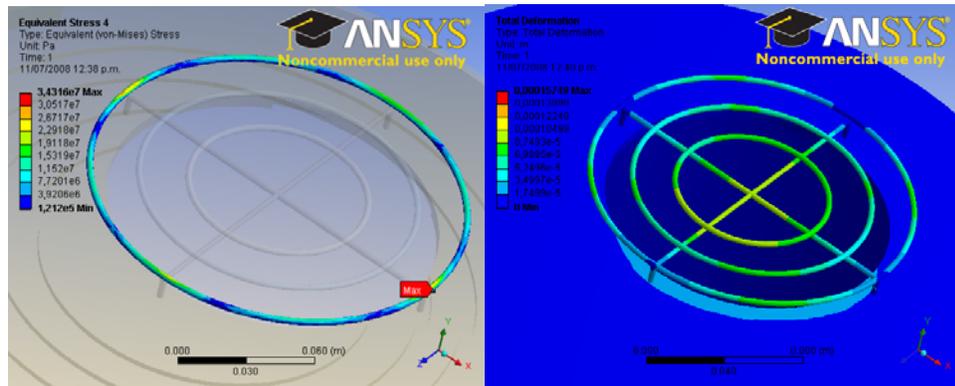
El análisis computacional se realizó desde tres puntos de vista básicos que garantizan la usabilidad, estabilidad y seguridad del producto diseñado. El primero de ellos es el análisis en el contexto de uso verificando la seguridad en el posicionamiento de la olla. El segundo análisis corresponde al análisis de la estabilidad del sistema ante una perturbación externa. Y por último, se analiza la seguridad al transportar el producto. En el anexo K, se pueden ver tanto los cálculos realizados para los análisis, como la aplicación de restricciones y cargas, y realización del mallado.

6.3.1 Análisis en el contexto de uso

En el análisis de uso, se examinó si el posicionamiento y la carga de la olla sobre la parrilla pueden deformarla, y generar un efecto visual no deseado. Se tuvo en cuenta para este análisis, que la plancha sobre la cual esta soldada la parrilla, posee además de la lámina rolada del cuerpo, otro punto de apoyo debido a la presencia de la cámara de combustión que se encuentra en fricción con la plancha, como se observa en el detalle 8 de la figura 43.

La figura 44, muestra la deformación y esfuerzo máximo obtenido luego de aplicar una carga de 100N, que es una carga duplicada a la obtenida al realizar los cálculos para una olla mediana con agua, 52N (Ver cálculos realizados y restricciones en el anexo K). De esta manera, se evalúa un escenario que cubre todas las posibilidades en cuanto al peso de la olla.

Figura 44. Esfuerzo y deformación máxima para la parrilla



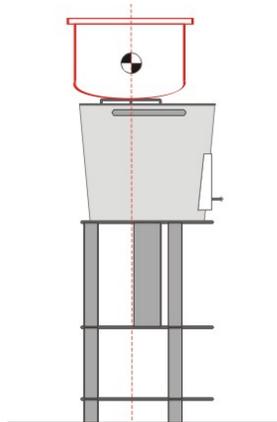
Fuente. Elaboración propia

Como se observa en la figura 44, el esfuerzo máximo que presenta la parrilla es de 34,31 MPa, y teniendo en cuenta que la resistencia a la fluencia del hierro es de 350MPa, el factor de seguridad es aproximadamente 10, lo cual demuestra que no hay riesgos en cuanto al uso de la parrilla para cualquier tipo de olla y peso. Así mismo, la deformación encontrada es mínima (0,15749 mm) que para el caso de análisis es un valor despreciable.

6.3.2 Análisis de estabilidad

El primer aspecto en el que se puede evaluar la estabilidad del sistema, es confirmando como se observa en la figura 45, que el centro de masa de las ollas que vayan a ser posicionadas sobre la parrilla se encuentre dentro de la disposición del soporte del sistema.

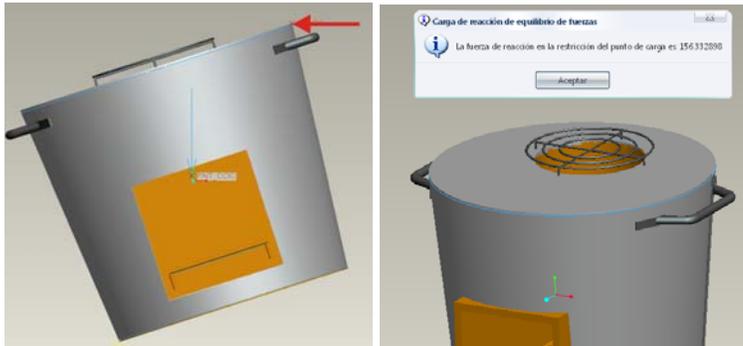
Figura 45. Centro de masa de las ollas



Fuente. Elaboración propia

Una vez confirmado lo anterior, se continuó con el análisis con un segundo aspecto, que es la estabilidad del producto ante una perturbación externa. Por medio de una simulación mecánica, se conoce para qué valor de carga frontal, el sistema podría caerse, además saber que sucede primero ante la perturbación externa, se desliza el producto o se vuelca. La figura 46, muestra como para una carga de 156N (es decir 15 Kg de peso) el sistema se vuelca.

Figura 46. Calculo de la carga para cual el sistema es perturbado



Fuente. Elaboración propia

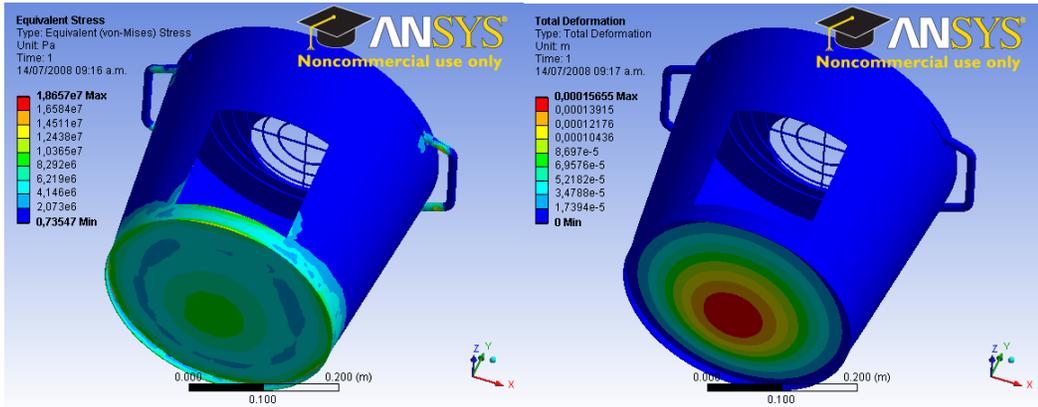
Los datos anteriores comparados con el cálculo de la fuerza de fricción del sistema de 75 N (Ver Anexo K), concluyen que antes de ser volcado, el sistema primero se desliza sobre la superficie donde se encuentre ubicado. Para una carga mayor o igual a 7,5 Kg y menor a 15,6 Kg el sistema se desliza sobre la superficie donde se encuentre. Si se ejerce una carga mayor a 15,6 Kg el sistema puede volcarse, por el contrario, la estabilidad del sistema permanece si se ejercen cargas menores a 7,5 Kg.

6.3.2 Análisis de seguridad en el transporte

En el análisis de la seguridad en el transporte del sistema, se tomó únicamente en cuenta la parte superior (sin el soporte), que constituye el módulo transportable del producto. La seguridad en el transporte de este módulo, consiste en analizar dos puntos importantes, el primero de estos es la resistencia a la carga que tienen las agarraderas diseñadas y el segundo, es la resistencia y deformación de la parte inferior del cuerpo del producto (cono truncado) para resistir todo el peso total del sistema, 240,982 N. (Ver cálculos en el anexo K).

En las figuras 47, se observan los análisis y resultados arrojados tras realizar la simulación del transporte del producto. El análisis se realizó para dos escenarios, el primero corresponde a la aplicación de la carga calculada (250 N), y en el segundo se duplicó la carga (500N en total) para probar el sistema ante una situación extrema. A continuación se muestran los resultados de deformación y esfuerzo para el escenario dos.

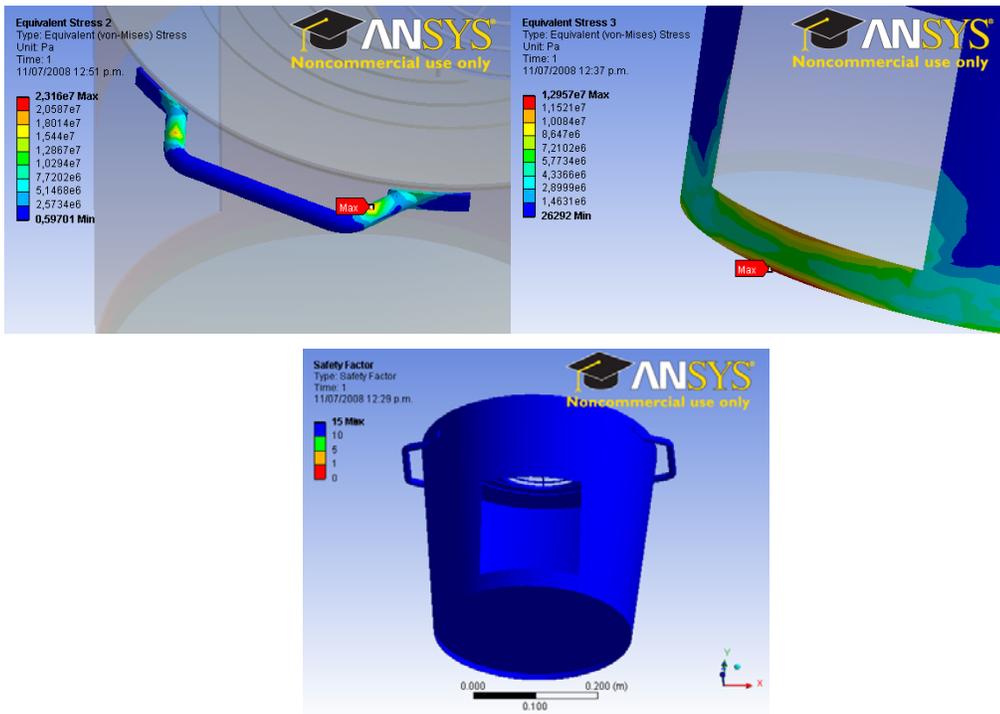
Figura 47. Esfuerzo y deformación máxima en la tapa inferior del cuerpo



Fuente. Elaboración propia

En la figura 47, se observa cómo incluso duplicando la carga real el esfuerzo máximo para la tapa inferior (18,657 MPa) es mucho menor al esfuerzo de fluencia del acero que es 250 MPa, dando como resultado un factor de seguridad mayor de 15. Nuevamente como en el análisis de la parrilla la deformación de 0,15655 mm para la tapa es despreciable.

Figura 48. Esfuerzo máximo en las agarraderas y lámina del cuerpo



Fuente. Elaboración propia

Como se observa en la figura 48, los puntos críticos de las agarraderas y la lámina rolada, tampoco representan un peligro para la resistencia y seguridad en el transporte, con esfuerzos de 23,1 MPa y 12,96 MPa de manera correspondiente, siguen presentando un factor de seguridad de 15.

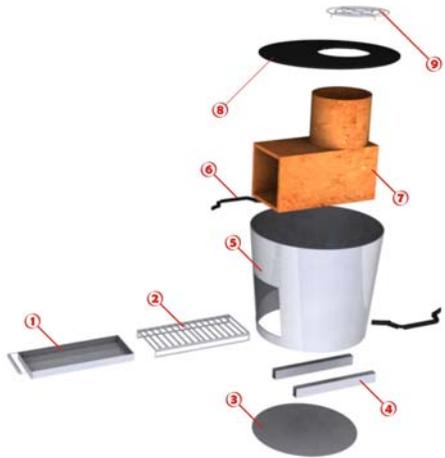
Finalmente se puede concluir que el sistema es seguro, estable y resistente, incluso esta quizás un poco sobredimensionado en algunas de sus partes, lo cual podría considerarse una mejora futura. Aun así, y teniendo en cuenta que el usuario final juzga la estabilidad y seguridad por lo que ve, el producto logra inspirar visual y analíticamente todas las garantías requeridas.

6.4 Diseño para el ensamble y la manufactura

Para facilitar el diseño para el ensamble y la manufactura, se dividió el producto en 2 módulos o subensambles, ya que como se dijo anteriormente, el soporte del producto o subensamble 2, es opcional para el usuario. El subensamble 1 que representa el horno como tal, funciona independientemente del subensamble 2.

Las figuras 49 y 51, presentan el despiece para cada uno de los subensambles, así como una lista de partes, que explican brevemente algunas de las características de las piezas. Para conocer en mayor detalle la manufactura de cada una de las piezas, en el Anexo L, están contenidas las cartas de procesos para el producto.

Figura 49. Explosión para el subensamble 1



Nº	Nombre	Descripción	Cant.
1	Recogedor de cenizas	Acero Cal. 20	1
2	Parilla para los leños	Hierro fundido	1
3	Base	Acero cal 18.	1
4	Perfil rectangular	Acero	2
5	Tambor	Acero cal.18	1
6	Agarraderas	Hierro fundido	2
7	Cámara de combustión	Cerámica	1
8	Plancha de cocción	Hierro fundido	1
9	Parilla para las ollas	Hierro fundido	1
10	Piedra Pómez	-	-

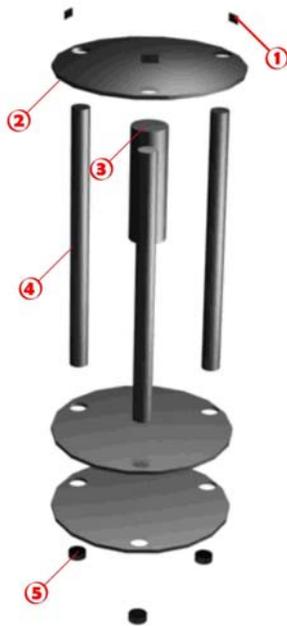
Fuente. Elaboración propia

Figura 50. Ensamble de la parte superior



Fuente. Elaboración propia

Figura 51. Explosión para el subensamble 2



Nº	Nombre	Descripción	Cant.
1	Platina de unión	Acero Cold Rolled	3
2	Entrepaños	Acero Calibre 18	1
3	Eje central	Acero Cold Rolled	1
4	Eje lateral	Acero Cold Rolled	3
5	Tapón	Plástico	3

Fuente. Elaboración propia

Además de mostrar las piezas que componen el producto en los dos subensambles anteriores, existen detalles importantes sobre el ensamble de algunas de las partes, y detalles de manufactura, estos detalles pueden visualizarse de manera gráfica y explicativa en la figura 43 que explica el concepto final desde la funcionalidad de cada una de sus piezas.

Como etapa final en el diseño para ensamble y manufactura, y considerando que uno de los principales aspectos del producto es su bajo costo de fabricación y venta, se

incluye en la tabla 22, los costos de cada una de las piezas que componen el producto.

Tabla 22. Costos para el producto

Subensamble 1: Cuerpo-Horno	
Nombre de la pieza	Costo aproximado
Recogedor de cenizas	6000
Parilla para los leños	6000
Cámara de combustión	30000
Agarraderas	5000
Plancha de cocción	12000
Parilla para las ollas	6000
Base	10000
Perfil rectangular	2000
Tambor	35000
Piedra Pómez	2000
TOTAL	105000

Subensamble 2: Soporte	
Nombre de la pieza	Costo aproximado
Base para el horno	12000
Eje central	5000
Eje lateral	9000
Tapón	3000
Entrepaños	24000
TOTAL	53000

Fuente. Elaboración propia

La tabla anterior fue realizada con ayuda de los proveedores y fabricantes del modelo funcional, y son costos aproximados para 1000 unidades. Aun así, estos costos corresponden a procesos poco industrializados y aun muy artesanales, lo que aumenta notoriamente su valor, con respecto al establecido en las especificaciones.

6.5 Diseño gráfico: Nombre y logo

Como fase final en el diseño de detalle, se creó un nombre y varias propuestas de logos que pudieran identificar tanto el proyecto como el producto (figura 52), completando así la propuesta de diseño. El nombre elegido es sencillo, corto y de fácil recordación, aspecto muy importante a la hora de entrar en la mente del usuario. “Sico” proviene de la combinación de las palabras sistema de cocción, esencia del proyecto.

Además, y debido a que el nombre “Sico” no dice nada por sí solo, se acompaña con la descripción del producto: “Sistema de cocción para zonas no conectadas a la red eléctrica”, de esta manera el usuario puede saber que significa el producto al ver el logo. Finalmente, la identidad gráfica, facilita un futuro proceso de comercialización del producto.

Figura 52. Propuestas gráficas para el producto



Fuente. Elaboración propia

Finalmente y luego de someter los logos a evaluación entre los usuarios del producto durante las pruebas de usuario y por criterios de las autoras del proyecto, se decidió elegir el logo 5 (ver figura 53) como el definitivo para representar gráficamente el producto. Este logo es simple, pero a la vez hace una alusión al contexto de uso, lo que lo hace más entendible para los usuarios y mercado potencial del producto.

Figura 53. Propuesta gráfica elegida para el producto



Fuente. Elaboración propia

7. FABRICAR (Implementación)

La fabricación es la fase en la que se lleva a la realidad todo lo planeado y detallado para el producto, permite visualizarlo a escala real y más importante aún, es el instrumento principal para evaluar su funcionalidad y adaptabilidad a las necesidades del usuario y contexto.

Para observar los planos realizados para la fabricación del producto, ir al Anexo M.

En las figura 54, se incluyen algunas fotos del proceso de fabricación y ensamble del modelo con acabados.

Figura 54. Proceso de fabricación del modelo funcional



Fuente. Elaboración propia

La figura 55, muestra el modelo funcional con acabados. Este es el modelo que fue usado para las pruebas de usuario (Capítulo 8).

Figura 55. Modelo funcional con acabados



Fuente. Elaboración propia

8. IMPLEMENTAR (Implementación)

8.1 Pruebas de usuario

Las pruebas de usuario por medio de la herramienta Userfit tool permiten probar el producto con usuarios reales en un ambiente relativamente controlado. El resultado de las pruebas es una lista de problemas que presenta el producto en la interacción con el usuario, la cual representa información valiosa para mejorar el aspecto de usabilidad del producto. Se pretende entonces hacer un acercamiento cualitativo, que no pretende dar validez numérica o estadística, tan solo exploratoria y descriptiva. (Userfit Methodology, 1996).

En el anexo N esta contenido el documento elaborado como guía para la realización de las pruebas de usuario. A continuación se incluyen algunas de las imágenes de las pruebas realizadas y las conclusiones luego del análisis de resultados.

8.1.1 Realización de las pruebas de usuario

La prueba se realizó el domingo 27 de julio del 2008, en la vereda el *Abreo* en Rionegro. Este lugar fue elegido debido a que era más cercano, lo que facilitaba la realización de las pruebas en un día. En este lugar se encontró uno de los contextos de los que se habló en la visita de campo en el capítulo 3, observación, se trata de casas que poseen conexión a la red eléctrica, pero cocinan con leña por que no pueden pagar la luz o el gas, o porque les gusta y prefieren hacerlo por medio de sus hornos tradicionales. La figura 56 muestra las fotos de las 3 casa visitadas donde se llevaron a cabo las pruebas de usuario.

En estas casas 3, las personas se mostraron muy solidarias para realizar las pruebas del horno mejorado de leña, SICO.

La figura 57, muestra algunas de las fotografías tomadas a los usuarios realizando las diferentes acciones que involucraba la prueba. En el anexo N – Pruebas de usuario, numeral 4 se encuentran las tablas de resultados que documentan toda la realización de la prueba, que constituyen el registro escrito, tanto de la observación como de la formulación de preguntas.

Figura 56. Fotos de las casas visitadas para la realización de las pruebas



Fuente. Elaboración propia

Figura 57. Fotos de las acciones-tareas realizadas por los usuarios



Fuente. Elaboración propia

8.1.2 Análisis de resultados

Luego de examinar las tablas de resultados contenidas en el ANEXO N, donde se recopiló de manera sintetizada la información obtenida durante las pruebas de usuario, se realizó un análisis enfocado a la respuesta de los objetivos planteados para la prueba, obteniendo finalmente una lista de problemas a solucionar y una lista de criterios que confirman la aceptación y funcionalidad del producto. Algunas de las primeras impresiones del usuario, se refieren al tamaño del producto, ya que no están acostumbrados a cocinar en cocinas pequeñas. Expresan además dudas sobre la usabilidad correcta por el tamaño de la cámara, pero en general les agradaba verlo y se sentían cómodos con el producto.

Problemas encontrados

- Los usuarios encontraron el horno algo pequeño, sobretodo la entrada de madera, y debido a esto ubican más madera de la requerida dejando poco espacio para la entrada de aire a la cámara.
- Los usuarios no encontraron un elemento que les permitiera sacar la leña o la parrilla para apagar el horno. La totalidad de usuarios apaga el horno sacando la madera en llamas y para esto tenían que ayudarse de un trapo para hacerlo.

- Uno de los 3 usuarios que realizaron la prueba, encontró necesario el uso de una chimenea o pequeño “atenor” para mejorar el horno y su salida de humo. Debe tenerse en cuenta que la tapa del tambor poseía algunos imperfectos que hacían que no hubiera un sellado que detuviera parte del humo generado.
- El tamaño de la base no limita el tamaño de los leños, es decir el usuario no encuentra un elemento o un indicador que le diga el tamaño ideal para usar en la cámara de combustión, entonces ubica leños muy grandes que bloquean la entrada de aire que a la vez disminuye la eficiencia en la combustión.
- Cuando los usuarios usaron el recogedor de cenizas expresaron alguna dificultad para el agarre ya que estaba muy cerca tanto del recogedor y de la cámara. A pesar de esto, y según lo observado este aspecto no es de tanta importancia para ellos comparados con la rapidez y consumo de madera.

Criterios de aceptación y funcionalidad

- Los usuarios entienden con facilidad el funcionamiento del horno y expresan que su tamaño y movilidad lo hace más cómodo que los tradicionales.
- La primera característica que impacta al usuario luego de usar el horno, es la poca cantidad de leña que consume. Expresan que encuentran muy positivo el hecho de hacer rendir más la leña.
- La rapidez, que es una de las ventajas más importantes de la cocción con leña (encontrado en la salida de campo inicial y confirmado en las pruebas de usuario) fue uno de los aspectos más reconocidos en el horno por los usuarios. La totalidad de usuarios coinciden en decir que el horno es rápido.
- El usuario mostró gran satisfacción con respecto al aspecto estético del producto. Expresaron su gusto por el sistema de cocción, y como su apariencia lo hacía apto para ocupar otros lugares de la casa, como la sala. También lo encontraron como un producto completo, diciendo que en caso de comprarlo, lo adquirirían con la base incluida.
- Se observó al usuario cómodo y desenvuelto en el uso del producto. Luego en la entrevistas, las 3 personas expresaron que es fácil de usar.

- Otra de las ventajas que encontró el usuario durante el uso del producto es el hecho que el horno no lo tizne, es decir, que reconocen que el horno es más limpio que el tradicional, y ven en ello una ventaja con respecto a los tradicionales.
- Dos de las tres personas que usaron el horno, encontraron una mejora en cuanto a la cantidad de humo emitida por el mismo, teniendo en cuenta que el sistema no incluye chimenea.

8.1.3 Conclusiones y recomendaciones para el producto

Los problemas encontrados que se explicaron al inicio del numeral 8.1.2 permiten realizar varias recomendaciones para mejorar el producto. Estas son:

- Incluir unas pinzas o algún elemento externo, que permita retirar los leños calientes o la parrilla, para facilitar la tarea de apagar el sistema.
- Incluir un elemento o analizar alguna manera para restringirle y mostrarle al usuario el tamaño óptimo de madera para usar en el horno.
- Realizar algún tipo de marca, señal o limitación en el interior de la cámara (entrada de madera) que permita que los usuarios no llenen por completo la boca de la cámara con madera, y de esta manera permitan el flujo normal de aire.
- Rediseñar la agarradera del recogedor de cenizas de manera que se caliente menos y exista más espacio entre ésta y el recogedor o cámara, haciéndola más fácil de usar.

Así mismo los criterios descritos en la última parte del numeral 8.1.2, confirman la usabilidad y funcionalidad del producto, así como la aceptación por parte de los usuarios. Además dichos criterios confirman las especificaciones y *key benefits* que se querían satisfacer con el producto, algunos de estos son: eficiencia en la combustión, reducción en la emisión de humo, reducir la cantidad de madera usada, adaptación del

producto al contexto tanto estética como funcionalmente, entre otros. (Para ver todas las especificaciones para el producto ir al numeral 4.4 PDS)

Finalmente se recomienda en caso de la continuación o verificación del proyecto, la realización de las pruebas de usuario, con una mayor cantidad de usuarios, ya que el actual proyecto de grado, debido a su alcance, tiempo y costos, solo pudo realizarlas a 3 usuarios. Un mayor número de usuarios, brindara más validez y valor de aceptación del producto en el contexto específico.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. Sobre el cumplimiento de objetivos

- En el desarrollo del sistema de cocción y calefacción, se hizo énfasis en la primera tarea. Esta acción comparada con la de calefacción incluye más aspectos y componentes a analizar, ya que la acción de calefactor, es propia de cualquier elemento que emane calor, como es el caso del producto. Es así como se ha diseñado un producto óptimo en cocción, que por su carácter portátil, lo convierte en un calefactor transportable, que al final del proyecto fue verificado en su función de calentar ambientes como una “chimenea portátil”.
- Los objetivos específicos fueron cumplidos de manera satisfactoria, esto se evidencia en el cuerpo del trabajo con un ciclo de trabajo completo, donde se inicia con el contacto y la experiencia de compartir y conocer el usuario y el contexto, y finalmente regresando con un modelo funcional que verificó el resultado del proyecto y permitió realizar las recomendaciones adecuadas.
- El modelo funcional con acabados cumple con las especificaciones de producto planteadas según las necesidades encontradas, y cumple con los requerimientos de calidad, resistencia, usabilidad y funcionalidad necesarias para validar el modelo mediante pruebas de usuario.
- Por medio del presente proyecto, se pudieron aplicar diferentes campos que destacan al Ingeniero de Diseño como un profesional interdisciplinario. Entre estos campos y herramientas se destacan, el uso y aplicación de metodologías de diseño, la capacidad de investigación y exploración, el uso de herramientas 3D, la formalización de productos, diseño conceptual, entre otras.

9.2. Sobre el producto

- Se ha diseñado un sistema de cocción y calefacción para hogares que no poseen conexión a la red eléctrica o que por varios motivos aún utilizan la leña como fuente de energía. Este sistema cumple con las siguientes especificaciones:

Tabla 23. Especificaciones finales del producto

HORNO	
Nombre del producto	Horno mejorado Sico
Dimensiones máximas	380 X 380 X 360 mm
Peso	19 Kg
Color	Negro y plateado
Tiempo de levantamiento	15 minutos (1 lt de agua)
Materiales	Cerámica, Acero, Hierro
Precauciones en el uso	No tocar la plancha mientras el horno se encuentra encendido
	No introducir leños muy largos y anchos en la cámara de combustión

SOPORTE	
Nombre del producto	Soporte para horno mejorado Sico
Dimensiones máximas	375 X 375 X 580 mm
Peso	21 Kg
Color	Negro
Materiales	Acero y plástico

Fuente. Elaboración propia

- El diseño de productos dirigidos especialmente para usuarios en la base de la pirámide (BOP), es decir que cuentan con recursos escasos o nulos para la adquisición de productos, plantea un reto en la labor del ingeniero de Diseño de Producto, ya que se cuenta de entrada con muchas especificaciones y parámetros que delimitan el proceso, así como hace relativos conceptos como la estética, la belleza, la adaptabilidad, la funcionalidad y la comodidad, entre otros.
- El producto resultado de este proyecto, logra conciliar aspectos que desde su inicio, se identificaron vitales a la hora de diseñar, tales como los bajos costos en la producción, la eficiencia en la quema de la madera y el tiempo en el calentamiento de los alimentos, con otros que se hacían urgentes por el contexto y el usuario, como ofrecer un producto que mejorara sus vidas diarias que al mismo tiempo

quisieran adquirir, ya que es innovador pero conserva sus costumbres y se adapta en sus espacios.

- Se recomienda para una futura intervención y continuación del presente proyecto la posibilidad de la optimización del espesor de los materiales o el tamaño de algunas de las partes, dados los resultados en el análisis de elementos finitos, que muestra un sobredimensionamiento. Sin embargo debe tenerse en cuenta que dadas las características del usuario (Ver capítulo 3, Observar, numeral 3.4.3. Descripción del usuario), el producto debe seguir siendo visualmente fuerte y estable, ya que incluso estando sobredimensionado como lo está actualmente, el usuario lo encuentra pequeño. Este aspecto de seguridad y robustez visual, es incluso más importante que los análisis computacionales.
- Finalmente se concibe un producto que muestra mejoras con respecto a los hornos tradicionales de leña encontrados en la salida de campo (Capítulo 3, Observar) y algunos hornos mejorados ya diseñados (Capítulo 4, Entender), con el cual se logro disminuir la cantidad de humo emitido y la leña necesaria para cocinar, aumentar la eficiencia de la combustión y mejorar la apariencia estética de manera que se adaptara al contexto y al mismo tiempo el usuario, que lo encuentra agradable y expresa deseo por tenerlo.
- Los detalles diseñados para el producto, suplen necesidades que no estaban cubiertas por hornos anteriores, tales como la apariencia estética, la movilidad y transporte, la facilidad en la limpieza, la comodidad y adaptabilidad al entorno y costumbres de los usuarios.
- El cálculo para los costos del producto, se realizó basado en la realización del modelo funcional, lo que generó un aumento notable en los costos del producto, que está desfasado con respecto a la especificación de costo dada en el PDS (numeral 4.4). Se recomienda para la futura continuación del proyecto, estudiar la viabilidad del proyecto como producto como tal, ya que el presente, solo planteaba una solución al problema. Se recomienda además, bajar los costos del producto por medio de exploración y optimización de materiales y procesos de manufactura industrializados que logren disminuir los gastos, como el uso de troqueles. Además debe explorarse la opción de buscar entes gubernamentales o no gubernamentales

que apoyen o ayuden a subsidiar los gastos de fabricación y comercialización del producto.

9.3. Sobre la metodología

- En el proyecto se evidenció la necesidad de conocer al usuario desde tantos puntos de vista como fuera posible, es por esto que en la fase de observación que es la base de las especificaciones del producto, fue básico conocer las necesidades del usuario, vivirlas, escucharlas, y verlas desde diferentes métodos que lo permitieran.
- Retomando el aspecto sobre el nivel de dificultad que plantean los productos de carácter social, donde las decisiones deber ser basadas primordialmente en el usuario, y deben dejarse a un lado criterios personales, se recomienda que para el desarrollo de proyectos similares, se cuente con métodos que permitan tener una interacción constante con el usuario durante todas las etapas de la metodología, como en la generación de alternativas y selección de concepto, que por el alcance y la lejanía de las zonas del usuario del presente proyecto, fue complicado realizar.
- El storyboard dio una base clara sobre la secuencia de acciones que realiza el usuario, de donde se extrajeron las funciones que conformarían el análisis funcional, en la etapa de conceptualizar. Fue una herramienta muy útil en el entendimiento del problema y del comportamiento del usuario.
- El análisis conceptual dio una mirada clara a todas las funciones que debían considerarse en el producto, esto es importante ya que abarca todo el producto desde su función principal hasta las sub-funciones que permiten que esta ocurra. Aun así, no se tuvo claro durante su realización la verdadera necesidad o aporte de realizar pasos como la estructura funcional, ya que se conocía de antemano la función principal y no se consideraba útil para el desarrollo. Se recomienda antes de establecer el uso de todas las herramientas del análisis conceptual de un producto, definir cuáles son necesarias y aportan realmente al desarrollo del proyecto. Por otro lado el análisis funcional desde la parte investigativa de hornos mejorados ya existentes, y principios físicos y de diseño, aportó una mirada más real y contundente para el entendimiento del funcionamiento del horno. Se

recomienda realizar un proceso paralelo entre análisis conceptuales e investigativos.

- La matriz morfológica en este caso, podría ser un paso innecesario para algunas funciones que por principios físicos, o investigaciones previas, se conocen los componentes que las llevaran a cabo.
- El análisis formal permitió identificar los objetos y el contexto que rodea al usuario, ya que debido a sus características identificadas en las entrevistas y salida de campo, les cuesta acostumbrarse o recibir nuevas costumbres u objetos que no se adaptan a lo que conocen. Esta herramienta fue muy útil para la corporificación y estética del producto, ya que dio una mirada general a las formas y líneas que son familiares al usuario, y permitió que los diseños realizados estuvieran adaptados al contexto.
- La geometrización resultó ser una herramienta indispensable para realizar la transición de la alternativa seleccionada a un concepto detallado y visualmente proporcional, ya que por medio de la proporción aurea permitió diseñar el soporte más adecuado con el cuerpo del horno, demostrando como una sola herramienta de geometrización puede mejorar notablemente la apariencia de un producto. Se recomienda hacer uso de mínimo una herramienta de geometrización previo a una modelación y definición detallada del producto.
- La exploración de materiales y formas en la fase de detallar, no estaba contenida inicialmente como actividad de la metodología, y aunque retrasó el cronograma del proyecto, resulto siendo clave para el análisis de ingeniería de la cámara y el funcionamiento del horno. Este análisis desde la experiencia con el producto fue una transición entre la conceptualización y el detalle que corporificó y permitió que el diseño de detalle fuera consecuente. Los análisis exploratorios fueron una herramienta útil y altamente recomendable para los ingenieros de Diseño de Producto, en casos donde no se tienen conocimientos muy amplios en temas de ingeniería o análisis matemáticos.
- El análisis de elementos finitos, es una fase que se precisa en el detalle del producto, ya que no solo es la verificación que da vía libre para la construcción, sino que además permite realizar recomendaciones sobre la optimización de

material, peso, y otros aspectos que ayudan a una futura mejora al producto final. Sin embargo, y para este tipo de proyectos dirigidos al B.O.P (Usuarios en la base de la pirámide económica) no puede perderse de vista la percepción que tiene el usuario sobre la estabilidad visual del producto.

- La prueba de usuario fue la herramienta más útil para validar el producto, y determinó desde una fuente primaria de información como es el usuario, que el producto cumplía con las especificaciones dadas y satisfacía las principales necesidades encontradas en un principio. También permitió reconocer puntos poco favorables o problemas, que constituyen recomendaciones y futuras mejoras. Se recomienda el uso de la metodología de *Userfit*, ya que gracias a su planeación, y organización de la información, permitió encontrar los problemas y los criterios de funcionalidad de una manera rápida y clara.

BIBLIOGRAFÍA

- Adisson, K (n.d). *Appropriate technology: Wood fires that fit*. Obtenido en Marzo de 2008 de: <http://journeytoforever.org/at.html>
- Amatya, S., y Man Shrestha, R. (2003). *Installation of Improved Metal Cooking Stoves in the Khumbu Region*. Nepal: Sustainable Technology Adaptive Research and Implementation Center.
- Angulo Ospina Luis Eduard. (Junio, 2003). *Estudio FAZNI: Fondo De Apoyo Financiero Para La Energización De Las Zonas No Interconectadas*. Bogotá.
- Aprovecho Research center (n.d). Obtenido en Marzo de 2008 de www.aprovecho.org.
- Araque, M.C. (n.d) *Manual didáctico para la construcción de cocinas a leña mejoradas*. Chile: GEA, Generación de Energías Alternativas.
- Bases conceptuales para la regulación de la prestación del servicio de electricidad en las Zonas no interconectadas. Documento CREG-073. Septiembre 25 De 2003.
- Baxter, M (1995). *Product Design: Practical methods for the systematic development of new products*. London: Chapman & Hall
- Berthier, A., (2007). *El sistema de Referencias Harvard*. En *Conocimiento y Sociedad*. [En línea]. Disponible en: <http://www.conocimientoysoiedad.com/Harvard.html>. (Accesado el día {fecha de acceso
- Bruce, Perez y Albalak (2001). *Contaminación del aire de locales cerrados en los países en desarrollo: un importante reto ambiental y de salud pública*.

- Bryden, M., Still, D., Scott, P., Hoffa, G., Ogle, D., Balis, R., y Gover, K. (2002). *Principios de diseño para estufas de cocción con leña*. EE.UU: Aprovecho Research Center & Shell fundation.
- BUN-CA (ONG), (2002). *Manuales de energía renovable: BIOMASA*. San José, Costa rica.
- Calefacción del hogar: elija bien y sáquele partido (n.d). Obtenido en Enero 23 de 2008 de: <http://hogar.123.cl/ideas/calefaccion.htm>
- Carneiro, R (2005). *Cocinas y estufas mejoradas*. Obtenido en febrero de 2008 de: <http://www.crest.org/discussiongroups/resources/estufas/>.
- Cross, N (2000). *Métodos de diseño: Estrategias para el diseño de productos*. New York: Limusa Wiley.
- Doebelin, E. *Engineering experimentation: planning execution reporting*. NEW YORK: MCGRAW-HILL, 1995. 528p. (). ISBN 0070173397.
- FAO: Food and agricultura Organization of the United Nations. (2008).
- GIRA (n.d) (Grupo Interdisciplinario de tecnología rural apropiada) (2003). *El uso de biomasa como fuente de energía en los hogares, efectos en el ambiente y la salud, y posibles soluciones*. México.
- GIRA, CESE, DRCA. *Estufa Lorena*. Producción GIRA. CESE. DRCA. 1987, 14 pp.
- Guerrero, A., y Sandoval, C. (2007). *Estudio Validación del Ecofogón "Justa"*. México: Proleña, Asociación para el fomento dendroenergético.
- Hagler Bailly - Aene Consultoría (2001). *Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las Zonas No Interconectadas, con participación de las comunidades y el sector privado*. Bogotá.

- Hatfield, M (2004). *Honduran Market Stove Project*. Honduras: Aprovecho Research & ADHESA Honduras.
- Heggie, A., y Miles, T (2006). Biomass Cooking Stoves. Obtenido en Febrero-Marzo de 2008 de: <http://www.repp.org/discussiongroups/resources/stoves/>
- Ideo Design, Methods. Obtenido en Septiembre de 2007, de: <http://www.ideo.com/about/index>
- Jaramillo, M (2008). ECO-FONDO AC-DI: *Estufas ecológicas evitan la tala de 14,5 has de bosque al año*. Obtenido en Marzo de 2008 de: http://proyecto.geograficos.net/index.php?option=com_content&task=view&id=106&Itemid=37
- Mayorga, L., Buitrago, M., y Foidl, N. (2005). *Ensayos en un fogón mejorado utilizando catalizadores para mejorar la combustión y pruebas de operación de gasificadores de madera*. Nicaragua: Proleña.
- Miles, T (2006). Listas de Bioenergía: Cocinas y estufas mejoradas. Obtenido en febrero de 2008 de: <http://www.bioenergylists.org/es>
- Panero, J y Zelnik, M (2004). *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A
- Poulson D., Ashby M., Richardson S. (1996). *USERfit: A practical handbook on user centred design for assistive technology*. ECSC-EC-EAEC, Brussels-Luxembourg.
- Proceso de Combustión (n.d). Obtenido el 21 de abril de 2008 de: www.ambientum.com/enciclopedia/energia/
- Programa Especial para la Seguridad Alimentaria- PESA (2007). *Proyecto tipo: Estufas ahorradoras de leña*. México: FAO, Sagarpa

- Regional Wood Energy Development Programme in Asia (1993). *Improved solid biomass burning cookstoves: a development manual*. Tailandia: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
- Reyes, S (2001). Diseño de experimentos. Obtenido en Marzo de 2008 de: <http://www.monografias.com/trabajos7/diex/diex.shtml>
- Romero, A (2003). *Tipos de arcilla*. Obtenido el 6 de mayo de 2008 de: <http://www.xtec.es/~aromero8/pagina10.htm>
- Roozenburg, N.F.M & Eekels, J (1995). *Product Design: Fundamentals and Methods*. England: Wiley.
- Scott, P (2001). *Una guía simple para construir la estufa justa*. EE.UU: Aprovecho Research Center.
- Sistemas de calefacción (n.d). Obtenido en Marzo de 2008 de: <http://www.sistemascalefaccion.com/estufas/estufas-mejoradas.html>
- Stappers, P; Van der Lugt, R; Sleeswijk, F; Hekkert, P (2006) *Reader: Context and Conceptualization*. The netherlands: TUDelft
- Stolovich, L (1999). *Energía y banca multilateral en América Latina: contradicciones entre la realidad y el discurso*. America Latina: ITEM, Cap7. ISBN: 9974574242
- Tassoul, M (2006). *Creative Facilitation: a Delft approach*. The Netherlands: VSSD
- Ulrich, K & Eppinger, S (2004). *Diseño y desarrollo de productos: Enfoque multidisciplinario*. México: Mc Graw Hill
- Unidad de planeación minero energética UPME (2007). *Energías renovables: Descripción, tecnologías y usos finales*. Bogota.
- Userfit Methodology (1996). HUSAT Research Institute. United Kingdom.
- Velásquez, A (2005). *Presentación de estilos de vida*. Medellín: EAFIT.

- Venturini, D (n.d). *Como construir un parrillero*. Obtenido en marzo de 2008 de:
<http://es.geocities.com/rodeluvirtual/hornos/hornos6.htm>
- Westhoff, B y Germann, D (1995). *Estufas en imágenes: una documentación sobre las estufas mejoradas y tradicionales de África, Asia y América latina*. Comisión de las comunidades europeas.
- Winiarski, L., y Hughes, N (2008). *Proyecto Cocinas ecológicas*. Oregon, EE.UU: Club Rotario.

LISTA DE ANEXOS

Anexo A.	2
Enfermedades producidas por la exposición al humo generado en la quema de biomasa.	2
Anexo B.	4
Registros del auge de los hornos mejorados: Organizaciones, expertos, fondos, centros investigativos alrededor del mundo.....	4
Anexo C.	8
Investigación base realizada en TUDelft.....	8
RESEARCH PROJECT	8
Anexo D	24
Fichas de Observación.....	24
Anexo E.	28
Guía de observación productos de la competencia.....	28
Anexo F.	29
Principios de diseño y funcionamiento.....	29
Anexo G	50
Boards y Collages	50
Anexo H.	66
Resultados de la geometrización del producto.....	66
Anexo I.	69
Documento para el diseño experimental	69
Anexo J.	76
Montaje y resultados del diseño experimental	76
Anexo K.	78
Cálculos para los análisis de elementos finitos (FEA)	78
Anexo L.	85
Cartas de procesos	85
Anexo M.	97
Planos técnicos para el producto.....	97
Anexo N.	123
Diseño de las pruebas de usuario (Userfit tool)	123

Anexo A.

Enfermedades producidas por la exposición al humo generado en la quema de biomasa.

Las siguientes son las enfermedades ocasionadas por el humo de la biomasa en lugares cerrados. Este listado de enfermedades y sus características fueron extraídos de un boletín de la organización mundial de la salud en el año 2001.

ENFERMEDADES RESPIRATORIAS

Infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores.

Las infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores son la causa mas importante de mortalidad en niños menores de cinco años y son responsables de unos dos millones de defunciones anuales en ese grupo de edad. Diversos estudios realizados en los países en desarrollo se han referido a la asociación entre la exposición al aire contaminado de lugares cerrados y las infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores.

Infecciones de las vías respiratorias superiores y otitis media.

En varios estudios se ha hallado una relación entre la exposición a humo de combustibles de biomasa y la incidencia de afecciones respiratorias agudas generales en niños, principalmente de las vías superiores. La infección del oído medio (otitis media) rara vez es mortal pero provoca gran morbilidad, inclusive sordera, y supone una carga para el sistema de salud.

ENFERMEDAD PULMONAR CRONICA

Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Se han comunicado casos de enfermedades pulmonares crónicas en comunidades muy expuestas a la contaminación por humo de biomasa en lugares cerrados.

Las manifestaciones clínicas eran las propias de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, acompañadas en algunos pacientes de fibrosis pulmonar local y bronquiectasia (destrucción e infección localizadas del pulmón) y la enfermedad se atribuyo a la contaminación del aire de lugares cerrados y a infecciones repetidas.

En los pacientes expuestos a humo de biomasa se observaba sistemáticamente un importante depósito de carbón en los pulmones (antracosis). En la necropsia de mujeres no fumadoras la mayoría de ellas expuestas a humo de biomasa, reveló que todas padecían enfisema, 11 bronquiectasia, 5 bronquitis crónica, y 2 tuberculosis. Varios estudios han descrito fibrosis pulmonar, parecida a la neumoconiosis (reacción crónica del pulmón a la inhalación de polvo, por lo general con resultado de fibrosis), incluidos casos de fibrosis masiva progresiva, en individuos expuestos al humo de leña.

CANCER DE PULMON

Los antecedentes de enfermedades pulmonares son un factor de riesgo para el cáncer de pulmón en mujeres. En los países en desarrollo, las enfermedades pulmonares previas atribuibles a la tuberculosis y otras infecciones pulmonares podrían contribuir a la aparición de cáncer de pulmón en personas que no han fumado nunca. Las afecciones obstructivas crónicas están asociadas a un aumento del riesgo de cáncer, incluso cuando se tienen en cuenta la edad, el sexo, la ocupación y el hábito de fumar. Esto sugiere que existe una exposición paralela a toxinas y sustancias carcinógenas para el pulmón o que los tejidos crónicamente inflamados o lesionados tienen mayor predisposición a desarrollar cáncer que el tejido normal. Sea cual sea el mecanismo, la exposición al humo de biomasa es un factor

La exposición al humo interfiere en las defensas mucociliares de los pulmones (106) y menoscaba varias propiedades antibacterianas de los macrófagos pulmonares, como la adherencia al vidrio, la tasa fagocítica y el número de bacterias fagocitadas

CATARATAS

La contaminación atribuible al uso de combustibles de biomasa provoca irritación ocular y puede provocar catarata.

Anexo B.

Registros del auge de los hornos mejorados: Organizaciones, expertos, fondos, centros investigativos alrededor del mundo

La preocupación por la disminución de emisiones y contaminación al medio ambiente y disminución de enfermedades por la quema de biomasa no es nueva en el mundo. Cientos de investigadores, centros y expertos, han dedicado su vida a crear e implementar nuevas tecnologías que mejoren la calidad de vida de las personas que por tradición, pobreza o difícil acceso a recursos, usen y cocinen diariamente con leña. En Asia, África y América latina, existen centros de investigación y desarrollo que promueven el uso y el mejoramiento de hornos más limpios. La información y desarrollos ya existentes, son una base firme y una fuente importante para el desarrollo de este proyecto. A Continuación, se describen brevemente las fuentes más importantes de información en el mundo, así como expertos, y fundaciones gubernamentales y No gubernamentales que apoyan este tipo de proyectos.

1. Aprovecho Research center (Oregón, Estados Unidos) (www.aprovecho.org)

Organización sin ánimo de lucro cuyo propósito es investigar, desarrollar y propagar soluciones tecnológicas que satisfagan necesidades humanas básicas ya sea por pobreza u otros motivos, así mismo desean elevar la calidad de vida de comunidades de los países del tercer mundo, mejorando su salud, seguridad y reduciendo impactos en el ambiente.

Este centro está dedicado especialmente a crear tecnología apropiada y efectiva dando soluciones a problemas relacionados con la cocción y calefacción por medio del uso de biomasa. También proveen asistencia técnica en proyectos alrededor del mundo.

En su página web: www.aprovecho.org, ofrecen documentación, videos, y todo tipo de ayudas para personas interesadas en el tema.

El director de este centro es el Ingeniero **Larry Winiarski**. El doctor Winiarski se ha dedicado a desarrollar y construir hornos y estufas mejoradas alrededor del mundo. Sus avances y tecnologías, en cuanto a cámaras de combustión, han sido de gran

apoyo para el desarrollo de este proyecto. Winiarski ha diseñado los hornos Rocket y justa entre otros, y ha dejado gran documentación sobre principios de diseño y construcción de hornos mejorados de bajo costo.

2. FAO: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO, 2008)

La FAO conduce las actividades internacionales encaminadas a erradicar el hambre. Al brindar sus servicios tanto a países desarrollados como a países en desarrollo, la FAO actúa como un foro neutral donde todos los países se reúnen en pie de igualdad para negociar acuerdos y debatir políticas. La FAO también es una fuente de conocimientos y de información. La Organización ayuda a los países en desarrollo y a los países en transición a modernizar y mejorar sus actividades agrícolas, forestales y pesqueras, con el fin de asegurar una buena nutrición para todos. Desde su fundación en 1945 la FAO ha prestado especial atención al desarrollo de las zonas rurales, donde vive el 70 por ciento de la población mundial pobre y que pasa hambre. Las actividades de la FAO comprenden cuatro principales esferas:

- Ofrecer información.
- Compartir conocimientos especializados en materia de políticas.
- Ofrecer un lugar de encuentro para los países.
- Llevar el conocimiento al campo.

3. BioEnergy Lists: Biomass Cooking Stoves (Miles, 2006)

Este sitio de internet contiene información que ayuda a la gente a desarrollar mejores hornos usados para cocinar con biomasa en regiones en vía de desarrollo.

La página tiene información sobre todos los aspectos que se refieren al diseño de estos hornos. Desde la información de combustibles, diseño, construcción, emisiones, salud, seguridad, entre otros. Además registra los países en los cuales existen organizaciones o desarrollos de este tipo.

4. Proyecto Nacional: ECOFONDO-ACDI (Colombia) (*Jaramillo, 2008*)

El Ecofondo ACDI promueve la gestión ambiental participativa para la paz y el desarrollo sostenible en Colombia.

La Corporación ECOFONDO fue creada en 1993, por una asamblea de 119 organizaciones ambientales, en Bogotá-Colombia. Es una organización de organizaciones ambientalistas, no gubernamentales, comunitarias, de pueblos indígenas y afrodescendientes, sin ánimo de lucro, que se concibe como un espacio democrático y participativo de incidencia en política y gestión ambiental. Sus acciones institucionales principales son la cofinanciación de proyectos ambientales, la incidencia en políticas públicas, la promoción de reflexión y acción en relación con problemáticas ambientales y el fortalecimiento de organizaciones y movimientos sociales.

Entre sus proyectos, promueven la utilización de estufas ecológicas, para evitar la tala de 14,5 hectáreas de bosque al año. Lo cual convierte al ECOFONDO en una organización que podría estar interesada en apoyar el presente proyecto y lo cual muestra que el diseño sostenible, también está siendo tomado en cuenta en Colombia.

5. ETHOS: Engineers in technical and humanitarian opportunities of service

Organización sin ánimo de lucro que busca facilitar la investigación y el desarrollo de tecnologías apropiadas por medio de la formación de sociedades colaborativas con universidades, laboratorios, ingenieros y organizaciones no gubernamentales de diferentes países del mundo.

Trabajando juntos, todas estas sociedades buscan crear y propagar la mejor tecnología dispuesta para las familias que lo necesitan. Desde su fundación ETHOS incluye en su grupo a estudiantes y facultades de diferentes universidades, como la universidad de Iowa, Dayton, Colorado e Illinois, entre otras.

6. Partnership for Clean Indoor Air

El objetivo de esta organización es mejorar la salud y calidad de vida de las personas, reduciendo la exposición directa al aire contaminado, principalmente de mujeres y niños. La organización cuenta con socios alrededor del mundo, que buscan con su apoyo y participación brindar soluciones que conlleven a la reducción de fuentes de contaminación por el mal uso de fuentes de energía como la biomasa para la cocción o calefacción en hogares de países en vías de desarrollo.

Cuenta con 160 socios que contribuyen con sus recursos y conocimiento a proyectos o personas interesadas en la consecución de un aire más limpio en los hogares.

El sitio web registra y da a conocer todo tipo de noticias y proyectos que se han desarrollado alrededor del mundo en búsqueda del objetivo de la organización.

ANEXO C.

Investigación base realizada en TUDelft

RESEARCH PROJECT

“Research Project” fue un curso tomado por ambas autoras del presente proyecto de grado, en la Universidad técnica de Delft en Holanda (TUDelft), desde septiembre de 2006 hasta enero de 2007. La idea era llevar a cabo un proyecto de investigación en el departamento de diseño sostenible, para continuar el énfasis de la línea elegida en EAFIT. Guiadas por el profesor Jan Carel Diehl en la parte de diseño sostenible y el profesor Henri Christiaans en la parte investigativa, se inicio una investigación acerca de todos aquellos problemas que aquejaban a la mayoría de la población en Colombia, aquellos más comunes que pudieran ser mejorados potencialmente por medio del desarrollo de productos.

La primera etapa del “Research Project” transcurre entonces en la búsqueda de problemas que pudieran solucionarse por medio del desarrollo de un proyecto en diseño sostenible.

En los siguientes “Statements” o cuadros de análisis, se describen los principales problemas encontrados, con las características, como población, Localización geográfica y principal descripción del problema. La zona del problema se clasifica según 3 grupos básicos: Zonas No Interconectadas, Pobreza extrema y riesgos elevados de violencia y conflicto.

Los 8 problemas encontrados fueron:

1. Zonas No interconectadas de Colombia
2. Altos niveles de analfabetismo en el Chocó
3. Recolección de basuras
4. Mejor desarrollo para paneles solares
5. Abastecimiento de agua en zonas rurales
6. Desplazamiento de personas
7. Poblaciones sin electricidad por actos violentos

8. Contaminación por la quema de biomasa

STATEMENT 1: “NO CONNECTED ZONES”

ZONE	No connected zones in Colombia
GEOGRAPHICAL LOCATION	AMAZONIA, ORINOQUIA and COSTA PACÍFICA
GENERAL PROBLEM OR NEED DESCRIPTION	<p>There are rural zones in Colombia that are far away from the urban and industrial centers and they present a lot of difficulties to receive the domiciliary public services, like water and electricity. People who live in those zones of the country present health, malnutrition and illnesses problems. The principal issue is that the people who live in those zones don not have electricity to cook neither enough water to clean the food, to take a shower and others basic needs like those.</p> <p>In the non connected zones in Colombia live one million and a half of the inhabitants of which 88% live in rural areas and just a 12% of the inhabitants live in capitals.</p> <p>These zones occupy around 756000 kilometers ² of the national territory.</p>
TARGET GROUP	Rural areas In the no connected zones in Colombia.
TARGET GROUP CHARACTERISTICS	<ul style="list-style-type: none"> • Are sparsely settled places away from the influence of large cities. • People in rural areas live in towns, villages, on farms and in other isolated houses. • In modern usage, rural areas can have an agricultural character, though many rural areas are characterized by an economy based on logging, mining, and petroleum. • Lifestyles in rural areas are different from those in urban areas, mainly because limited services, especially public services are available.

REFERENCES	<a href="http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/sne/2006/octubre/07/h
echos_sociales_putumayo.pdf">http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/sne/2006/octubre/07/h echos_sociales_putumayo.pdf http://www.presidencia.gov.co/sne/2003/octubre/28/13282003.htm
-------------------	--

STATEMENT 2: “HIGH LEVEL OF ILITERACY”

ZONE	Extreme poverty
GEOGRAPHICAL LOCATION	Quibdó Chocó. Colombian Norwest
GENERAL PROBLEM/NEED DESCRIPTION	<p>Approximately around 80% of the people who live in Quibdó-Chocó have lack of electricity, education and health but one of the major problems is the lack of education. Chocó is a population where only 2 out of 100 young people received basic education. The population of Quibdó needs new ways to learn essential things to can work when they are older and to be related to other people and to live in better conditions. The real problem is the illiteracy and the impossibility to learn by different ways like: computers, TV, Radio, etc... because they don't have that kind of things, not even electricity.</p> <p>The illiteracy is three times higher than the rest of Colombians.</p>
TARGET GROUP	Young people who live in Quibdó Chocó.
TARGET GROUP CHARACTERISTICS	<p>Illiterate people.</p> <p>People from 10-20 years old</p> <p>People who live whit lack of electricity and education.</p>
REFERENCES	http://colombia.indymedia.org/news/2002/11/233.php

STATEMENT 3: “WASTE COLLECTION”

ZONE	No connected zones in Colombia
GEOGRAPHICAL LOCATION	In the rural areas of Bolivar, Cesar, Magdalena, Sucre and Vichada.
GENERAL PROBLEM/NEED DESCRIPTION	<p>The collection of garbage is one of the public services that have more implications in the environment. According to “EL DANE” the 60% of the population who live in departments of Bolivar, Cesar, Magdalena, Sucre and Vichada don not have the service of dustcart to collect their garbage.</p> <p>In the rural areas of Bolivar, Cesar, Magdalena, Sucre and Vichada just 12% of the population has the cleanliness service to collect their garbage whereas 82.4% do not have any cleanliness service; therefore they burn, bury or throw to the water (River and lakes) their garbage.</p> <p>This is a big problem because affect vastly the environment and the quality of life.</p>
TARGET GROUP	People who live In the rural areas of Bolivar, Cesar, Magdalena, Sucre and Vichada.
TARGET GROUP CHARACTERISTICS	<ul style="list-style-type: none"> • Are sparsely settled places away from the influence of large cities. • People in rural areas live in towns, villages, on farms and in other isolated houses. • In modern usage, rural areas can have an agricultural character, though many rural areas are characterized by an economy based on logging, mining, and petroleum. • Lifestyles in rural areas are different from those in urban areas, mainly because limited services, especially public services are available.
REFERENCES	http://web.minambiente.gov.co/ecorre/medsocial7/desa.htm

STATEMENT 4: “SOLAR PANELS: NOT ENOUGH”

ZONE	Extreme poverty
GEOGRAPHICAL LOCATION	La vereda Naranjal, San Acevedo, Quebrada Pato, La Estrella and La Unión
GENERAL PROBLEM/NEED DESCRIPTION	In 2006 were installed some solar panels in La vereda Naranjal, San Acevedo, Quebrada Pato, La Estrella and La Union. With these solar panels people who live there can switch on a TV, a radio and lamps. But for the housewives the problem still continues because they still have to cook with firewood and to heat the iron in the embers, because the panels are not sufficiently potent to move the refrigerator and the burner.
TARGET GROUP	Housewives in Naranjal, San Acevedo, Quebrada Pato, La Estrella and La Unión
TARGET GROUP CHARACTERISTICS	Women between 25-60 years old. Women responsible for the labor of the home. Women that work in home without monetary retribution.
REFERENCES	http://www.fao.org/docrep/q1460s/q1460s04.htm http://www.elcolombiano.com/antioquia/RegionesAntioquenas/Uraba/necocli.htm

STATEMENT 5: “WATER SUPPLY IN RURAL ZONES”

ZONE	No connected zones in Colombia.
GEOGRAPHICAL LOCATION	General rural and agricultural zones in Colombia. Specific areas: - Restrepo municipality (Valle del cauca) - Los Sainos municipality (Valle del cauca)
GENERAL PROBLEM/NEED DESCRIPTION	The investment in Colombia talking about water supply is mostly for the healthy care of the poor regions, and there are not differences between urban necessities and rural necessities. Even when the only way to survive for the poor people in rural zones is the agricultural activities, the government regulations forbid the use of water for sustenance activities, because the design of the systems is really limited and could collapse in any moment. The problem here is that these families need more water supplies for the cultivates and upbringing of animals, and the current systems do not give them a good and effective solution. Also these regulations make that the people steal connections that generate damage in the service and systems.
TARGET GROUP	Colombian rural zones: Families with agricultural activities. (69%, census 2005) Families with cattle activities. (90%, census 2005)
TARGET GROUP CHARACTERISTICS	A typical rural family in Colombia has 4 members, 1 dog, 10 chickens, 5 pigs, and 5 head of cattle. With approximately 400 m ² of planting and a house garden. They spend 191 lt/h*d (hour per day) in productive and domestic uses. If the family produces coffee, the use of water increase 58 lt/h*d.
REFERENCES	http://www2.irc.nl/source/lges/item.php/6232

STATEMENT 6: “GIPSY GROUP”

ZONE	Extreme poverty
GEOGRAPHICAL LOCATION	Gipsy people do not have a determinate location. They are nomads and live in different places of the country.
GENERAL PROBLEM/NEED DESCRIPTION	“Rom” or gipsy people are commonly an urban ethnic group with high levels of poverty and low education. They also present a lot of dissatisfied basic necessities (NBI), the most important one is the inappropriate housing and inappropriate services (electricity and water), this is because they do not have a specific place for living, they are always moving and when they get to a new place they have to get new services (for example for cooking or making commercial activities) and also they need new homes or at least new ways to stay in the streets or slums. This group has also low levels in education, they disagree with the traditional and current system in Colombia, and sometimes it is also difficult for the change of place to live.
TARGET GROUP	This ethnic group has in Colombia approximately 8.000 people. Regions: Bogotá (Cundinamarca), Girón (Santander), Cúcuta (Norte de Santander), Cali (Valle), Itagüí (Antioquia), Sogamoso (Boyacá). Also in different municipalities of: Cundinamarca, Boyacá, Valle del Cauca, Cauca, Nariño, Antioquia, Atlántico and Bolívar.
TARGET GROUP CHARACTERISTICS	Poor people. Lack of education. Level of Life quality really low, this affects their cultural identity. Their main activities are: forge, domestic trade, mechanical and automotive activities, and in general untraditional activities in the national economy like sales on the streets.
REFERENCES	http://www.etniasdecolombia.org/grupos_gitanos.htm

STATEMENT 7: “POPULATION WITHOUT ELECTRICITY FOR ARMED ATTACKS”

ZONE	Elevated risk for violence and armed conflict
GEOGRAPHICAL LOCATION	Generally all the country. The most affected areas: southwest municipalities. (Cauca, Nariño y putumayo).
GENERAL PROBLEM/NEED DESCRIPTION	The violence and the armed conflict in Colombia is one of the most serious problems talking about social issues in the country. The outlaw groups make attacks to the rural locations, specifically to the energy towers ubicated in inaccessible places. For example days ago (in 2006), the <i>FARC</i> (The Colombian armed and revolutionary forces) attacked the electricity system of the southwest municipalities (They have there the highest percentage of the coca cultivation and drug dealers), more than 80 municipalities were without electricity for 2 o 3 weeks. It was really difficult for the electricity companies' access to the system and fix it, that is why a lot of rural families could not cook neither make all the daily activities they are used to.
TARGET GROUP	The southwest of the country is the one that presents more violent attacks. Municipalities like Cauca, Nariño and Putumayo are in a high risk of armed attacks. Approximately in one of the strongest attacks to these locations, more than 2.8 million of people are affected in more than 80 municipalities.
TARGET GROUP CHARACTERISTICS	Poor people living generally in inaccessible zones of the country (mountains and jungle). Agricultural and cattle activities. High percentage of armed and revolutionary groups.
REFERENCES	http://www.elsiglo.com/siglov2/Internacionales.php?idsec=5&fechaz=&idnews=315

STATEMENT 8: “POLLUTION FOR BIOMASS ENERGY SOURCES”

ZONE	Extreme poverty
GEOGRAPHICAL LOCATION	Regions of all the country.
GENERAL PROBLEM/NEED DESCRIPTION	<p>Commonly the poor people in urban and rural places use the “bio-mass” as the first and more important source of energy (firewood, straw and manure). When people use this kind of sources for cooking, they pollute the entire house atmosphere with toxic smoke. The exposures to this smoke increase the risk to get a respiratory infection mostly for children under 5 years old. Other problem related to this energy sources is that normally the women are who get the firewood, and they have to take the heaviest materials from the jungle or forest, this affects their health seriously.</p> <p>The housewives have to get the wood, then cook and take care of the children; in the whole process we can identify a lot of damages for the mother and for the children.</p>
TARGET GROUP	<p>Women who lives in poor conditions. Mothers and housewives in rural places or urban (stratums 1,2 and 3).</p> <p>Children (mostly under 5 years old).</p>
TARGET GROUP CHARACTERISTICS	<p>People that do not have electricity system in their houses.</p> <p>Mothers in charge of a whole family, with really small houses, they are always taking care of the kids and the house activities, like cooking, and they always do it with “bio-mass” sources that they have to get by themselves. All this bring a lot of physical and mental diseases.</p>
REFERENCES	<p>Indoor Air Pollution: Energy and Health for the Poor. Banco Mundial/ESMAP Newsletter. Número 1, septiembre 2000; Número 3, febrero 20012001</p>

En la segunda parte del proyecto de investigación, se evaluaron los 8 problemas potenciales a solucionar. Los criterios básicos para realizar la evaluación se basan principalmente en el alcance y tamaño, ya que deben adecuarse a un proyecto a corto plazo. Además es de vital importancia que se focalice en productos y no estructuras, que no tenga que ver con cambios sociales o costumbres arraigadas y que no involucre legislaciones del gobierno, entre otras. La matriz de evaluación es el primer paso (Ver figura 1), para tomar “La contaminación por uso de biomasa en zonas no Interconectadas” como el problema a solucionar en el proyecto. Este tema fue desarrollado y abordado con una investigación preliminar como se muestra en las siguientes figuras.

CRITERIA	Values (v)	Weight (w)	No connected zones	High level of illiteracy in Choco	waste collection	Solar panels are not enough	water supply in rural zones	ROM or Gipsy group	Population whitout electricity for armed attacks	pollution for biomass energy sources
1. The solution of the problem is focus on products to consumers (no infrastructure)	1 = The solution focus on big infrastructure. 3 = N/A 5 = The solution focus on products to consumers	3	5X3= 15	5X3= 15	5X3= 15	1X3= 3	1X3= 3	5X3= 15	5X3= 15	5X3= 15
2. The problem describe an especific need that could be able to change, not a social problem	1 = Social problem 3 = Specific need but in a social problem. 5 = Specific need.	1	3X1= 3	1X1= 1	1X1= 1	5X1= 5	3X1= 3	1X1= 1	1X1= 1	5X1= 5
3. The problem doesn't involve government regulations	1 = Involves 5 = Doesn't involve	2	1X2= 2	1X2= 2	5X2= 10	1X2= 2	1X2= 2	5X2= 10	1X2= 2	5X2= 10
4. The solution of the problem should be in the alternative energy sector.	1 = Involves 5 = Doesn't involve	3	5X3= 15	1X3= 3	1X3= 3	5X3= 15	5X3= 15	1X3= 3	5X3= 15	5X3= 15
5. The problem involves deeply-rooted customes and stronge cultural values	1 = Involves 5 = Doesn't involve	2	5X2= 10	1X2= 2	1X2= 2	5X2= 10	5X2= 10	1X2= 2	5X2= 10	5X2= 10
6. Team preference	1 = Low preference 3 = Medium preference 5 = High preference	3	5X3= 15	1X3= 3	3X3= 9	5X3= 15	1X3= 3	1X3= 3	5X3= 15	5X3= 15
TOTAL			60	26	40	50	36	34	58	70

Figura 1. Matriz de evaluación para los problemas identificados

Fuente: *Elaboración propia*

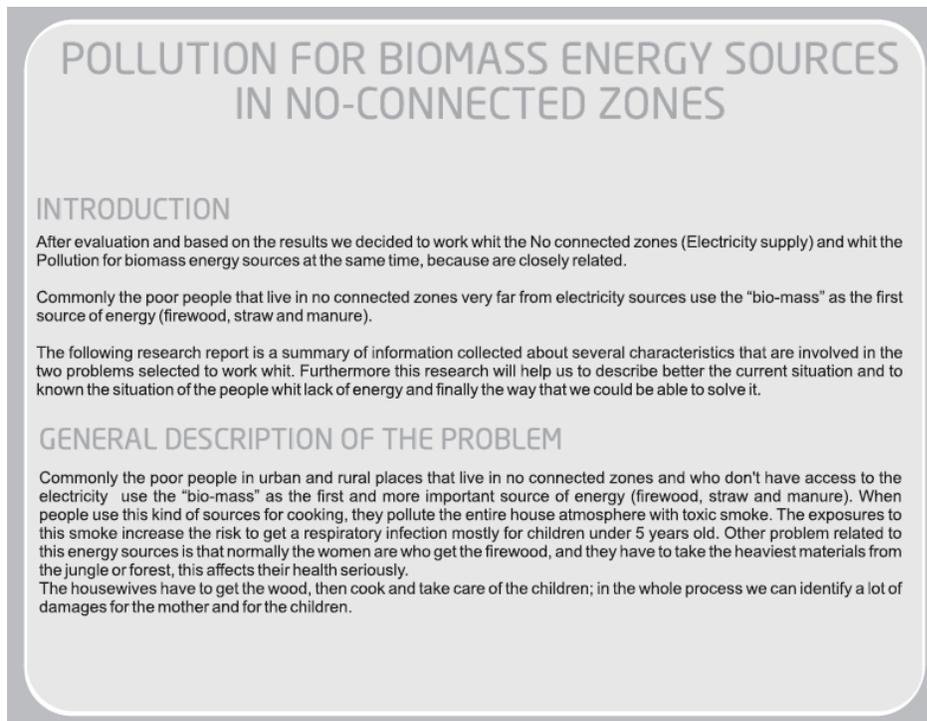


Figura 2. Introducción al tema de la contaminación por el uso de biomasa

Fuente: Elaboración propia

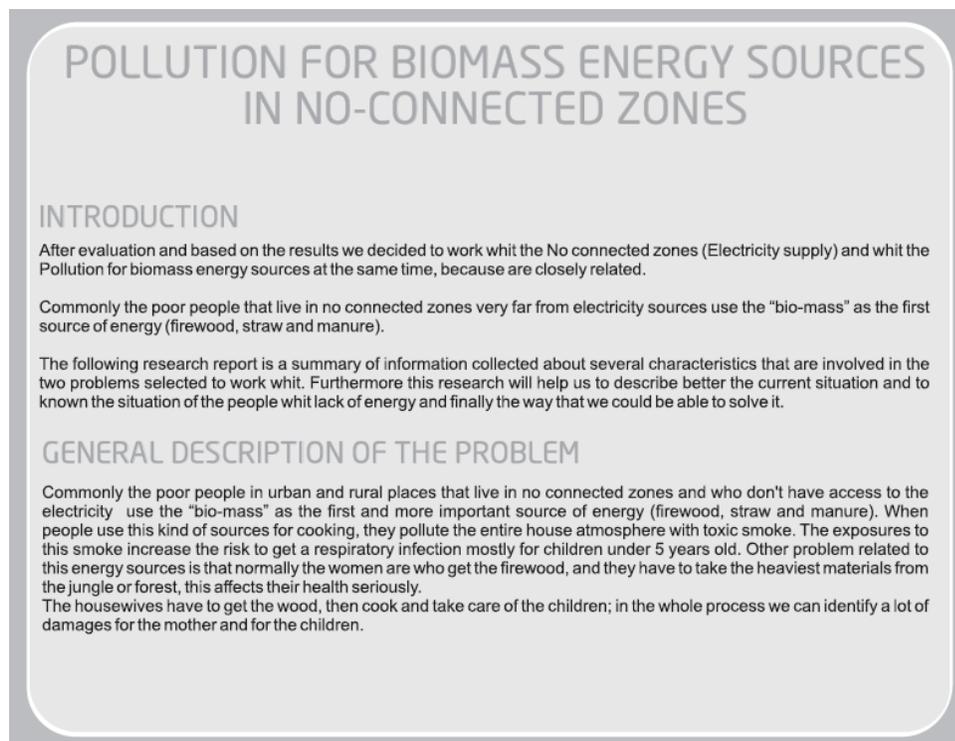


Figura 3. Descripción del problema

Fuente: Elaboración propia

visual description

What is biomass?

Biomass is organic material made from plants and animals. Biomass contains stored energy from the sun. Plants absorb the sun's energy in a process called photosynthesis. The chemical energy in plants gets passed on to animals and people that eat them. Biomass is a renewable energy source because we can always grow more trees and crops, and waste will always exist. Some examples of biomass fuels are wood, crops, manure, and some garbage. When burned, the chemical energy in biomass is released as heat. If you have a fireplace, the wood you burn in it is a biomass fuel. Wood waste or garbage can be burned to produce steam for making electricity, or to provide heat to industries and homes.

Types of Biomass:

- Wood
- crops
- Garbage
- Landfill gas
- Alcohol fuels

Figura 4. Que es la biomasa?

Fuente: Elaboración propia

visual description

Biomass Applications?

- Biological combustibles
- Electricity production
- Vapor and heat
- Combustible gas

From the 4 applications just showed, one of those are the most dangerous and harmful use, with bad consequences for the environment and the people. For thousands of years people have burned wood for heating and cooking.

Use of Wood

Wood cook stoves have been used for hundreds of years. Before the advent of electricity, people cooked all of their food in wood cook stoves. Wood cook stoves are still used in many parts of the world, such as Central and South America. Some people still choose to use wood cook stoves to conserve energy or to get the great taste of food cooked over an open fire.

Wood cook stoves are great for energy conservation. Wood is less expensive than gas or electricity. People can find their own wood, or they can buy firewood from a store. Many people in rustic areas use wood cook stoves in order to remain completely self-sufficient. They can fuel the stove with wood from their property and not even have to use electricity.

Figura 5. Aplicaciones de la biomasa

Fuente: Elaboración propia

visual description



Biomass Consequences

Exposure to indoor smoke from burning biomass fuels has been linked to a host respiratory disease, including acute respiratory infections, bronchitis, asthma and tuberculosis. It has also linked to lung cancer, adverse pregnancy outcomes (including miscarriage, stillbirth, low birth weight, and early infant mortality), cataract and blindness.

- Acute respiratory infections
- Chronic obstructive pulmonary disease
- Asthma
- Tuberculosis
- Cataract and blindness
- Adverse pregnancy outcomes
- Cancer

Figura 6. Consecuencias por el uso de biomasa

Fuente: Elaboración propia

GEOGRAPHICAL LOCATION OF THE USE OF WOOD IN COLOMBIA

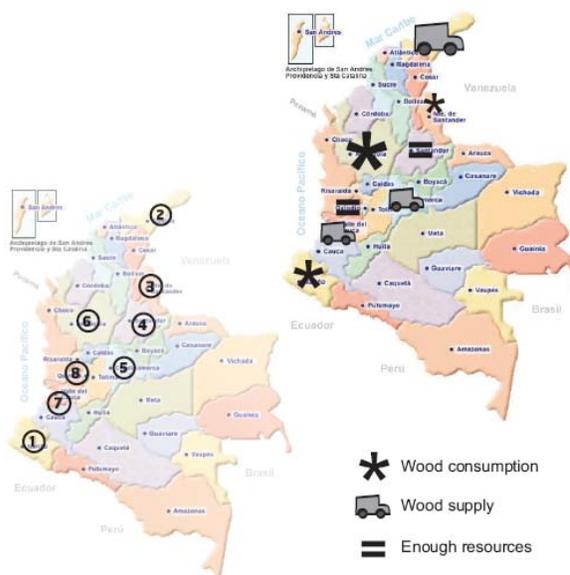


Figura 7. Localización geográfica del uso de la leña en Colombia

Fuente: Elaboración propia

visual description





Existent Solutions

Nowadays people take advantage of different ways to obtain energy whether it is by common electricity or by non-renewable or renewable sources. People who live in no-connected zones mainly cooked with renewable energies because they don't have access to electricity and the non-renewable energy is more expensive to obtain than renewable energy.

To understand better which are the energy sources and their applications we split up the existent solutions in two groups: Current solutions and Traditional improved ovens.

Current solutions

- Non-renewable energy
- Renewable energy

Traditional improved ovens

Traditional improved ovens are solutions already made in different countries to solve or to reduce the pollution caused for the use of biomass sources. Some of them are:

- Patsari Oven
- Rocket Stove Aprovecho Research Center
- Space heating, water heating and cooking

-Some examples about solar cookers in Colombia.

- Box cookers
- Panel cookers
- Parabolic cookers

Figura 8. Soluciones existentes para el problema

Fuente: Elaboración propia

visual description





Target Group

Women are directly the most affected ones because they are the primary collectors and other natural resources for household consumption in most poor, rural homes in Colombia. Furthermore are they who spend several hours each day fetching fuel wood or animal dung for cooking and space heating and need to carry those long distances.

Young children are also highly affected because are often carried by mothers or kept in the kitchen area during cooking, exposing them to high levels of smoke.

- **Main needs:**
Low prices
Safety
Convenience
Durable equipment.
- **Cooking behavior:**
3 warm meals per day
Rice, vegetables, fish and meat
- **Living conditions:**
Live together with family
More or less 4 people per family
Men and women cook (mostly women)
Work, sports, television, family.

Figura 9. Corta descripción usuario

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONS

▫The use of wood as the principal biomass source is very damaging not only for the health of children and women but also for the natural resources. The environment has been seriously affected because of the excessive tree felling, this suggest developing an alternative solution that does not involve the use of wood to cook or to generate heat in the rural houses.

▫In Colombia there are abundant natural resources but almost all the forest are located in inaccessible zones, this difficult the supply system and makes people look for other biomass sources as garbage that is even more dangerous than wood.

▫The solutions that suggest the use of non-renewable energy sources are non efficient, because the zones of the target group are no-connected, so they can not get electricity, gas supply or nuclear energy (In general the energies that require any structural system).

▫Some existent solutions suggest to keep using firewood as source to cook and heat the house. These alternative ovens are designed to decrease the vapor levels and to optimize the use in a way that the quantity of used wood could decrease too.



The figure contains three photographs. The top one shows a black pot sitting on a small, contained wood fire. The middle one is a close-up of a wood fire burning brightly. The bottom one shows a piece of wood being cut with an axe on a wooden block.

Figura 10. Conclusiones de la investigación preliminar

Fuente: *Elaboración propia*

Anexo D

Fichas de Observación

Aspectos	CASA N° 1 Preguntas o aspectos para tener en cuenta
Ubicación geográfica	<ul style="list-style-type: none"> Es una zona sin conexión eléctrica?
	La zona posee conexión eléctrica (particularmente esta casa no tiene servicio eléctrico).
	<ul style="list-style-type: none"> En qué región está ubicada?
	Antioquia/Támesis/sector el contento.
Familia	<ul style="list-style-type: none"> Qué acceso tiene la zona?
	Se puede acceder a la zona mediante carro, bus o moto-taxi que es el medio de transporte usado en esta zona.
	<ul style="list-style-type: none"> Clima de la zona
	Clima calido.
Características físicas	<ul style="list-style-type: none"> Cuántas personas habitan la casa?
	6 personas/4 adultos y 2 niños.
	<ul style="list-style-type: none"> Cuántas personas cocinan?
	2 personas, la señora de la casa y la hija mayor.
Sistema de cocción	<ul style="list-style-type: none"> Cuánta personas permanecen en casa cuando cocinan?
	1 adulto y los 2 niños generalmente.
	<ul style="list-style-type: none"> Como es la distribución actual de la casa?
	La casa posee dos habitaciones y una zona común donde esta el comedor y el lavadero. La cocina esta dentro de la casa y adicionalmente hay un espacio pequeño en la zona social donde esta ubicado el fogón de leña.
Estilo de vida	<ul style="list-style-type: none"> Que tan grande es el espacio para cocinar?
	Es pequeño, de aproximadamente 2X2X2 metros.
	<ul style="list-style-type: none"> Tiene algún tipo de ventilación?
	El lugar tiene unas ventanas en la parte superior por donde ventila el aire.
Usuario (Uso y ergonomía)	<ul style="list-style-type: none"> Como es el sistema de cocción actual? (Fuente)
	Un fogón de leña y un fogón de gas.
	<ul style="list-style-type: none"> Hace uso de algún tipo de energía?
	No tiene acceso a la energía eléctrica
Estilo de vida	<ul style="list-style-type: none"> Hace uso de biomasa? Que tipo?
	Si, leña.
	<ul style="list-style-type: none"> Que implementos usan para cocinar?
	Ollas, parillas para las arepas y un cucharón para revolver.
Estilo de vida	<ul style="list-style-type: none"> Existen problemas de inteligibilidad del producto por parte del usuario?
	No actualmente
	<ul style="list-style-type: none"> Que prestaciones se esperan del producto nuevo?
	Seguridad, eficacia y duración de la leña
Estilo de vida	<ul style="list-style-type: none"> Cuántas veces al día cocinan?
	3 Veces (en el desayuno al tiempo ponen a cocinar el maíz para las arepas).
	<ul style="list-style-type: none"> Que actividades realiza cada uno de los habitantes de la casa?
	Los dos niños van al colegio, el padre trabaja en una finca y la madre es ama de casa
Estilo de vida	<ul style="list-style-type: none"> Quien realiza las labores domesticas?
	La madre y algunas veces le ayuda la hija.
	<ul style="list-style-type: none"> Qué tipo de educación tienen los habitantes de la casa?
	Primaria (Básica)
Estilo de vida	<ul style="list-style-type: none"> Que tareas pueden calificarse como particularmente importantes?
	Alcanzar los troncos de leña y encender la llama.
	<ul style="list-style-type: none"> Que personas están involucradas en el proceso? Es una sola, varias?
	Generalmente una sola persona
Estilo de vida	<ul style="list-style-type: none"> Cuáles son los puntos incómodos para el operador o usuario?
	Alcanzar los leños y ubicar la olla
	<ul style="list-style-type: none"> Que perjuicios para el usuario pueden ser causados por el producto?
	Problemas de columna y problemas en los pulmones ocasionados por el alto nivel de humo
Estilo de vida	<ul style="list-style-type: none"> Deben resolverse problemas de ventilación?
	En esta casa particularmente no, estaba bien ventilada.

Aspectos	CASA N° 2 Preguntas o aspectos para tener en cuenta
Ubicación geográfica	<ul style="list-style-type: none"> Es una zona sin conexión eléctrica?
	La zona posee conexión eléctrica (particularmente esta casa no tiene servicio eléctrico).
	<ul style="list-style-type: none"> En qué región está ubicada?
	Antioquia/Támesis/sector el contenido.
	<ul style="list-style-type: none"> Qué acceso tiene la zona?
Se puede acceder a la zona mediante carro, bus o moto-taxi que es el medio de transporte usado en esta zona.	
Familia	<ul style="list-style-type: none"> Clima de la zona
	Clima calido.
	<ul style="list-style-type: none"> Cuántas personas habitan la casa?
	2 Adultos y 2 niños
	<ul style="list-style-type: none"> Cuántas personas cocinan?
2 personas. La madre y el padre en algunas ocasiones	
Características físicas	<ul style="list-style-type: none"> Cuánta personas permanecen en casa cuando cocinan?
	2 Adultos
	<ul style="list-style-type: none"> Como es la distribución actual de la casa?
	La casa posee dos habitaciones, una sala y un comedor. La cocina se encuentra ubicada en otra habitación por fuera de la casa. En la cocina se cocina con gas natural, pero adicionalmente afuera de la casa tienen un horno de leña que es el que mas usan para cocinar
	<ul style="list-style-type: none"> Que tan grande es el espacio para cocinar?
Es muy amplio, ya que el fogón de leña esta afuera de la casa	
Sistema de cocción	<ul style="list-style-type: none"> Tiene algún tipo de ventilación?
	Mucha ventilación por estar al exterior de la casa.
	<ul style="list-style-type: none"> Como es el sistema de cocción actual? (Fuente)
	Un fogón de leña y un fogón de gas.
	<ul style="list-style-type: none"> Hace uso de algún tipo de energía?
No tiene acceso a la energía eléctrica	
Estilo de vida	<ul style="list-style-type: none"> Hace uso de biomasa? Que tipo?
	Si, leña.
	<ul style="list-style-type: none"> Que implementos usan para cocinar?
	Ollas, parillas para las arepas y un cucharón para revolver.
	<ul style="list-style-type: none"> Existen problemas de inteligibilidad del producto por parte del usuario?
No actualmente	
Usuario (Uso y ergonomía)	<ul style="list-style-type: none"> Que prestaciones se esperan del producto nuevo?
	-Fiabilidad, duración, resistencia, facilidad de mantenimiento, seguridad, estética.
	<ul style="list-style-type: none"> Cuántas veces al día cocinan?
	3 Veces al día
	<ul style="list-style-type: none"> Que actividades realiza cada uno de los habitantes de la casa?
Los dos niños van al colegio, el padre trabaja temporalmente y ayuda en las labores del hogar y la madre es ama de casa	
Usario (Uso y ergonomía)	<ul style="list-style-type: none"> Quien realiza las labores domesticas?
	La madre y algunas veces el padre
	<ul style="list-style-type: none"> Qué tipo de educación tienen los habitantes de la casa?
	Primaria (Básica)
	<ul style="list-style-type: none"> Que tareas pueden calificarse como particularmente importantes?
Alcanzar los troncos de leña y encender la llama.	
Usario (Uso y ergonomía)	<ul style="list-style-type: none"> Que personas están involucradas en el proceso? Es una sola, varias?
	Generalmente una sola persona
	<ul style="list-style-type: none"> Cuáles son los puntos incómodos para el operador o usuario?
	Alcanzar los leños y ubicar la olla
	<ul style="list-style-type: none"> Que perjuicios para el usuario pueden ser causados por el producto?
Problemas de columna y problemas en los pulmones ocasionados por el alto nivel de humo	
Usario (Uso y ergonomía)	<ul style="list-style-type: none"> Deben resolverse problemas de ventilación?
	No, por estar al aire libre

Aspectos	CASA N° 3 Preguntas o aspectos para tener en cuenta
Ubicación geográfica	<ul style="list-style-type: none"> Es una zona sin conexión eléctrica?
	La zona posee conexión eléctrica (particularmente esta casa Si tiene red eléctrica).
	<ul style="list-style-type: none"> En qué región está ubicada?
	Antioquia/Támesis/sector el contenido.
Familia	<ul style="list-style-type: none"> Qué acceso tiene la zona?
	Se puede acceder a la zona mediante carro, bus o moto-taxi que es el medio de transporte usado en esta zona.
	<ul style="list-style-type: none"> Clima de la zona
	Clima calido.
Características físicas	<ul style="list-style-type: none"> Cuántas personas habitan la casa?
	3 adultos. Madre, padre y un hijo mayor de edad
	<ul style="list-style-type: none"> Cuántas personas cocinan?
	1 persona. La madre
Sistema de cocción	<ul style="list-style-type: none"> Cuánta personas permanecen en casa cuando cocinan?
	2 Adultos
	<ul style="list-style-type: none"> Como es la distribución actual de la casa?
	La casa posee 3 habitaciones, sala, comedor y cocina adentro de la casa.
Estilo de vida	<ul style="list-style-type: none"> Que tan grande es el espacio para cocinar?
	Es amplio (5m X 5m X 5m Aproximadamente)
	<ul style="list-style-type: none"> Tiene algún tipo de ventilación?
	Si esta ventilada debido a que la paredes son en tablas de madera que nos están bien unidas lo que deja unos orificios de ventilación entre las tablas y posee también una chimenea para evacuar el humo.
Usuario (Uso y ergonomía)	<ul style="list-style-type: none"> Como es el sistema de cocción actual? (Fuente)
	Un fogón de leña y un fogón de gas.
	<ul style="list-style-type: none"> Hace uso de algún tipo de energía?
	Si, hacen uso de la energía eléctrica para alumbrar la casa con bombillas eléctricas.
Estilo de vida	<ul style="list-style-type: none"> Hace uso de biomasa? Que tipo?
	Si, leña.
	<ul style="list-style-type: none"> Que implementos usan para cocinar?
	Ollas, parillas para las arepas y un cucharón para revolver.
Estilo de vida	<ul style="list-style-type: none"> Existen problemas de inteligibilidad del producto por parte del usuario?
	No actualmente
	<ul style="list-style-type: none"> Que prestaciones se esperan del producto nuevo?
	-Fiabilidad, duración, resistencia, facilidad de mantenimiento, seguridad, estética.
Estilo de vida	Duración de la leña y estética
	<ul style="list-style-type: none"> Cuántas veces al día cocinan?
	3 Veces al día
	<ul style="list-style-type: none"> Que actividades realiza cada uno de los habitantes de la casa?
Estilo de vida	Los 3 trabajan en labores del campo como la agricultura
	<ul style="list-style-type: none"> Quien realiza las labores domesticas?
	La madre
	<ul style="list-style-type: none"> Qué tipo de educación tienen los habitantes de la casa?
Estilo de vida	Primaria (Básica)
	<ul style="list-style-type: none"> Que tareas pueden calificarse como particularmente importantes?
	Alcanzar los troncos de leña y encender la llama.
	<ul style="list-style-type: none"> Que personas están involucradas en el proceso? Es una sola, varias?
Estilo de vida	Generalmente una sola persona
	<ul style="list-style-type: none"> Cuáles son los puntos incómodos para el operador o usuario?
	Alcanzar los leños y ubicar la olla
	<ul style="list-style-type: none"> Que perjuicios para el usuario pueden ser causados por el producto?
Estilo de vida	Problemas de columna.
	<ul style="list-style-type: none"> Deben resolverse problemas de ventilación?
	No, puesto que este fogón particularmente posee una chimenea para evacuar el humo al exterior de la vivienda.

Aspectos		CASA N° 4 Preguntas o aspectos para tener en cuenta
Ubicación geográfica	• Es una zona sin conexión eléctrica?	La zona posee conexión eléctrica (particularmente esta casa No tiene red eléctrica).
	• En qué región está ubicada?	Antioquia/Támesis/sector el contenido.
	• Qué acceso tiene la zona?	Se puede acceder a la zona mediante carro, bus o moto-taxi que es el medio de transporte usado en esta zona.
	• Clima de la zona	Clima calido.
	• Cuantas personas habitan la casa?	3 adultos y 14 niños
Familia	• Cuantas personas cocinan?	2 Personas. La madre y la hija mayor de edad.
	• Cuanta personas permanecen en casa cuando cocinan?	Generalmente 10 personas. (los niños que no estudian, la madre y la hermana mayor)
	• Como es la distribución actual de la casa?	La casa posee 6 habitaciones, sala, comedor y la cocina esta ubicada en una habitación mas de la casa.
Características físicas	• Que tan grande es el espacio para cocinar?	No es muy amplio (2.5m X2.5m X 2.5m)
	• Tiene algún tipo de ventilación?	Solo posee una pequeña ventana y una chimenea que no funciona muy bien
	• Como es el sistema de cocción actual? (Fuente)	Un fogón de leña y un fogón de gas.
Sistema de cocción	• Hace uso de algún tipo de energía?	Si, hacen uso de la energía eléctrica para alumbrar la casa con bombillas eléctricas.
	• Hace uso de biomasa? Que tipo?	Si, leña.
	• Que implementos usan para cocinar?	Ollas, parillas para las arepas y un cucharón para revolver.
	• Existen problemas de inteligibilidad del producto por parte del usuario?	No actualmente
	• Que prestaciones se esperan del producto nuevo?	-Fiabilidad, duración, resistencia, facilidad de mantenimiento, seguridad, estética. Duración de la leña y estética
	• Cuantas veces al día cocinan?	5 Veces al día (debido a la gran cantidad de gente que habita la casa)
	• Que actividades realiza cada uno de los habitantes de la casa?	El padre es quien trabaja en actividades del campo y en fincas vecinas. La hija mayor tambien trabaja en fincas cercanas como empleada doméstica
	• Quien realiza las labores domesticas?	La madre y la hija mayor
Estilo de vida	• Qué tipo de educación tienen los habitantes de la casa?	Primaria (Básica)
	• Que tareas pueden calificarse como particularmente importantes?	Alcanzar los troncos de leña y encender la llama.
	• Que personas están involucradas en el proceso? Es una sola, varias?	Generalmente dos personas
Usuario (Uso y ergonomía)	• Cuáles son los puntos incómodos para el operador o usuario?	Alcanzar los leños y ubicar la olla
	• Que perjuicios para el usuario pueden ser causados por el producto?	Problemas de columna y los pulmones por la gran cantidad de humo
	• Deben resolverse problemas de ventilación?	Si, mejorar la chimenea o abrir una nueva ventana. Hay muy poca ventilación

Anexo E.

Guía de observación productos de la competencia

(Ver archivo adjunto en Excel)

Anexo F.

Principios de diseño y funcionamiento

Para cumplir los requerimientos que representan el valor del producto en cuanto a funcionamiento, deben tenerse en cuenta algunos principios y procesos químicos y físicos, además de puntos clave que permitirán facilitar el posterior proceso de diseño.

Algunos de estos “key benefits” o principales beneficios (para ver más ampliamente ir a las especificaciones en el contenido del proyecto) en el producto son:

- Eficiencia en la quema de la leña.
- Eficiencia en la emisión de contaminación.
- Facilitar la ignición y el uso del horno.

Estos son algunos de los principales conceptos que se involucran en el funcionamiento del horno:

1. Combustible

Es la biomasa o madera que se usa como material para la quema y posterior generación de calor.

El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz), del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros). Esta es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano. (BUN-CA, 2002)

Las fuentes más importantes de biomasa son los campos forestales y agrícolas pues en ellos se producen residuos (rastros) que normalmente son dejados en el campo al consumirse sólo un bajo porcentaje de ellos con fines energéticos.

Actualmente, los procesos modernos de conversión solamente suplen 3% del consumo de energía primaria en países industrializados. Sin embargo, gran parte de la población rural en los países subdesarrollados que representa cerca del 50% de la población mundial, aún depende de la biomasa tradicional, principalmente de leña, como fuente de energía primaria. Esta supone, aproximadamente, 35% del consumo de energía primaria en países subdesarrollados y alcanza un 14% del total de la energía consumida en el nivel mundial. (BUN-CA, 2002)

Cabe anotar que cada tipo de biomasa tiene diferentes propiedades y por esto diferentes efectos durante su combustión, como se verá más adelante en las propiedades del combustible. El objetivo con el cual se diseña este horno es para mejorar la eficiencia en el consumo de la leña o combustible, es decir, que se consuma menos leña de la que se consume actualmente. (Conservación de recursos). La leña, es la fuente de biomasa más utilizada, ya que es la más accesible para los usuarios en las zonas rurales, que son los que más consumen esta fuente energética, como se mencionaba previamente.

1.1 Propiedades de la madera

Las principales propiedades de la madera son su resistencia, su dureza, su rigidez y su densidad. Esta última suele indicar propiedades mecánicas, ya que cuanto más densa es la madera, su composición es más fuerte y dura. Entre sus cualidades resalta su resistencia a la compresión –que puede llegar a ser superior a la del acero– a la flexión, al impacto y a las tensiones, características que la transforman en un excelente material para diversas aplicaciones.

Acorde con la salida de campo y en las respuestas de los usuarios de hornos tradicionales de leña, el material más usado es la madera de los cafetales. Aunque cabe aclarar que estas personas usan la madera que encuentren a la mano o que los terratenientes de las fincas les regalen. Aun así, cabe resaltar que el tipo de madera usado para la cocción de alimentos depende de la ubicación geográfica. Tomando como base de ejemplo al departamento de Antioquia, la madera obtenida de los cafetales es bastante usada. Las propiedades de esta madera son:

CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA DE CAFÉ
Densidad: 0.91
Aspecto: De color claro que permite la fácil matización con tintes base agua
Alta Tensión
Alta Abrasión de pegantes y tintes, característica que la ubica entre las mejores maderas para uso en carpintería
Alta resistencia a las plagas

Figura 1.1. Características de la madera de café

Fuente: <http://www.revista-mm.com/rev55/muebles.pdf>

1.2 Como mejorar la eficiencia del combustible

- Aumentar la temperatura del gas o de la llama que toca la olla, haciendo que el calor roce la base y los lados de la olla por un canal angosto, mediante una “falda” que atrape el calor contra la olla.
- Aumentar la velocidad de los gases calientes que salen por la chimenea y rozan la olla. Los gases veloces penetran un estrato de aire quieto que, cuando la velocidad es más baja, puede prevenir que los gases toquen la superficie de la olla o plancha. El aire es un medio inferior para el intercambio térmico. Calentar una olla requiere bastante aire caliente.
- Utilizar ollas de metal en vez de ollas cerámicas.
- El poder del fuego determina el tamaño del espacio entre la falda y la olla, así como la eficiencia óptima del intercambio de calor. Los fuegos más pequeños que sirven para cocinar y que satisfacen al que cocina serán considerablemente más eficientes.
- Utilizar ollas anchas con diámetros grandes. El uso de una olla ancha crea más superficie y aumenta el intercambio térmico. Asegúrese que la parte superior de la estufa se inclina hacia el perímetro exterior de la olla, tal como lo muestra la figura 1.2. (Bryden, 2002)



Figura 1.2. Aumentar la eficiencia del combustible

Fuente: *Design Principles for Wood Burning Cook Stoves (Bryden, 2002)*

2. Combustión

Por combustión se entiende el proceso mediante el cual se produce la quema de cualquier sustancia, ya sea gaseosa, líquido o sólida. En este proceso, el combustible se oxida y desprende calor y con frecuencia, luz.

Cuando la combustión se produce cuando convergen los siguientes factores:

- El combustible, es decir, el material que arde, carbón, madera, plástico.
- El comburente, el material que hace arder, oxígeno.
- La temperatura de inflamación, la temperatura más baja a la cual el material inicia la combustión para seguir ardiendo.

Es el proceso mediante el cual el aire y el combustible reaccionan para obtener energía calórica. El proceso de combustión depende de las propiedades físico-químicas del combustible, de la cantidad y entradas de aire con el cual reaccione y las características del entorno.

2.1 Proceso de combustión

En todos los procesos de combustión se presentan 3 elementos básicos: el combustible, el componente y la ignición. (Ver análisis funcional en el contenido del documento). Maximizar cada aspecto de estos 3 incrementará la eficiencia general de la combustión y por lo tanto del funcionamiento del horno. En el siguiente cuadro

pueden observarse las acciones que deben tomarse en cuanto a cada aspecto para cumplir con los beneficios del horno.

FACTORES	MINIMIZAR EMISIONES	MAXIMIZAR EFICIENCIA
Factores del combustible		
Contenido ceniza	Minimizar	Minimizar
Componentes volátiles	Minimizar	Minimizar
Factores operacionales		
Tasa de quemado	Maximizar	Minimizar
Cantidad de combustible	Minimizar	Minimizar
Factores del horno		
Cámara de combustión	Minimizar	Maximizar
Temperatura	Maximizar	Minimizar
Exceso de aire	Optimizar	Optimizar
Aire primario	Maximizar	Maximizar
Tiempo que tarda quemando la madera	Alto al comenzar	Bajo al comenzar

Tabla 2.1. Como minimizar las emisiones y maximizar la eficiencia en la combustión

Fuente: *“Improved solid biomass burning cookstoves: a development manual”*
(FAO, 1993)

2.2 Como mejorar la combustión

- Asegurar que circula suficiente aire por el fuego.
- Aislar el fuego para que queme más caliente. Un fuego más caliente quema más gases combustibles y produce menos humo.
- Evitar usar materiales pesados o fríos como la tierra o la arena alrededor de la cámara de combustión.
- Levantar la leña que está quemando para que el aire pueda pasar por debajo y por el carbón.

- Usar una chimenea corta y aislada encima del fuego para que aumente la corriente de aire y para que haya un lugar donde se combina el humo, el aire y el fuego, lo cual reduce emisiones. Esta estrategia es popular en varias estufas, como las estufas Z-stove, Vesto, Estufa Tom Reed, Rocket, Tso Tso, etc). El ingeniero Winiarski (experto en el desarrollo de hornos mejorados y director del Aprovecho research center) desarrolló el concepto a principios de los años 80, creando una estufa cuya combustión es más limpia y con mejor eficiencia del intercambio de calor.
- Meter los palos poco a poco en la cámara de combustión para crear un fuego caliente, feroz, y vivo sin mucho carbón. Este tipo de fuego producirá menos emisiones peligrosas, menos hollín que termina tapando la chimenea y menos creosota. Se recomienda calentar sólo la parte de la madera que quema y no dejar que la madera que no esté quemando produzca humo.
- Limitar la cantidad de aire frío que entra en la cámara de combustión al crear la abertura al fuego lo más pequeña posible. Las aberturas más pequeñas también hacen que las cocineras usen menos leña y que ésta se queme más eficientemente.
- Una cierta cantidad de aire es necesaria para obtener una combustión completa. El precalentamiento del aire que entra ayuda mantener limpia la combustión.

2.3 Cámara de combustión

La eficiencia general durante la combustión depende principalmente de las características de cerrado del lugar donde se realice el proceso. Existen varias opciones a la hora de diseñar la cámara de combustión, como se muestra en *“Design principles for Wood burning cook stoves”* (Bryden, 2002)

Opción 1. Construirla con baldosas

Las ventajas de la baldosa es su bajo costo y su forma y espesor son aptas para darle forma a una cámara de combustión. No todas las baldosas son optimas, la manera como se pueden testear es calentándolas a fuego vivo y luego introduciéndola en agua fría, si esta no se quiebra, es optima para el diseño de la cámara.

Opción 2. Usar otros materiales cerámicos aislantes

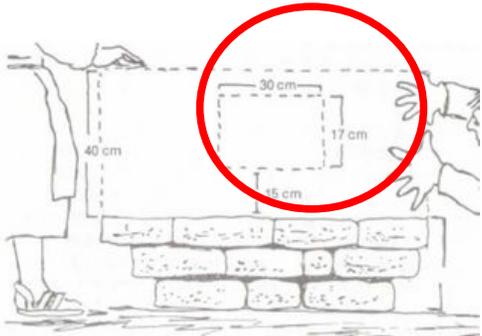
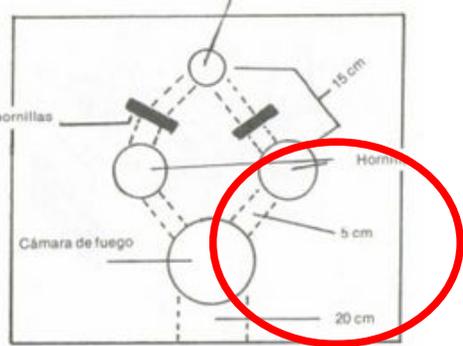
La mayoría de materiales aislante contienen arcilla, que actúa como pegamento o para ligar ambos componentes. La arcilla forma una matriz de agujeros pequeños que sirve como aislamiento. El relleno general de la mezcla debe estar compuesto por materiales más ligeros que la arcilla como piedra pómez, perlita, o algunos materiales orgánicos como carbón vegetal, o serrín. Generalmente la arcilla se mezcla con el material de relleno y se vierte en moldes para crear losas o ladrillos compactos (Bryden, 2002; FAO, 1993; FAO, 1993).

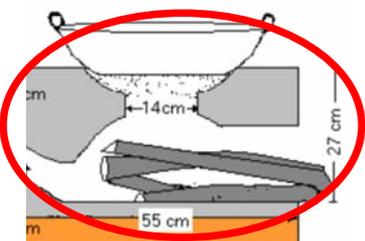
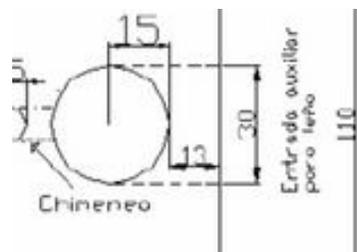
La selección del material para realizar la mezcla con arcilla, depende principalmente de su consecución en la zona donde se va a construir el horno.

- Serrín + arcilla
- Carbón crudo + arcilla
- Piedra pómez + arcilla
- Perlita + arcilla: los ladrillos resultantes de esta mezcla son los más ligeros.
- Vermiculita + arcilla

2.3.1 Principios y medidas en cámaras de combustión existentes.

El siguiente cuadro nos muestra algunas dimensiones y características de cámaras de combustión existentes en otros lugares del mundo que pueden ser tomadas como referencia para nuevas y mejoradas cámaras de combustión.

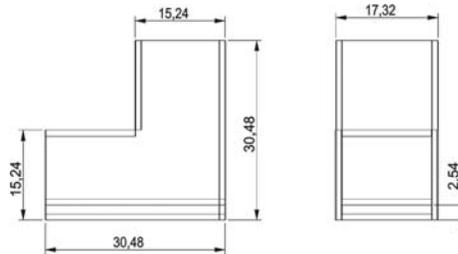
Cámara de combustión- Estufa Lorena	
<p>Dimensiones: Vista frontal</p> 	<p>Vista superior</p> 
<p>Descripción: La cámara de combustión de la estufa Lorena tiene una sección rectangular y esta construida en Lodo+Arena. Esta cámara es de gran tamaño, ya que la estufa Lorena es de grandes proporciones (tipo cocina).</p> <p>Fuente: GIRA, CESE, DRCA (1987)</p>	

Cámara de combustión- Estufa Variación de la estufa Lorena para México.	
<p>Dimensiones: Vista frontal</p> 	<p>Vista superior</p> 
<p>Descripción: Esta es una estufa Lorena con algunas variaciones en las dimensiones de la cámara y una sección circular.</p> <p>Fuente: Programa Especial para la Seguridad Alimentaria- PESA (2007)</p>	

Cámara de combustión tipo codo sección rectangular

Dimensiones (cm)

Vistas frontal y lateral



Descripción:

Esta cámara de combustión fue diseñada por el Doctor Winiarski para un proyecto de cocinas ecológicas en el salvador. Sus dimensiones son pequeñas ya que este tipo de cámara es usada para fogones más portátiles.

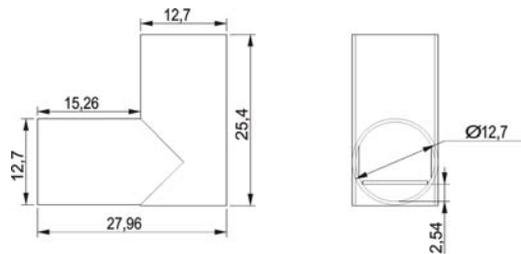
Esta cámara esta diseñada con una sección rectangular.

Fuente: Proyecto cocinas ecológicas en el ecuador. (Winiarski, 2008)

Cámara de combustión tipo codo sección circular

Dimensiones (cm)

Vistas frontal y lateral



Descripción:

Esta cámara de combustión esta basada también en los diseño del doctor Winiarski y fue desarrollada por el aprovecho research center.

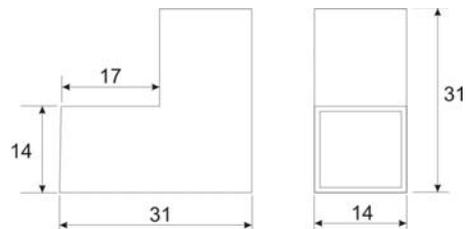
Sus dimensiones son pequeñas ya que este tipo de cámara es usada para fogones más portátiles.

Esta cámara esta diseñada con una sección circular.

Fuente: “Una guía simple para construir la estufa justa”. Aprovecho research center. (Scott, 2001)

Cámara de combustión mixta tipo codo sección circular+rectangular

Dimensiones (cm)



Vistas frontal y lateral

Descripción: Esta cámara de combustión es extraída de un documento realizado por PROLEÑA, organización con años de experiencia en Nicaragua realizando hornos mejorados. En este documento se recomienda el uso de estas medidas, y además lo toman como base para realizar mejoras a un horno mejorado ya existente por medio del uso de catalizadores.

Fuente: “*Ensayos en un fogón mejorado utilizando catalizadores para mejorar la combustión y pruebas de operación de gasificadores de madera.*”.

Proleña. (Mayorga, 2005)

3. Transferencia del calor:

Es el proceso mediante el cual, el calor generado por la combustión es transferido a la superficie de cocción. Sin embargo es solo posible transferir una parte del calor generado, ya que la mayor parte se disipa en el entorno. Existen diferentes mecanismos para transferir el calor: la conducción, la convección y la radiación. Como se puede ver en la figura 3.1, en el proceso de combustión y cocción, se encuentran presentes estos 3 mecanismos.

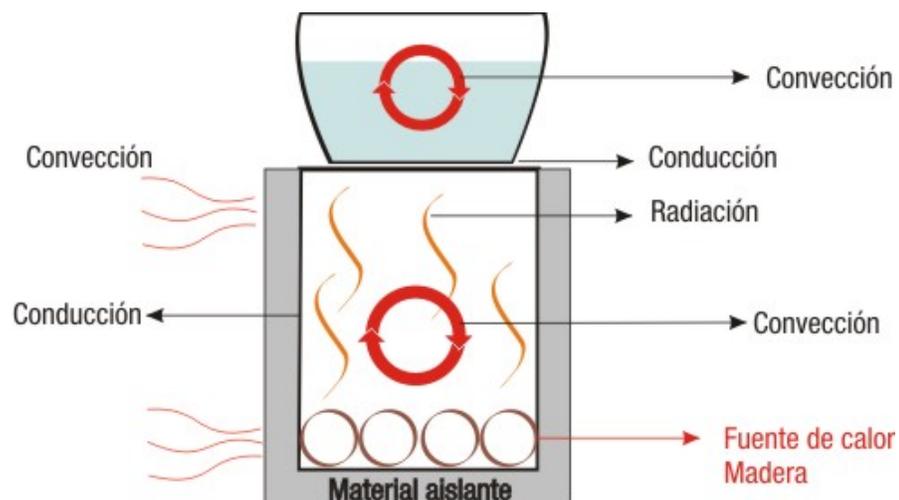


Figura 3.1. Mecanismos de transferencia presentes en el proceso de combustión y cocción

Fuente: *Elaboración propia*

Debido a que los 3 tipos de transferencia de calor están presentes en este proceso, se necesitan conocer las variables y los aspectos importantes en cada uno de estos.

- *Transferencia de calor por convección:* se caracteriza porque se produce por intermedio de un fluido (aire, agua) que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas. La convección se produce únicamente por medio de materiales fluidos. Éstos, al calentarse, aumentan de volumen y, por lo tanto, disminuyen su densidad y ascienden desplazando el fluido que se encuentra en la parte superior y que está a menor temperatura. Lo que se llama convección en

sí, es el transporte de calor por medio de las corrientes ascendente y descendente del fluido.

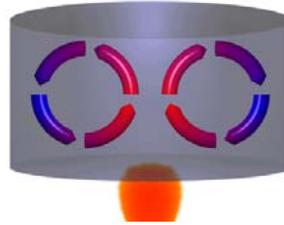


Figura 3.2. Proceso de transferencia de calor por convección

Fuente: Elaboración propia

- *Transferencia de calor por conducción:* Es la única forma de transferencia de calor. Consiste en que el calor se transmite desde un cuerpo caliente a uno mas frío. La velocidad en la transferencia del calor depende de la conductividad térmica del material. Algunos materiales dependiendo de su coeficiente de conductividad térmica son conductores o aislantes, es este aspecto el que hay que tomar en cuenta en cuanto a esto tipo de transferencia y en cuanto al mejoramiento en su eficiencia. La siguiente tabla contiene algunos coeficientes de conductividad de materiales que podrían encontrarse involucrados en el diseño del horno.

En la mayoría de casos de transferencia de calor se necesita conocer:

La velocidad de conducción del calor a través de un sólido en el que existe una diferencia de temperatura conocida.

Metales, a 25°C		Gases, a 20°C		Otros materiales	
Sustancia	k (W/mK)	Sustancia	k (W/mK)	Sustancia	k (W/mK)
Aluminio	238	Aire	0.0234	Asbesto	0.08
Cobre	397	Helio	0.138	Concreto	0.8
Oro	314	Hidrógeno	0.172	Diamante	2300
Hierro	79.5	Nitrógeno	0.0234	Vidrio	0.84
Plomo	34.7	Oxígeno	0.0238	Hule	0.2
Plata	427			Madera	0.08 a 0.16
Latón	110			Corcho,	0.42
				Tejido humano	0.2
				Agua	0.56
				Hielo	2

Tabla 3.1. Tabla de materiales y conductividad térmica.

Fuente: <http://genesis.uag.mx/edmedia/material/fisicall/calor.cfm>

- *Transferencia de calor por radiación:* a radiación presenta una diferencia fundamental respecto a la conducción y la convección: las sustancias que intercambian calor no tienen que estar en contacto, sino que pueden estar separadas por un vacío. Algunas sustancias, entre ellas muchos gases y el vidrio, son capaces de transmitir grandes cantidades de radiación. Las propiedades de absorción, reflexión y transmisión de una sustancia dependen de la longitud de onda de la radiación incidente.

La eficiencia del horno depende en gran parte de poder incrementar al máximo la transferencia del calor.

4. Fluido de gases-aire: es el mecanismo que permite fluir el aire, los gases de la combustión y vapores (humo) ya sea mediante su presión natural o artificial.

El índice de combustión depende de la manera en cómo se suministra el aire.

Es importante añadir una chimenea o conducto en los fogones que queman madera ya que estas chimeneas captan y eliminan el humo y otras emisiones del espacio protegiendo a las familias al reducir la exposición directa a los contaminantes. Esto se traduce en una mejora para la salud.

4.1 Diseño de Chimeneas

El objetivo de las chimeneas es captar y evacuar los humos existentes en el horno. Hay 2 tipos de humo principalmente, el humo producido en la zona de fuego, es liviano y de alta temperatura, mientras que el humo producido en la zona de cocción es de menor temperatura y mayor densidad ya que contiene vapores grasos.

La posición del fuego respecto al ducto de evacuación juega un rol importante en la evacuación de humos. Cuando el ducto está encima del fuego, se produce una corriente de alta temperatura y velocidad dificultando el acceso al ducto de los humos más pesados.

A efectos de facilitar la evacuación del humo las superficies interiores de la chimenea deberán ser lo más lisas posibles.

Funcionamiento

El simple mecanismo de la chimenea está basado en la diferencia de las presiones entre el aire interior y exterior. El tiraje natural se produce debido al movimiento ascendente que hace una masa de aire al calentarse. Este calentamiento le quita peso y por lo tanto se eleva. Para una determinada sección transversal del ducto, el tiraje será mayor cuando aumenta la diferencia de peso entre aire interior y exterior o se eleva la altura de la chimenea o disminuye la resistencia por rozamiento del humo.

- **Diferencia de presiones:** Para mantener una buena diferencia de peso entre el aire interior y el exterior es necesario que el humo llegue caliente a la salida de la chimenea. Para esto las paredes de la misma tendrán que tener buena aislación térmica.

- **Altura:** A mayor altura de la chimenea, más grande es el volumen de aire en movimiento lo que significa un mayor tiraje en la boca de la campana.
- **Resistencia por rozamiento:** El humo asciende en forma de espiral dentro del ducto. Esto significa que el área de las esquinas, en los ductos de sección cuadrada o rectangular, no se aprovecha para la evacuación del mismo. (Ver figura 4.1) A su vez en estas esquinas es frecuente la formación de remolinos, que entorpecen el buen tiraje. En estas circunstancias se puede mejorar el mismo redondeando los ángulos interiores del ducto. (Venturini, n.d)

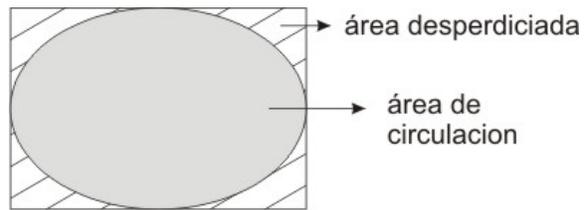


Figura 4.1. Área recomendada en el diseño de chimeneas

Fuente: Elaboración propia

- **Área de sección transversal:** Para chimeneas de baja altura, el área del ducto se podrá calcular entre el 10% y 15% de la superficie de la boca del horno. Además de manera consecuente con el principio de resistencia al rozamiento en la figura 4.2 se muestran las formas buenas y no tan buenas a la hora de construir una chimenea. (Venturini, n.d)



Gráfica 4.2. Formas del ducto para chimenea

Fuente: Elaboración propia

4.2. Chimeneas en hornos mejorados

Hornos sin chimenea

Algunos de los hornos mejorados no usan chimenea, sobre todo aquellas estufas portátiles que tienen una cámara de combustión pequeña y eficiente.

Los hornos mejorados buscan una combustión completa, de manera que quemar la leña limpiamente a fuego fuerte, la buena combustión de una estufa, no depende solo del diseño de la cámara de combustión, también involucra algunas acciones por parte del usuario:

- Dividir la leña o combustible en trozos más pequeños y luego meterlos en el fuego a una velocidad gradual (según se vaya consumiendo).
- Hacer “fuego caliente”: esto crea una combustión para dividir en áreas el combustible, aquí las temperaturas de la combustión deben ser bastante elevadas para que puedan quemarse todos los gases que se escapan de la leña. Se debe tener en cuenta que la leña primero se calienta y posteriormente despiden los gases que estallan en llamas; un fuego caliente es muy limpio, pero un fuego frío contamina el aire que se respira.

En el caso que se decida realizar un horno mejorado sin chimenea, debe ser porque la combustión es completamente eficiente, la estufa mejorada quemará los gases sin dejar que se escapen hasta que se hayan quemado por completo.

La ventaja de los hornos sin chimenea, es que son muy baratos y más accesibles para las familias pobres que los necesitan.

4.3. Hornos con chimenea

Los hornos con chimenea son una opción más costosa que los hornos mejorados simples.



Figura 4.3.1 Horno Super Rocket

Fuente: "2004 Honduran Market stove Project" (Hatfield, 2004)

Se trata del horno tipo rocket, con cámara de combustión en forma de codo y una chimenea adaptada en la parte trasera de la misma, como se ilustra en la figura 4.2.2.

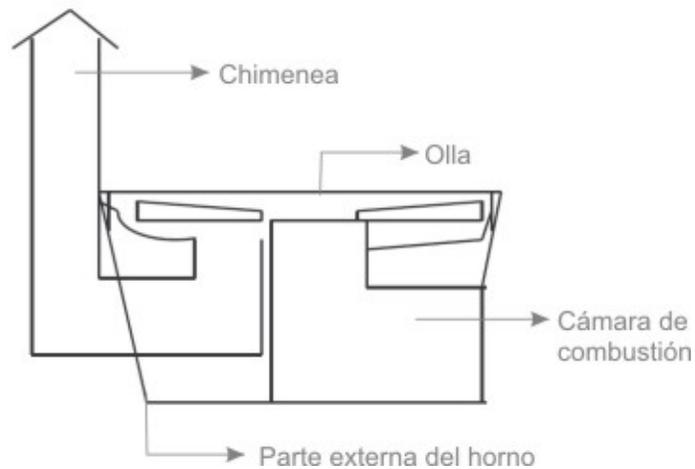


Figura 4.3.2 Estructura de horno mejorado con chimenea

Fuente: "2004 Honduran Market stove Project" (Hatfield, 2004)

Como se observa en la figura anterior el cuerpo del horno se alarga debido a la instalación del conducto que lleva a la chimenea. Este conducto, está conectado con la cámara de combustión en la salida de calor de la misma, en la parte superior, es decir, la conexión no involucra agujeros en la cámara, ni intersecciones. La salida o conducto hacia la chimenea no debe interferir con la transferencia de calor hacia la plancha.

El reto de diseñar un horno mejorado con chimenea esta en lograr reducir los costos de producción que implica la instalación de la misma.

5. Principios de diseño en hornos mejorados ya existentes

(Tomado de “*Design principles for Wood burning cook stoves*) (Bryden, 2002)

5.1. Aislar el espacio alrededor del fuego: En el área que esta mas en contacto con el fuego usar materiales ligeros y resistentes al calor, y que tengan pequeños bolsillos de aire (evitar materiales pesados como arena o arcilla). El aislamiento del fuego lo mantendrá siempre a altas temperaturas y también ayuda a reducir el humo y las emisiones contaminantes. Lamentablemente el metal no resiste mucho cerca del fuego, por lo que es recomendable usar algunos cerámicos.

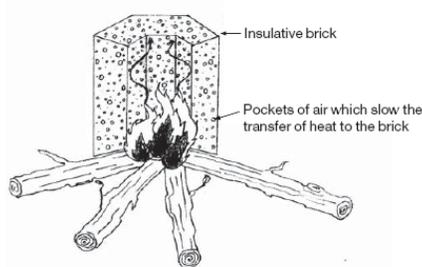


Figura 5.1 Como aislar el fuego

Fuente: (Bryden, 2002)

5.2. Ubicar una pequeña chimenea aislada sobre el fuego: Es importante tener en cuenta que la chimenea dentro de la cámara de combustión debe ser 3 veces más alta que la medida de su diámetro. La chimenea debe ponerse justo sobre el fuego y bajo la superficie de cocción donde estarán ubicadas las ollas, esto permite una mejor orientación del fuego, manteniendo el contacto con la llama.

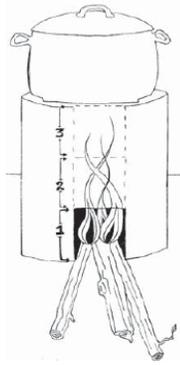


Figura 5.2 Chimenea interna
Fuente: (Bryden, 2002)

5.3. El fuego alto o bajo depende de cuanta madera se agregue

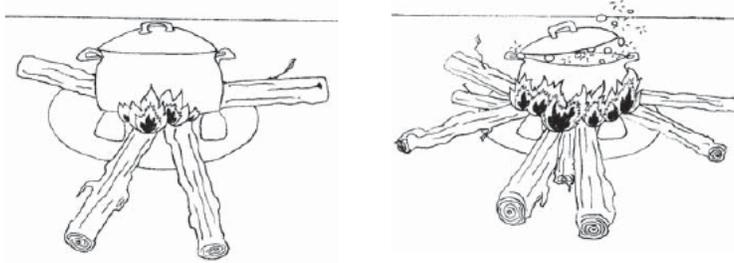


Figura 5.3 Cantidad de madera
Fuente: (Bryden, 2002)

5.4. Mantener una entrada de aire (espacio) a través de la madera que está en proceso de combustión: Así como soplar la madera que se está quemando aumenta su potencia y calor, una apropiada entrada de aire ayudará a mantener las altas temperaturas dentro del horno.

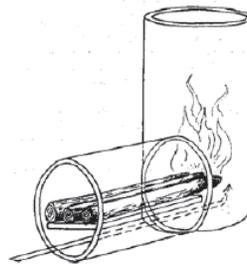


Figura 5.4 Entrada de aire
Fuente: (Bryden, 2002)

- 5.5. **La entrada o salida del fuego hacia la olla, el tamaño de los espacios por los cuales fluye el aire y la chimenea, deben mantener la misma área transversal:**

Una buena corriente no sólo mantiene el calor del fuego, sino que también es esencial para que el aire caliente creado por el fuego pueda transferir efectivamente su calor a la olla.

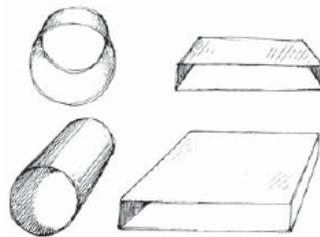


Figura 5.5 Áreas transversales

Fuente: (Bryden, 2002)

- 5.6. **Usar una reja debajo el fuego:** No se debe poner la madera directamente sobre el piso de la cámara de combustión, ya que el aire necesita pasar por debajo de ésta. Un tipo de anaquel o repisa dentro del horno, levantara la madera para que el aire pueda fluir. Debe tenerse en cuenta que de manera contraria, el aire que pasa sobre la madera no es buena, porque podría enfriar el fuego y disminuir su potencia y calor.

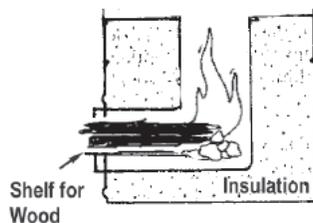


Figura 5.6 Reja para la madera

Fuente: (Bryden, 2002)

- 5.7. **Aislar el conducto del calor (trayectoria del aire):** si el calor se pierde y se absorbe en el interior del horno, menos cantidad de este llegara a la superficie de cocción y por ende a la olla. El aislamiento debe ser ligero y tener agujeros.
- 5.8. **Optimizar la transferencia de calor con espacios apropiados entre las ollas y las paredes del horno:** la mejor manera de hacer llegar eficientemente el calor a las ollas o recipientes es con espacios pequeños, ya que al encontrarse en conductos reducidos están en mayor contacto con los recipientes. Hay dos factores importantes para hacer llegar la mayor cantidad de calor a las ollas. El primero es mantener los gases que se producen a altas temperaturas, y el segundo es forzar los gases y el aire caliente a rozar la superficie de las ollas de manera rápida, no con un fluido lento. Mientras más rápido se mueva este aire caliente, más caliente estará. El tamaño de estos espacios puede calcularse manteniendo el área transversal constante en el horno.

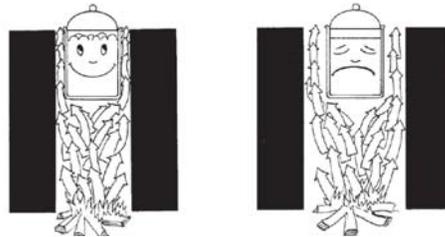


Figura 5.7 Espacios entre ollas y pared

Fuente: (Bryden, 2002)

Anexo G.
Boards y Collages

1. SALIDA DE CAMPO

salida de campo casa 1



ollas colgadas “yo quiero mucho el fogón de leña”
“cocinar con leña es maravilloso” “El gas es muy caro y dura muy poquito”

salida de campo casa 2



“Consigo recortes de madera en los cafetales”
El fogón esta ubicado afuera de la casa.
“Cocino maicitos y Sancocho”

salida de campo

casa 3



Usa más el fogón de leña, pero tiene de gas Queman también guadua
“La olla se demora menos en pitar con leña”
“No me gusta de la leña que se tiznan mucho las ollas”

salida de campo

casa 4



Son 20 personas “Da mucha lidia sin plástico”
“Consume demasiada leña” “Cocinar solo con gas no rinde”

2. COLLAGES DE USUARIO, CONTEXTO Y ESTILO DE VIDA

usuario 1

mujeres *amasde casa* **entrega** *...les gusta cocinar con leña*
fortaleza *cabeza de familia*

contexto "casas" 2

desprotegido *expuesto* **precario** *descuidada*
materiales de la zona *inestable* *habitaciones compartidas* *pequeña*

contexto "externo" 3



lejanía inhospito montañoso
 desconectado accesolimitado hay recursos de biomasa

estilo de vida 4



familias numerosas analfabetismo rústico escasez
 tradicional hambre condiciones inadecuadas campesinos

3. MATRIZ MORFOLÓGICA

<i>matriz morfológica</i>		<i>análisis funcional</i>			
<i>función</i>	<i>portador</i>	1	2	3	4
Ubicar Leña		 pinzas	 mano	 riel (conducto)	 pala
Ubicar ollas		 pinzas	 mano	 Aro con agarraderas	
Almacenar Ollas		 ganchos	 superficie+agujeros	 rejillas	 soportes
Activar el sistema		 plástico+candela	 combustibles	 material orgánico	 papel, hojas

<i>matriz morfológica</i>		<i>análisis funcional</i>			
<i>función</i>	<i>portador</i>	1	2	3	4
Agregar o quitar leña		 pinzas	 mano	 riel (conducto)	 pala
Regular altura olla		 colgadas: ganchos	 Sistema poleas	 Brazos con sop.grad	 Superficie grad.
Controlar entradas de aire		 rejillas	 Persianas	 Puertas corredizas	 Agujeros con panel
Conducir el humo		 chimenea	 tubos	 filtro	

matriz morfológica

análisis funcional

	portador	1	2	3	4
función					
Almacenar residuos		 balde	 cocas	 recogedor	 bandeja
Remover la olla		 pinzas	 mano	 Aro con agarraderas	
Retirar residuos		 bandeja	 pala, escobilla	 mano	 succión

* Ruta 1
* Ruta 2

4. ANÁLISIS FORMAL

Análisis formal



emoción:
"Lo cercano y lo familiar"

referente:
objetos & productos que rodean al usuario

Análisis formal

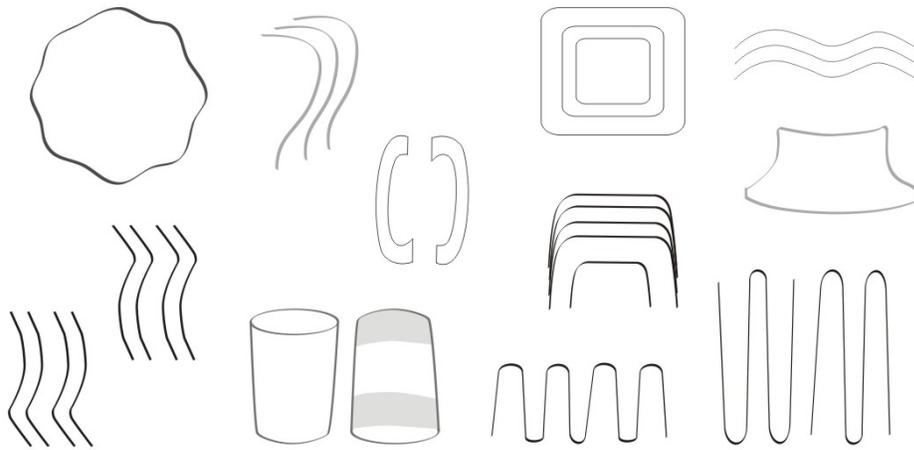


emoción:
"Lo cercano y lo familiar"

referente:
objetos & productos que rodean al usuario

Análisis formal

1

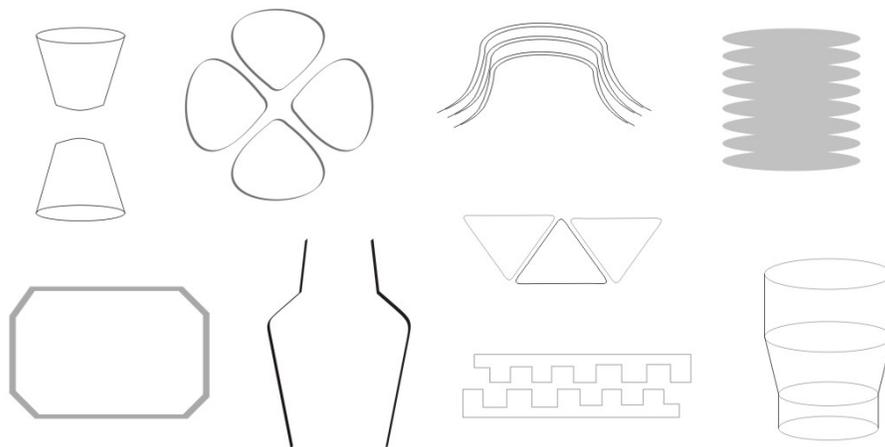


exploración formal

Formas curvas. Cilindros. Ensamblables visibles.
Agarraderas. Círculos. Combinación de secciones y formas

Análisis formal

2



exploración formal

Formas curvas. Cilindros. Ensamblables visibles.
Agarraderas. Círculos. Combinación de secciones y formas

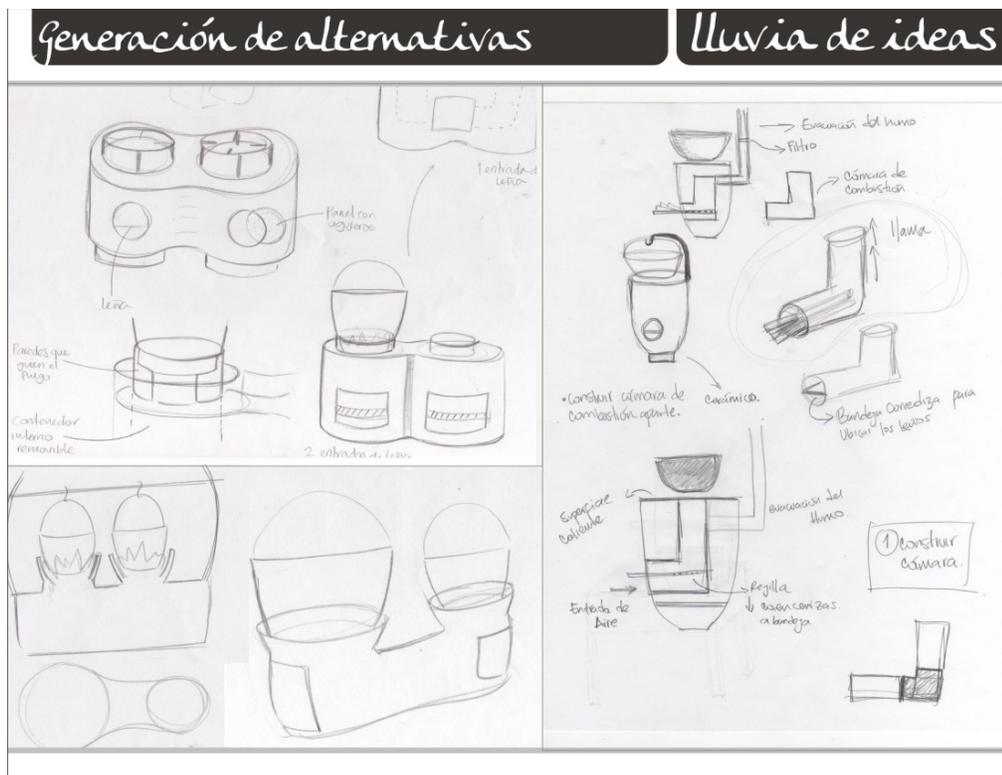
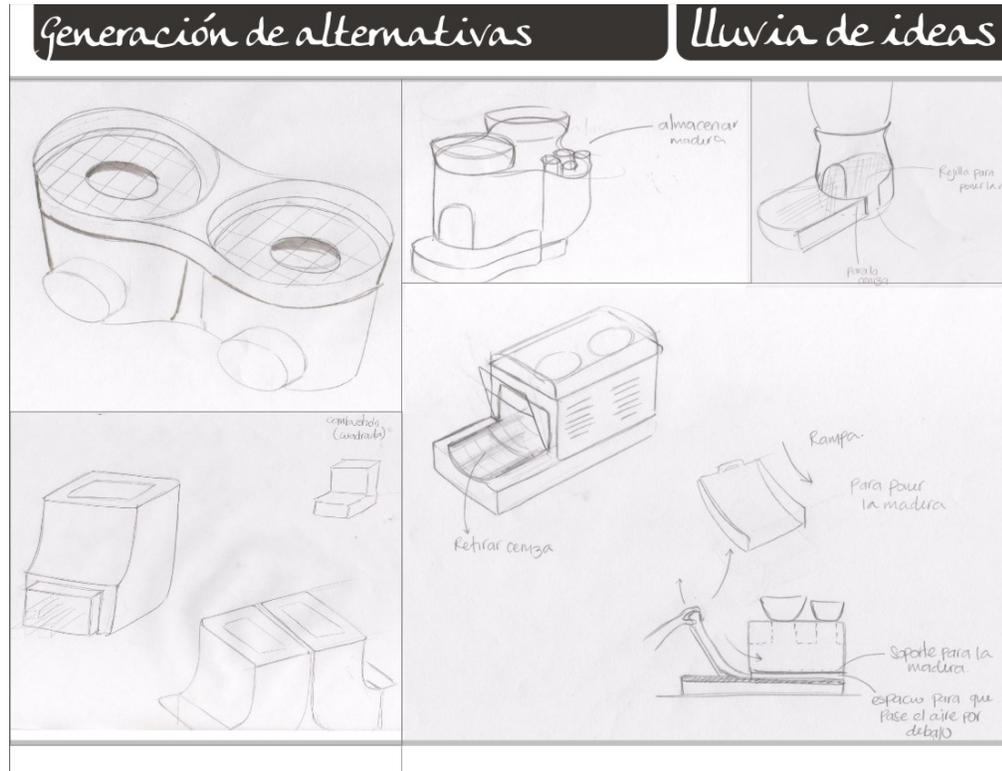
Análisis formal



colores

texturas

5. Sketches lluvia de ideas



6. Renders de alternativas preliminares

Generación de alternativas

Alt. 1

Cámara de combustión: **cilíndrica** Espacio para la madera

Materiales mixtos: cerámica y metal

Generación de alternativas

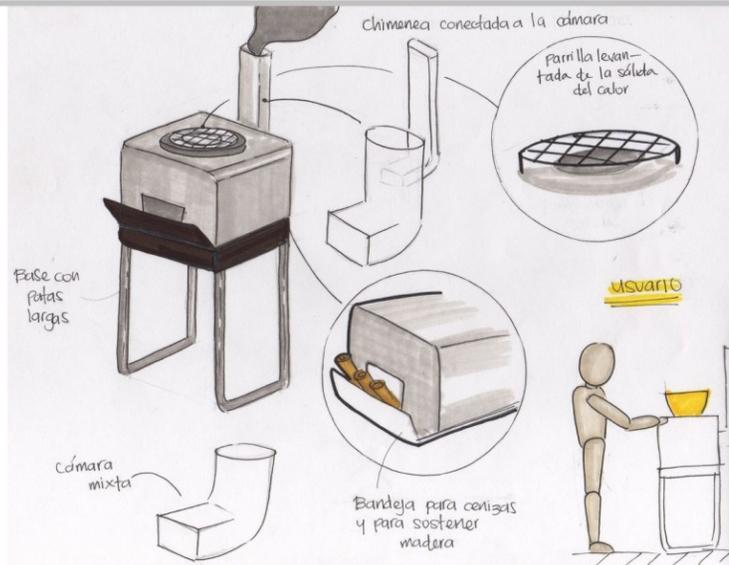
Alt. 2

Cámara de combustión: **cilíndrica** Soporte opcional

Materiales mixtos: cerámica y metal

Generación de alternativas

Alt. 3



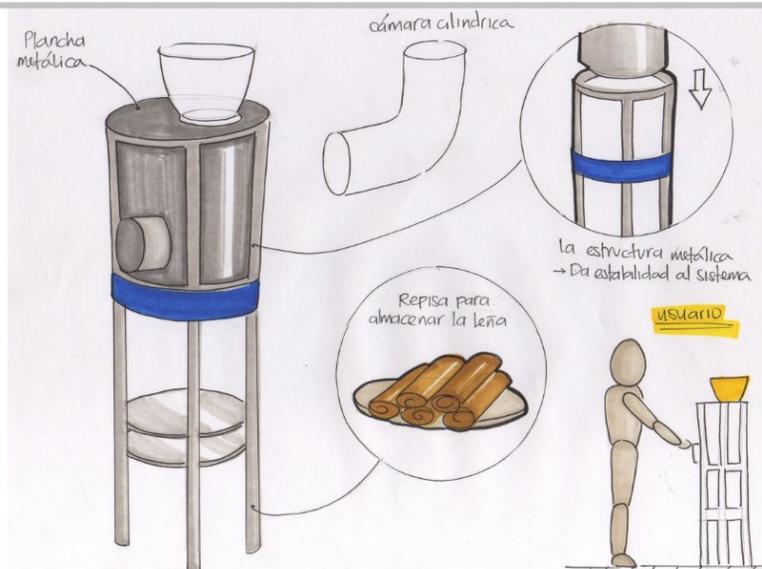
Cámara de combustión: **mixta**

Patas+chimenea

Materiales mixtos: cerámica y metal

Generación de alternativas

Alt. 4



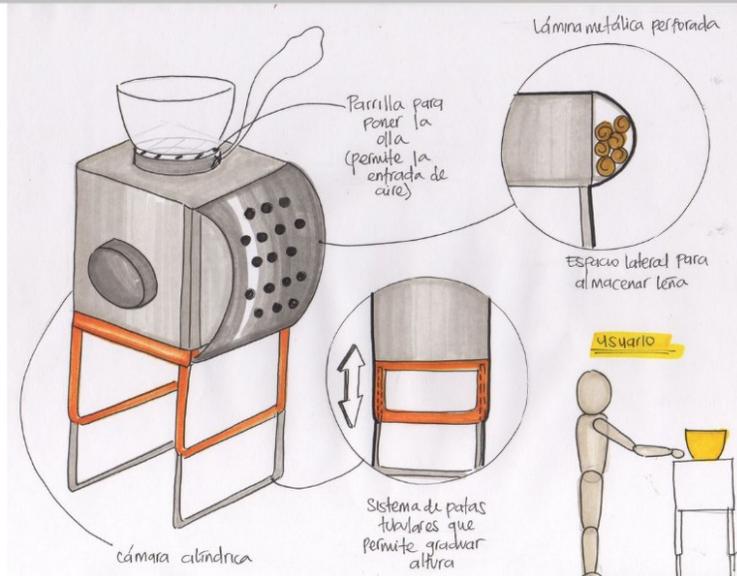
Cámara de combustión: **cilíndrica**

Estructura estable

Materiales mixtos: cerámica y metal

Generación de alternativas

Alt. 5



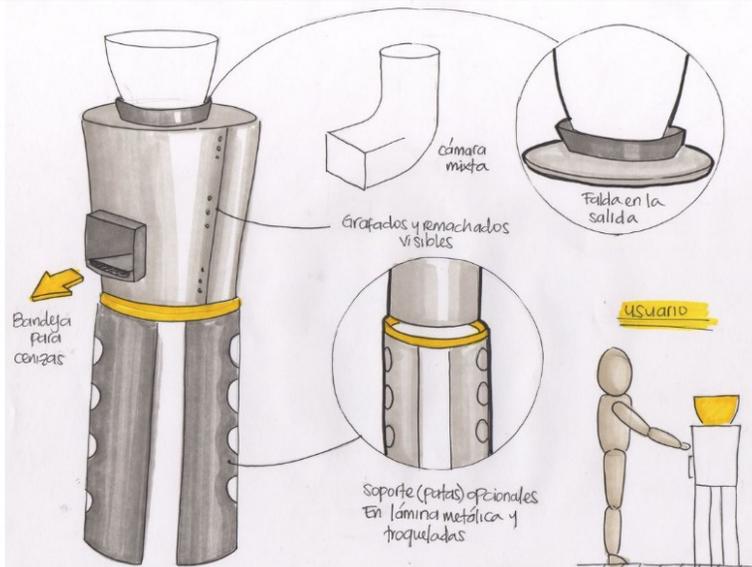
Cámara de combustión: **cilíndrica**

Espacio para madera+patas

Materiales mixtos: cerámica y metal

Generación de alternativas

Alt. 6



Cámara de combustión: **mixta**

Soporte

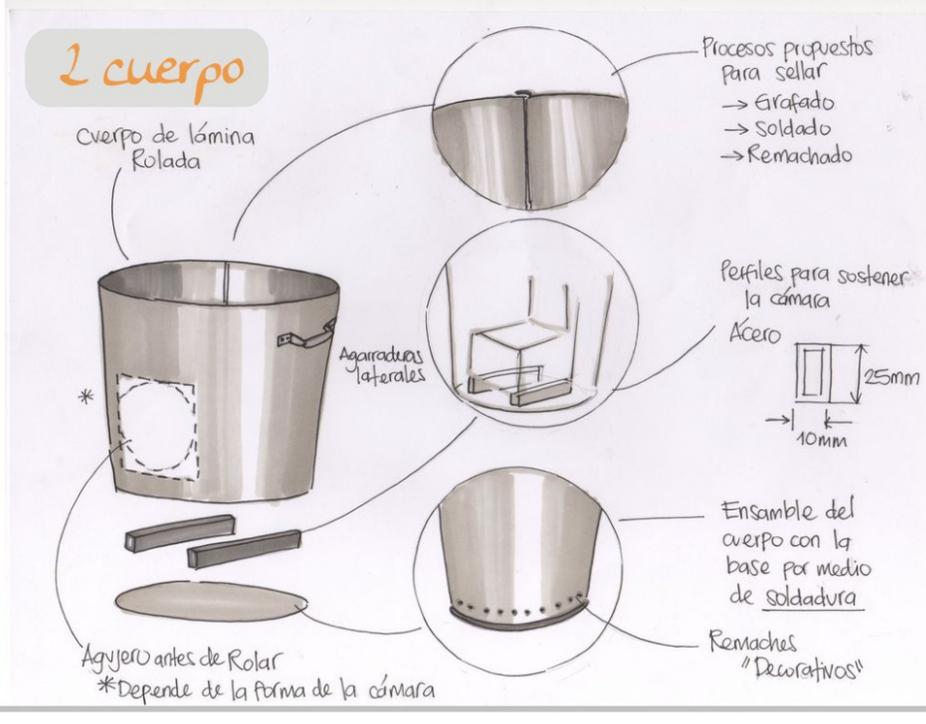
Materiales mixtos: cerámica y metal

7. Desarrollo del concepto seleccionado



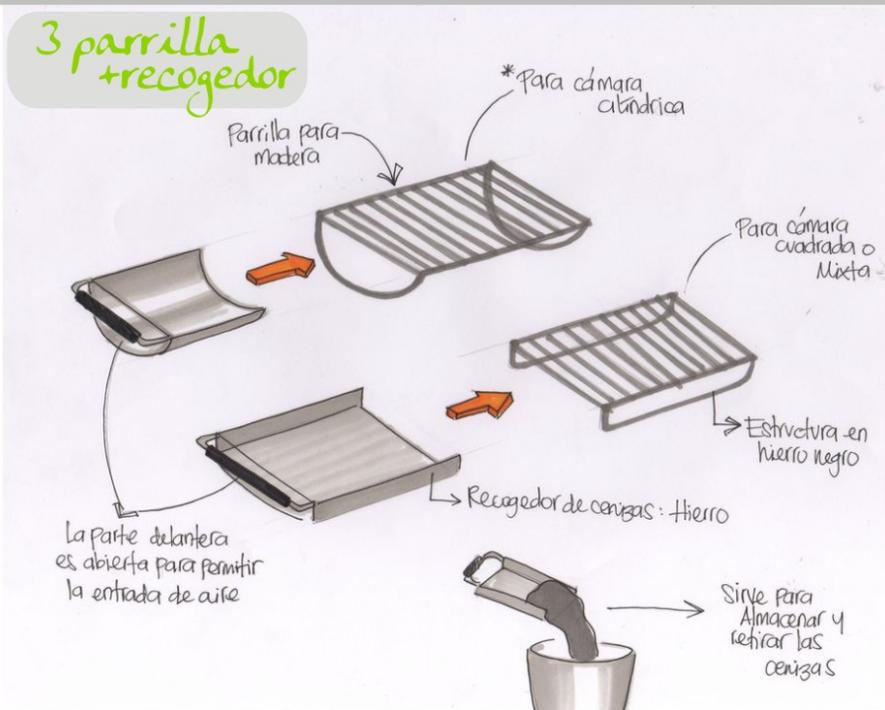
desarrollo del concepto

Lupa 1



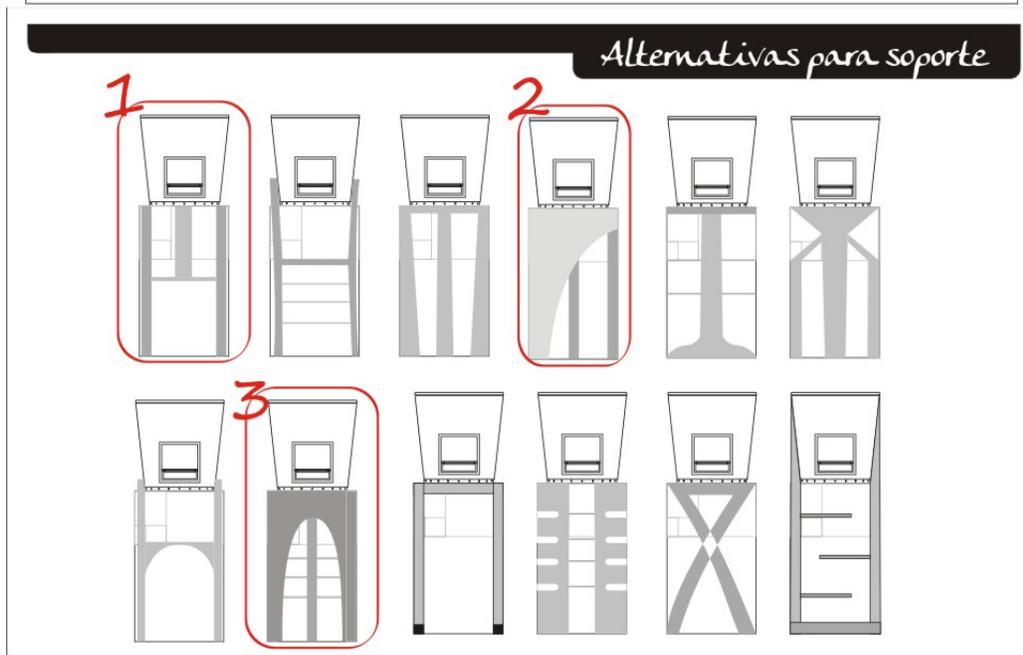
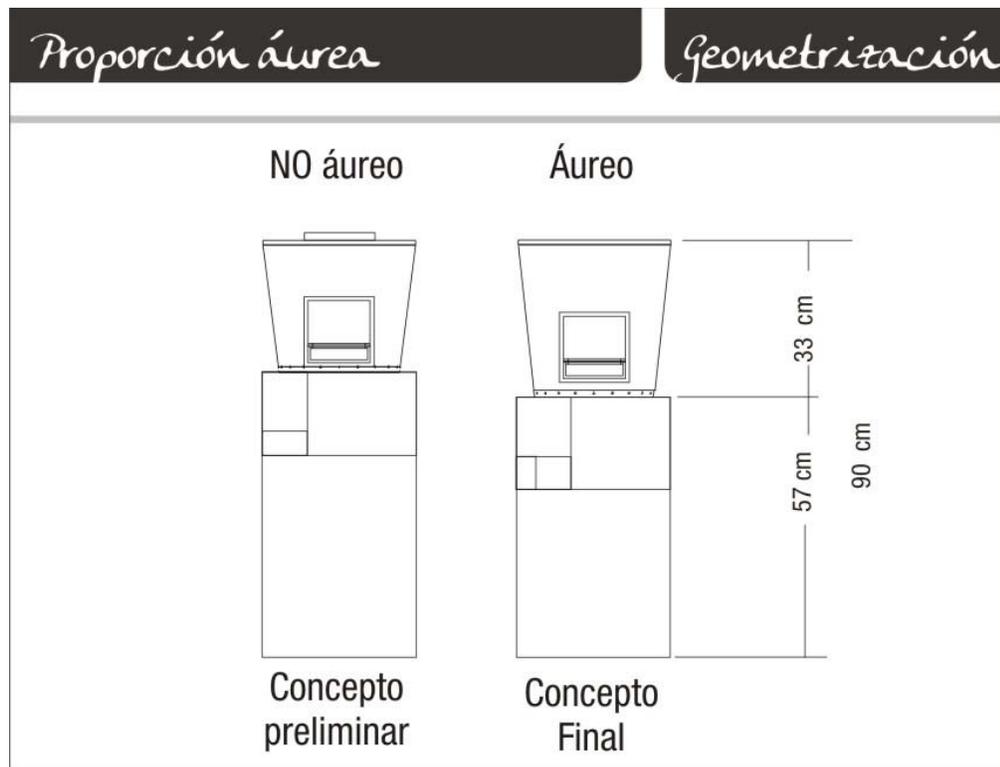
desarrollo del concepto

Lupa 3



Anexo H.

Resultados de la geometrización del producto



Modelación 3D de las propuestas de soporte en el contexto

Propuesta 3



Anexo I.

Documento para el diseño experimental

En ingeniería existen dos aproximaciones posibles a la solución de problemas, una de ellas es la modelación teórica (física y matemática) y otra es la medición experimental. Dentro de la clasificación de experimentos en ingeniería propuesta por Doebelin (1995), se habla de la experimentación exploratoria como una alternativa válida y posible para familiarizarse con un fenómeno físico particular sin la necesidad de hacer un diseño experimental muy detallado y de carácter concluyente.

1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la corporificación inicial de la cámara de combustión del fogón, mediante el desarrollo de un experimento exploratorio.

Objetivos específicos

- Comparar tres tipos de cámaras de combustión usadas en hornos mejorados portátiles
- Concluir cual es el mejor diseño o forma de cámara de combustión para aplicarla en el diseño

2. VARIABLES Y CONSTANTES

- Cantidad de madera usada (masa, kg) – **Constante**
- Cantidad de agua a hervir (Volumen, lt) – **Constante**
- Forma de la cámara - **Variable**
- Volumen de la cámara – **Variable**

3. BASE DE COMPARACIÓN (RESULTADO): Tiempo de levantamiento (tiempo que tarda en hervir el agua)

- Tiempo vs. Temperatura
- Tiempo vs. Consumo de madera
- Tiempo vs. masa o volumen del agua

4. EQUIPOS Y MATERIAL REQUERIDO

- Multímetro Termocuplas
- Cronómetro
- Rejillas
- 2 columnas o soportes o una mesa pequeña
- Encendedor
- Hojas secas, paja
- Guantes resistentes al calor
- Pala para recoger madera
- Regla o flexometro
- Tercera mano
- Material para recubrir y proteger la báscula (Asbesto)
- Olla (Sancochera IMUSA)

Figura 4.1. Olla para la prueba



Fuente. Elaboración propia

- Báscula de construcción
- Madera

Tipo De madera (Leña seca)

Acorde con la salida de campo y en las respuestas de los usuarios de hornos tradicionales de leña, el material más usado es la madera de los cafetales. Aunque cabe aclarar que estas personas usan la madera que encuentren a la mano o que los terratenientes de las fincas les regalen. Aun así, cabe resaltar que el tipo de madera

usado para la cocción de alimentos depende de la ubicación geográfica. Tomando como base de ejemplo al departamento de Antioquia, la madera obtenida de los cafetales es bastante usada. Las propiedades de esta madera son:

CARACTERISTICAS DE LA MADERA DE CAFÉ
Densidad: 0.91
Aspecto: De color claro que permite la fácil matización con tintes base agua
Alta Tensión
Alta Abrasión de pegantes y tintes, característica que la ubica entre las mejores maderas para uso en carpintería
Alta resistencia a las plagas

Tabla 4.1. Características de la madera

Fuente: <http://www.revista-mm.com/rev55/muebles.pdf>

- Cámaras de combustión:
 Por medio de la investigación realizada acerca de tipos de cámaras de combustión usadas en hornos mejorados alrededor del mundo, se tomaron dos de las medidas utilizadas en los experimentos realizados por el Ingeniero Larry Winiarski experto en el diseño de hornos mejorados, estas medidas están contenidas en dos documentos del "Provecho research center", del cual el doctor Winiarski es el director principal (Ver anexo B). Como tercera opción, se encuentra una cámara que combina la forma de las 2 anteriores propuestas por el doctor Winiarski. Esta cámara esta propuesta en un documento de Proleña, fundación dedicada a la fabricación de hornos mejorados en Nicaragua.

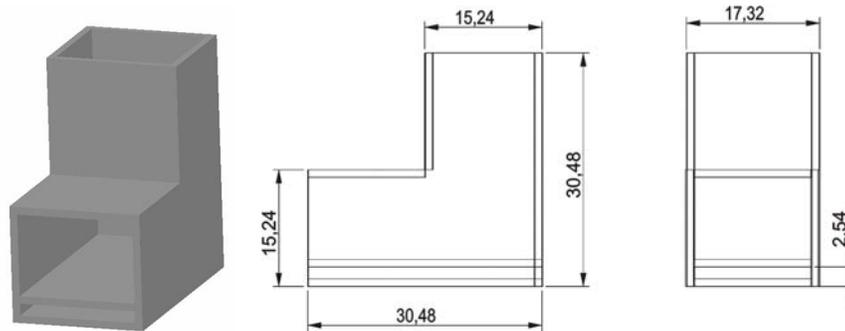
Estas tres cámaras de combustión son generalmente las más usadas en la fabricación de hornos pequeños o portátiles.

a. Forma

SECCIÓN RECTANGULAR

Esta cámara de combustión fue diseñada por el Doctor Winiarski para un proyecto de cocinas ecológicas en el salvador. Sus dimensiones son pequeñas ya que este tipo de cámara es usada para fogones más portátiles. (Club rotario, 2007)

Figura 4.2. Cámara de combustión con sección rectangular.

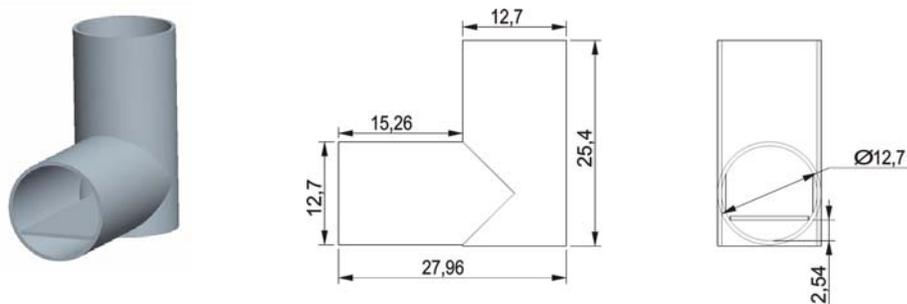


Fuente: Elaboración propia

SECCIÓN CIRCULAR

Esta cámara de combustión está basada también en los diseño del doctor Winiarski y fue desarrollada por el aprovecho research center. (Scott, 2006)

Figura 4.3. Cámara de combustión con sección circular

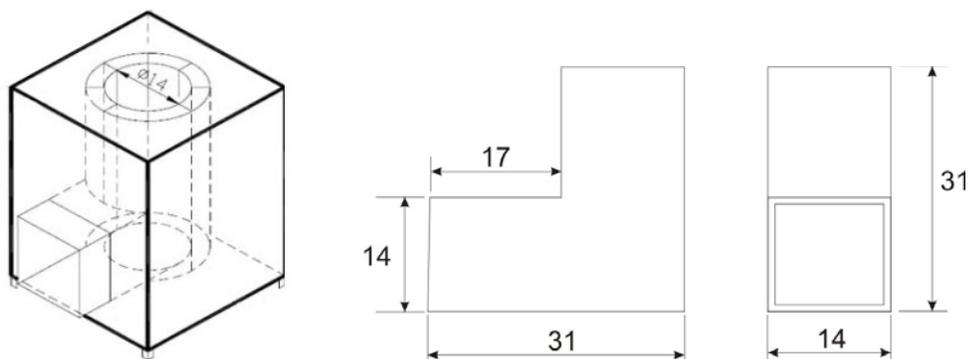


Fuente: Elaboración propia

SECCIÓN MIXTA

Esta cámara de combustión está basada en las medidas encontradas en un documento de Proleña, Nicaragua, en el cual se somete a ensayos una cámara de combustión tipo rocket que combina secciones cuadradas y cilíndricas. El lugar donde se introduce la madera es cuadrada, y el lugar por donde sale el calor es cilíndrica (área circular). (Mayorga, 2005)

Figura 4.4. Cámara de combustión con sección mixta



Fuente: Elaboración propia

- a. **Material: Baldosas u otros elementos de barro quemado cerámicas + Cemento refractario:** Este material es el elegido luego de realizar una prueba de materiales previa. Ver en el contenido general del proyecto el numeral 6.1.1. experimentación con materiales.

La prueba se realiza con elementos de barro ya quemado desarrollando las geometrías en estos elementos (como baldosas y recipientes cerámicos) para finalmente unirlos con cemento refractario, el cual posee alta resistencia al calor, es un material para uso profesional con propiedades aglomerantes y refractarias muy por encima de otros morteros o yesos que se comercializan como productos refractarios. Su empleo con ladrillos refractarios lo hace idóneo para la construcción de hornos, hogares, chimeneas. Este método de fabricación, se encontró además en la bibliografía consultada (Bryden, 2002)

Las ventajas de la baldosa es su bajo costo y su forma y espesor son aptas para darle forma a una cámara de combustión, además la ventaja de las cámaras de combustión hechas de cerámica es su longevidad. (Bryden, 2002)

5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

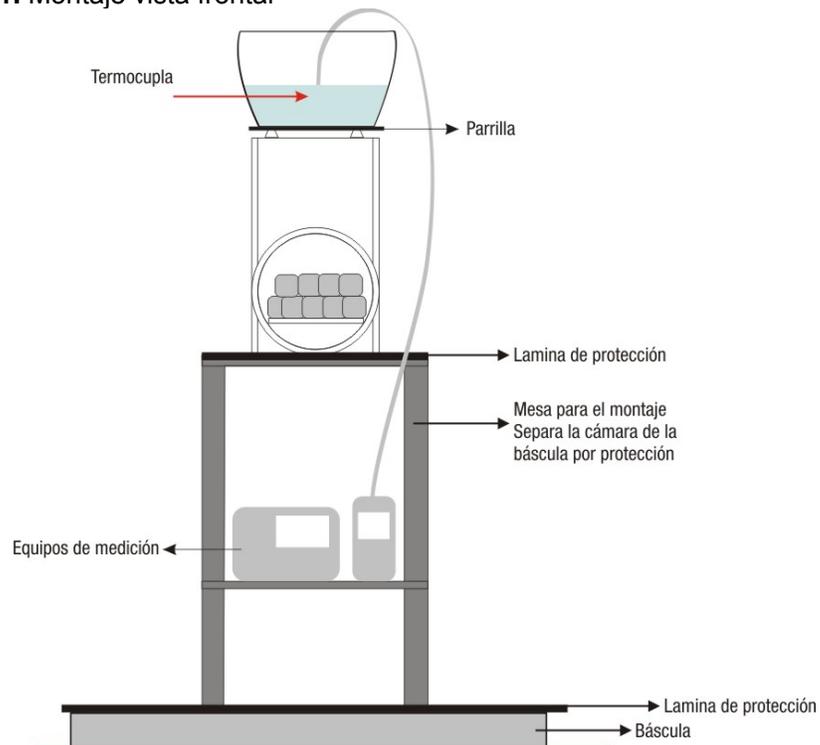
El procedimiento experimental se realizara según lo ilustrado en el montaje para el experimento (Figura 6.1)

1. Ubicar los materiales y equipos según el montaje (Figura 6.1)
2. Verter un total de (1) litro de agua en la olla
3. Apuntar los pesos de todos los materiales
4. Ubicar la cámara sobre la mesa con el material aislante (asbesto)
5. Ubicar la madera en el lugar dispuesto en la cámara de combustión
6. Ignición (comenzar con las hojas secas a generar el fuego para prender la madera)
7. Ubicar la olla con agua sobre la parrilla previamente dispuesta en el montaje
8. Realizar la ubicación de las termocuplas (como se muestra en la figura 6.1)
9. Cuando la madera comience a prenderse poner el cronometro en ceros e iniciar la cuenta del tiempo
10. Cada 3 minutos [3 minutos debidos a que según lo visto en la asignatura de ensayos y pruebas (2007), es el tiempo prudencial para observar cambios en la temperatura del agua], se observaran los valores de temperatura dados por los dos multimetros correspondientes a las 2 termocuplas del montaje. Además se tomara también el valor de masa que indique la báscula en ese momento. (Estos datos se llenaran en la tabla previamente impresa que se muestra en el numeral de resultados)
11. El paso 8 se realizara hasta que la temperatura dentro de la olla alcance su punto de ebullición (92-95 °C para Medellín). En ese momento se terminan las mediciones de temperatura.
12. Retirar la olla del montaje
13. Apagar el fuego
14. Realizar la medición final para la masa de madera restante de todo el experimento.

15. Realizar la medición final para el volumen de agua en la olla (Según los niveles realizados en la olla, que cantidad de agua se tenía al inicio de la prueba y qué cantidad se tiene ahora)
16. Esperar que se enfríe por completo, recoger y limpiar.
17. Procesamiento de datos

6. MONTAJE

Figura 6.1. Montaje vista frontal

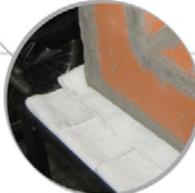


Fuente: Elaboración propia

Los resultados y las conclusiones pueden encontrarse en el contenido del reporte en el numeral 6.1.2

Anexo J.

Montaje y resultados del diseño experimental

montaje		Experimentación
 <p>1</p> <p>Adecuar los instrumentos</p> <p>Previo a la realización de las pruebas, se garantiza la protección y buen funcionamiento de los equipos e instrumentos a usar. En este caso, se dispone la báscula, en un lugar al aire libre. Sobre ella se dispone una mesa sobre la cual se ubican el multímetro, el medidor de peso, y la cámara a probar.</p>	 <p>Uso de asbesto como material aislante durante las pruebas. De esta manera se asegura la protección de los equipos.</p>  <p>Equipos protegidos y situados sobre una superficie que permita ver los datos de una manera rápida.</p>  <p>Disposición de la mesa sobre la báscula.</p>	

montaje		Experimentación
 <p>2</p> <p>Ubicación de la cámara y la madera</p> <p>Luego de tener los equipos en orden, se procede a ubicar sobre el montaje preparado, la cámara de combustión a probar. Luego se ubica en su interior la leña para la prueba, y posteriormente se procede a encender el fuego.</p>	 <p>El montaje se pone en ceros antes de ubicar la cámara. Luego se ubica y mide el peso de la misma.</p>  <p>Posteriormente se ubican los leños (4), en cada una de las cámaras a probar.</p>  <p>Se inicia el proceso de ignición.</p>	

montaje Experimentación



Ubicación de la olla

Cuando el fuego empieza, se ubica inmediatamente la parrilla sobre la cámara, y sobre ésta la olla. La olla tiene en su interior ya ubicada la termocupla, que medirá la T°, durante la prueba. Desde el instante en que se ubica la olla sobre la parrilla, se inicia el cronometro y así, la toma de datos, hasta que el agua ebulle.



Montaje de olla con termocupla, sobre la parrilla ubicada en la cámara.



Ubicación de la termocupla en la parte central de la olla con agua



Se inicia la toma de datos hasta que el agua ebulle. Aquí termina la prueba.

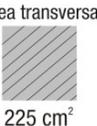
las 3 cámaras Experimentación



Cámara cuadrada

Peso: 5.5 kg
 Tiempo levantamiento: 24 min
 Madera consumida: 0.15 kg
 Uso: Cómodo. Fácil acomodación de leños.

área transversal



225 cm²





Cámara cilíndrica

Peso: 4.6 kg
 Tiempo levantamiento: 18 min
 Madera consumida: 0.05 kg
 Uso: Difícil acomodación de los leños.

área transversal



153,93 cm²





Cámara mixta

Peso: 4.8 kg
 Tiempo levantamiento: 15 min
 Madera consumida: 0.05 kg
 Uso: Cómodo. Fácil acomodación de leños.

área transversal inicial



225 cm²

área transversal final



153,93 cm²



Anexo K.

Cálculos para los análisis de elementos finitos (FEA)

1. Notación, formulas y cálculos

Para la realización de los análisis de elementos finitos, se hicieron necesarios algunos cálculos, como los pesos del sistema completo, y el peso promedio de una olla con contenido. A continuación se encontraran las notaciones usadas para las fórmulas:

Tabla 1. Notación para balances de masa

	Nombre	Notación
Sistema	Densidad de la piedra Pómez	d_{pm}
	Volumen cono truncado	V_{ct}
	Volumen de la cámara de combustión	V_{cc}
	Volumen total del cuerpo	V_t
	Masa del cuerpo con piedra pómez	M_{pm}
	Masa de la cámara	M_c
	Masa total del sistema	M_t
	Masa de la plancha	M_p
	Peso total	W_t
Olla	Volumen de la olla	V_{olla}
	Masa de la olla	M_{olla}
	Densidad del agua	D_{H_2O}
	Masa total de la olla con agua	M_t
	Peso total de la olla	W_t

Fuente. Elaboración propia

- Balance de masa para el sistema

$$D_{pm} = 0,7 \text{ gr/cm}^3$$

$$V_{ct} = \pi/12 \cdot h(D_2 + D_d + d_2)$$

$$V_{ct} = \pi/12 \cdot 33 \text{ cm} [(38 \text{ cm})^2 + (38 \text{ cm} \cdot 32 \text{ cm}) + (32 \text{ cm})^2]$$

$$V_{ct} = 31827,47 \text{ cm}^3$$

$$V_{cc} = \pi r^2 h + (L^2 h)$$

$$V_{cc} = \pi (7,5 \text{ cm})^2 15 \text{ cm} + [(15 \text{ cm})^2 30 \text{ cm}]$$

$$V_{cc} = 2650,7 \text{ cm}^3 + 6750 \text{ cm}^3$$

$$V_{cc} = 9400,7 \text{ cm}^3$$

$$V_t = V_{ct} - V_{cc}$$

$$V_t = 31827,47 \text{ cm}^3 - 9400,7 \text{ cm}^3$$

$$V_t = 22426,77 \text{ cm}^3$$

$$M_{pm} = 22426,77 \text{ cm}^3 * 0,7 \text{ gr/cm}^3$$

$$M_{pm} = 15698,74 \text{ gr} = 15,698 \text{ kg}$$

$$M_c = 4,8 \text{ kg}$$

$$M_p = 4,1 \text{ kg}$$

$$M_t = 15,698 \text{ kg} + 4,8 \text{ kg} + 4,1 \text{ kg}$$

$$M_t = 24,59 \text{ kg}$$

$$W_t = 24,59 \text{ Kg} * (9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$W_t = 240,982 \text{ N}$$

- **Balance de masa para la olla**

$$V_{olla} = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$V_{olla} = \pi \cdot (7,75 \text{ cm})^2 \cdot 25 \text{ cm}$$

$$V_{olla} = 4717,30 \text{ cm}^3$$

$$M_t = (V_{olla} \cdot d_{H_2O}) + M_{olla}$$

$$M_t = (4717,30 \text{ cm}^3 \cdot 1 \text{ gr/cm}^3) + (0,6 \text{ kg})$$

$$M_t = (4717,30 \text{ cm}^3 \cdot 1 \text{ gr/cm}^3) + (0,6 \text{ kg})$$

$$M_t = 4,717 \text{ kg} + 0,6 \text{ kg}$$

$$M_t = 5,317 \text{ kg}$$

$$W_t = 5,317 \text{ Kg} * (9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$W_t = 52,106 \text{ N}$$

- **Cálculo de la fuerza de fricción para el cuerpo del horno (subensamble 1)**

$$F_f = \mu \cdot W$$

$$F_f = 0,3 \cdot (250\text{N})$$

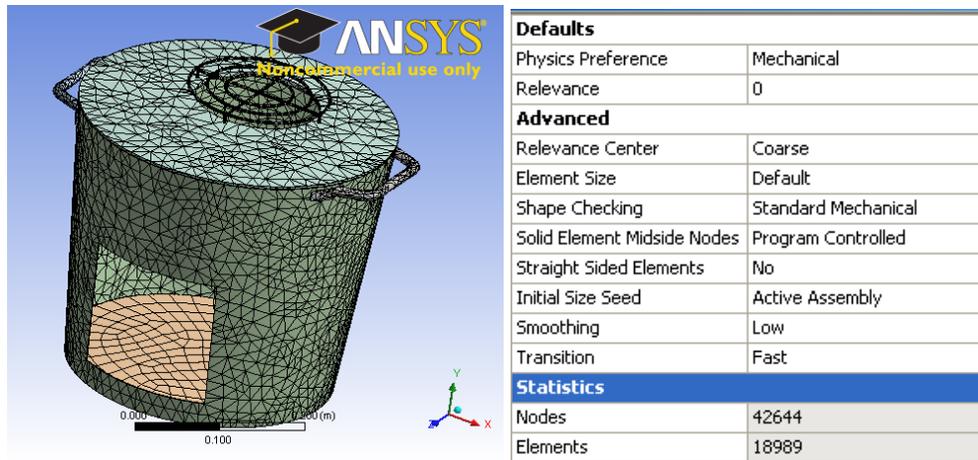
$$F_f = 75 \text{ N}$$

2. Establecimiento de fuerzas y restricciones para los análisis de elementos finitos

2.1. Análisis en el contexto de uso

Para los análisis de elementos finitos, se usó el programa Ansys Workbench 11.0, que permite realizar análisis en tres dimensiones de manera rápida y precisa. Previo a la aplicación de cargas y restricciones para la realización de los análisis requeridos, se asigna a cada parte el material correspondiente. Luego, se procede a mallar el sistema y a refinar la malla, como se observa en la figura 1. Finalmente y luego de este proceso, se encuentra en el sistema una totalidad de 18989 elementos y 42644 nodos.

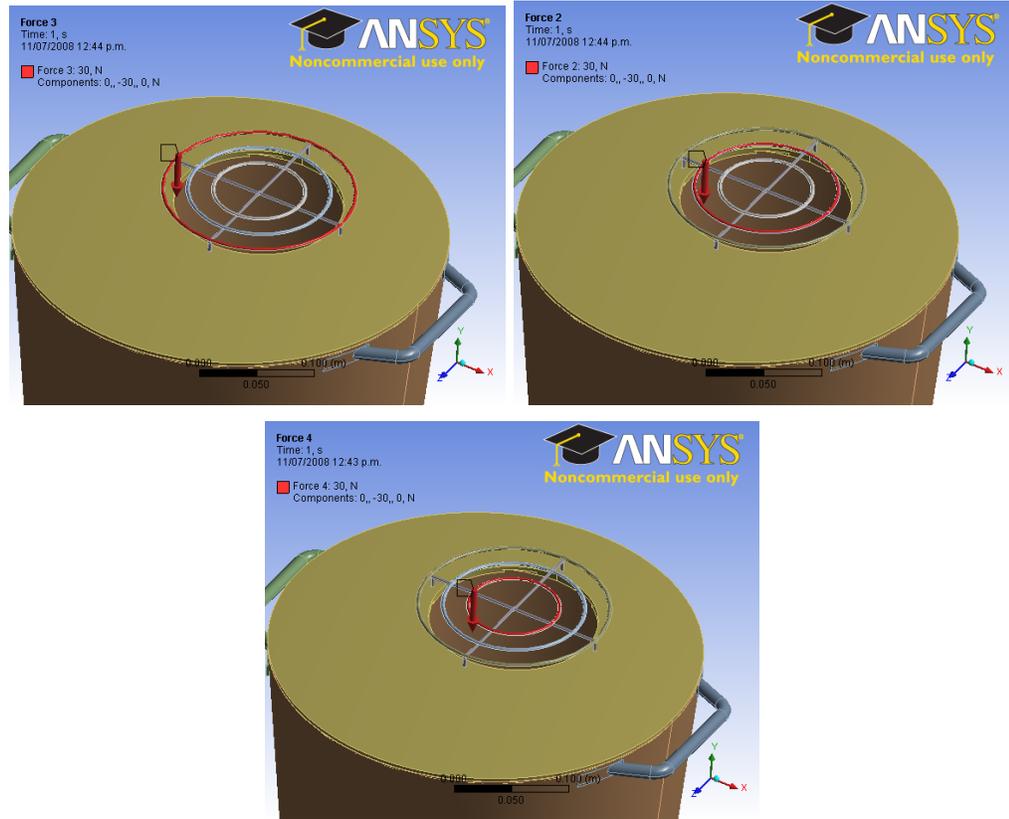
Figura 1. Mallado refinado para el análisis



Fuente. Elaboración propia

Luego del refinamiento de la malla, se procedió a aplicar las fuerzas, en este caso y como se muestra en la figura 2, se aplican tres fuerzas de cargas iguales (30 N cada una) en cada uno de los aros que compone la parrilla.

Figura 2. Aplicación de fuerzas para la parrilla



Fuente. Elaboración propia

2.2. Análisis de estabilidad

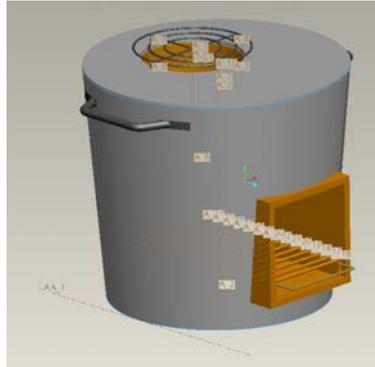
Para el análisis de estabilidad se hizo uso de la herramienta *Mechanism* en Pro/Engineer 3.0.

El objetivo del análisis se basó en encontrar por medio de una simulación mecánica el valor de carga frontal en el cual el sistema podría caerse, además saber que sucede primero ante la perturbación externa, es decir si se desliza el producto o se vuelca.

Los siguientes fueron los pasos que se realizaron para la simulación:

- Se crearon los ejes donde se restringió la pieza: el eje se creó justo en el borde y en el sentido indicado en la figura 3 para permitir la rotación de la pieza en ese mismo sentido una vez aplicada la fuerza.

Figura 3. Eje de rotación



Fuente. Elaboración propia

- Se halló el centro de masa de todo el ensamble y se creó un punto de referencia. Además de este punto se creó otro punto adicional para aplicar la fuerza perturbadora.

Figura 4. Centro de masa y punto de referencia del sistema

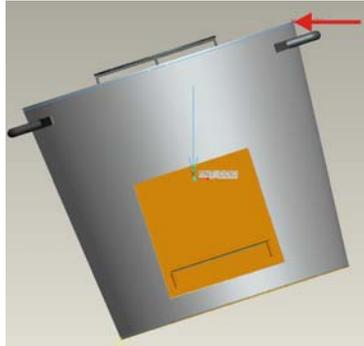


Fuente. Elaboración propia

Nota: Este centro de masa se creó para aplicar una fuerza vertical que corresponde al peso total del sistema.

- Se insertó un pin para indicar la rotación del ensamble ante la perturbación ocasionada en este caso por una fuerza
- Se ubicó la fuerza y se le asignaron las coordenadas X, Y, Z

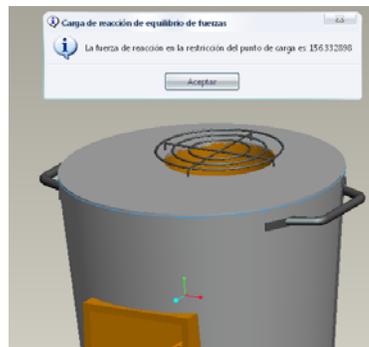
Figura 5. Ubicación de la fuerza



Fuente. Elaboración propia

- Se corrió el análisis de equilibrio de fuerzas

Figura 6. Análisis de equilibrio de fuerzas



Fuente. Elaboración propia

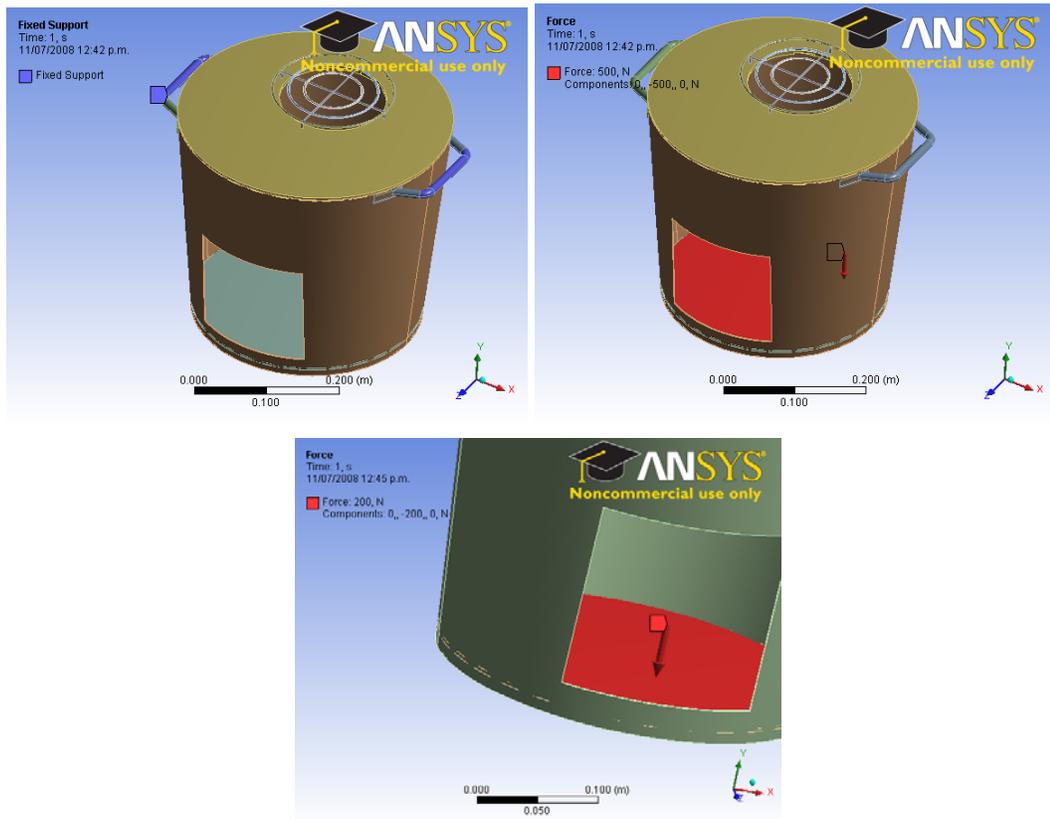
Nota: Después de haber corrido el análisis se encontró que si se le ejerce una carga mayor a 15,6 Kg el sistema puede volcarse.

2.3. Análisis de seguridad en el transporte

Para el análisis de seguridad y resistencia en el transporte del sistema, se restringieron las dos agarraderas con un fixed support en los ejes X, Y y Z. De esta manera supone un transporte donde el sistema es tomado por las agarraderas mientras que todo su peso ejerce presión sobre la tapa inferior del tambor como se ve en la figura 7.

Además de utilizar el mismo modelo que ya había sido mallado y refinado, como se observa en la figura 1.

Figura 7. Restricciones y cargas aplicadas en el análisis del transporte



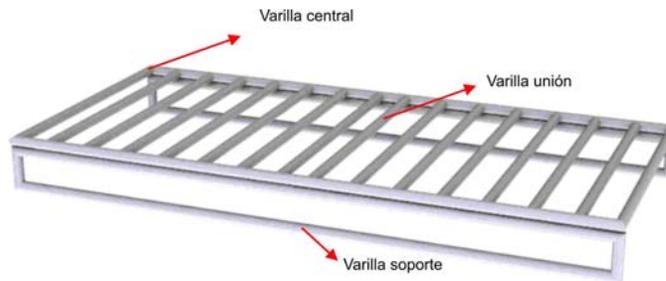
Fuente. Elaboración propia

Anexo L.

Cartas de procesos

CARTA DE PROCESOS ENSAMBLE 1

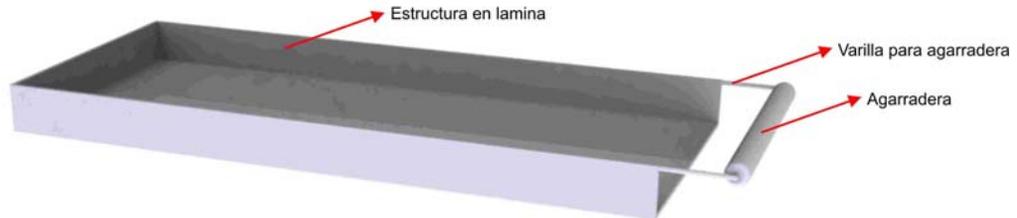
No. de pieza	Nombre parte	Material	Cantidad	Página	Fecha
1	Parilla para los leños	Varilla de acero	1	1	Julio 15



Nº	Sub-Fase	Descripción	Croquis	Maquina/Herramienta	Operación
1	Corte de la varilla soporte	Se toma una varilla y se corta con la longitud especificada en los planos de taller		Sierra manual	Corte
2	Corte de la varilla central	Se toma una varilla y se corta con la longitud especificada en los planos de taller		Sierra manual	Corte
3	Corte de las varillas de unión	Se toma una varilla y se corta con la longitud especificada en los planos de taller		Sierra manual	Corte
4	Doblez varilla soporte	Se toma la varilla ya cortada y se dobla a 90° según las medidas especificadas en los planos.		Dobladora de lámina a 90°	Doblez
5	Doblez de la varilla central	Se toma la varilla ya cortada y se dobla a 90° según las medidas especificadas en los planos.		Dobladora de lámina a 90°	
6	Unión de las varillas de unión a la varilla central	Se toma la primera varilla y se unen a la varilla central por medio de puntos de soldadura, luego se unen las otras de la misma manera conservando la distancia especificada en los planos		Soldador TIG Miller Syncrowave 250 DX	Soldadura
7	Unión de las varillas soporte a la varilla central	Se ubican las dos varillas soporte en los extremos de la varilla central y se unen por medio de puntos de soldadura		Soldador TIG Miller Syncrowave 250 DX	

CARTA DE PROCESOS ENSAMBLE 1

No. de pieza	Nombre parte	Material	Cantidad	Pagina	Fecha
2	Recogedor de cenizas	- Lámina de acero - Varilla de Acero	1	2	Julio 2008



Nº	Sub-Fase	Descripción	Croquis	Maquina/Herramienta	Operación
1	Corte de la estructura en lámina	Se desarrolla la geometría del recogedor según las medidas de los planos y se corta		Corte con plasma	Corte
2	Doble de la estructura en lámina	Se doblan las pestañas que formaran el recogedor		Dobladora de lámina a 90°	Doble de
3	Corte de la Varilla para agarradera	Corte de la longitud total de la varilla que es la agarradera		Sierra manual	Corte
4	Doble de la varilla agarradera	Se realizan los dos dobleces a 90°		Dobladora de lámina a 90°	Doble de
5	Unión de la varilla para agarradera y la estructura en lámina	Se ubica en la parte delantera del recogedor la varilla o agarradera para completar la pieza		Soldador TIG Miller Syncrowave 250 DX	Soldadura

CARTA DE PROCESOS ENSAMBLE 1

No. de pieza	Nombre parte	Material	Cantidad	Página	Fecha
3-5	Base-tambor	Lámina Acero	1	3	Julio 2008



Nº	Sub-Fase	Descripción	Croquis	Maquina/Herramienta	Operación
1	Desarrollo tambor	Se realizan los cortes que corresponden a las 2 partes desarrolladas para formar el tambor		Corte con plasma	Corte
2	Corte agujero para cámara	A uno de los desarrollos para el tambor se le realiza un agujero cuadrado por el cual se introduce la cámara		Corte con plasma	Corte
3	Rolado de partes para tambor	Se realiza el rolado semicircular para ambos desarrollos		Roladora lámina	Rolado
4	Unión de desarrollos	Por medio de soldadura se unen las laminas roladas que formaran el tambor o cuerpo		Soldador TIG Miller Syncrowave 250 DX	Soldadura
5	Corte de base	Se corta un círculo el cual será la base del cuerpo del producto		Corte con plasma	Corte
6	Unión de la base-tambor	Se ubica la base 1cm más arriba de la arista inferior del tambor para completarlo		Soldador TIG Miller Syncrowave 250 DX	Soldadura

CARTA DE PROCESOS ENSAMBLE 1

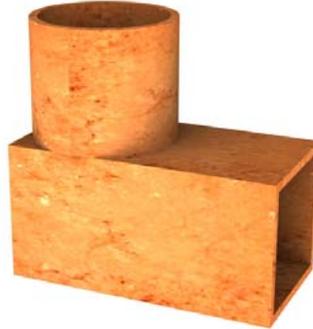
No. de pieza	Nombre parte	Material	Cantidad	Pagina	Fecha
6	Agarraderas	Hierro fundido	2	4	Julio 2008



Nº	Sub-Fase	Descripción	Croquis	Maquina/Herramienta	Operación
1	Realización de modelo en icopor	En icopor se realiza un modelo exactamente igual el mostrado en los planos.		Varios	Corte, pulido y acabado
2	Fundición del modelo	Se realiza el proceso de fundición por medio de la cera perdida	-	Hierro a la cera perdida	Fundición
3	Acabado	Luego de la función se pule y da el acabo requerido por la pieza		Lijas-Limas-esmeril	Acabado
4	Unión al tambor	Las dos agarraderas se ubican según medidas del ensambles general el planos y se sueldan al tambor		Soldador TIG Miller Syncrowave 250 DX	Soldadura

CARTA DE PROCESOS ENSAMBLE 1

No. de pieza	Nombre parte	Material	Cantidad	Pagina	Fecha
7	Cámara de combustión	Cerámica refractaria	1	5	Julio 2008



Nº	Sub-Fase	Descripción	Croquis	Maquina/Herramienta	Operación
1	Fabricar modelo	Realización de modelo en madera u otro material		Varios	Varios
2	Molde	Con el modelo anterior se desarrolla un molde en yeso		Manual	Realización de molde
3	Vaciado	Cuando todas las caras del molde estén listas se procede a unir las, asegurarlas y vaciar la cerámica		Manual	Vaciar
4	Secado	Luego de desmoldar la pieza esta se somete a un proceso en una cámara de secado que simula las condiciones del medio ambiente		Cámara de secado	Secar
5	Quemado	Una vez se ha extraído toda la humedad de la cámara esta es sometida a la quema donde termina la realización de la pieza		Horno para cerámicos o ladrillos refractarios	Quemar desde 900° a 1100°C

CARTA DE PROCESOS ENSAMBLE 1

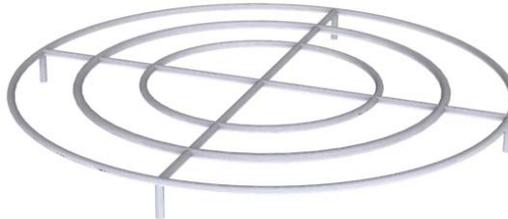
No. de pieza	Nombre parte	Material	Cantidad	Pagina	Fecha
8	Plancha de cocción	Hierro fundido	1	6	Julio 2008



Nº	Sub-Fase	Descripción	Croquis	Maquina/Herramienta	Operación
1	Realización de modelo en icopor	En icopor se realiza un modelo exactamente igual el mostrado en los planos.		Varios	Corte, pulido y acabado
2	Fundición del modelo	Se realiza el proceso de fundición por medio de la cera perdida	-	Hierro a la cera perdida	Fundición
3	Acabado	Luego de la función se pule y da el acabo requerido por la pieza		Lijas-Limas-esmeril	Acabado
4	Desbaste	Para que la pieza pierda peso se realiza un desbaste interno de la pieza		Fresado	
5	Agujero	Realización del agujero que es la salida del calor (cámara de combustión)		Corte con plasma	Corta

CARTA DE PROCESOS ENSAMBLE 1

No. de pieza	Nombre parte	Material	Cantidad	Pagina	Fecha
9	Parrilla para las ollas	Hierro fundido	1	7	Julio 15

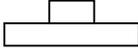


Nº	Sub-Fase	Descripción	Croquis	Maquina/Herramienta	Operación
1	Corte y doblaje de las varillas soporte	Se cortan 2 varillas y se doblan a 90° según indican los planos		Sierra manual- Dobladora a 90°	Corte y doblaje
2	Unión de las varillas soporte	Las 2 varillas dobladas forman una cruz como soporte			
3	Aro externo	Rolado de la varilla hasta conseguir un círculo		Rolado manual Soldador TIG	Rolado y soldadura
4	Aro medio	Rolado de la varilla hasta conseguir un círculo		Rolado manual Soldador TIG	Rolado y soldadura
5	Aro interno	Rolado de la varilla hasta conseguir un círculo		Rolado manual Soldador TIG	Rolado y soldadura
6	Unión del aro externo	Se ubica el aro externo y se suelda al soporte		Soldador TIG	Soldadura
7	Unión del aro medio	Se ubica el aro medio y se suelda al soporte		Soldador TIG	Soldadura
8	Unión del aro interno	Se ubica el aro interno y se suelda al soporte		Soldador TIG	Soldadura

CARTA DE PROCESOS ENSAMBLE 2

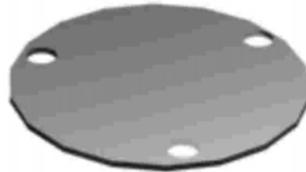
No. de pieza	Nombre parte	Material	Cantidad	Pagina	Fecha
1	Platina de unión	Acero cold rolled	3		Junio 15



Nº	Sub-Fase	Descripción	Croquis	Maquina/Herramienta	Operación
1	Corte de platina	Se coran 3 platinas rectangulares del tamaño especificado en planos		Cierra sin fin	Corte
2	Rolado de platina	Se realiza un rolado semicircular de la platina que corresponda con el radio del tambor en la parte inferior.		Roladora	Rolado
3	Unión a entrepaño superior	Se unen las platinas al entrepaño superior separadas a 120° por medio de soldadura		Soldadura	Soldado

CARTA DE PROCESOS ENSAMBLE 2

No. de pieza	Nombre parte	Material	Cantidad	Pagina	Fecha
2	Entrepaño	Acero	3	4	Junio 15



Nº	Sub-Fase	Descripción	Croquis	Maquina/Herramienta	Operación
1	Corte circular	Se toma una lámina de acero calibre 18 y se marca del tamaño del diámetro especificado en los planos, luego se realiza el corte con plasma para obtener una lámina circular.		Plasma	Corte
2	Corte circular de los agujeros pasantes	Luego ya teniendo la lámina circular se marcan los 3 agujeros por donde se introducirán los tubos laterales. Luego de esto son cortados mediante una broca sierra del diámetro especificado en planos.		bd-17950I taladro de columna 14" capacidad 1/2 hp	Corte
3	Chafán para soldadura	Luego de tener listos los agujeros se monta la pieza en una fresadora donde se le realizaran a los agujeros unos chafanes que servirán para albergar la soldadura.		Fresadora	Fresado

CARTA DE PROCESOS ENSAMBLE 2

No. de pieza	Nombre parte	Material	Cantidad	Pagina	Fecha
3	Eje central	Acero cold rolled	1		Junio 15



Nº	Sub-Fase	Descripción	Croquis	Maquina/Herramienta	Operación
1	Corte	Se toma un tubo y se corta según las especificaciones dadas en los planos.		FA-110NC Cortadora con Disco o sierra circular	Corte

CARTA DE PROCESOS ENSAMBLE 2

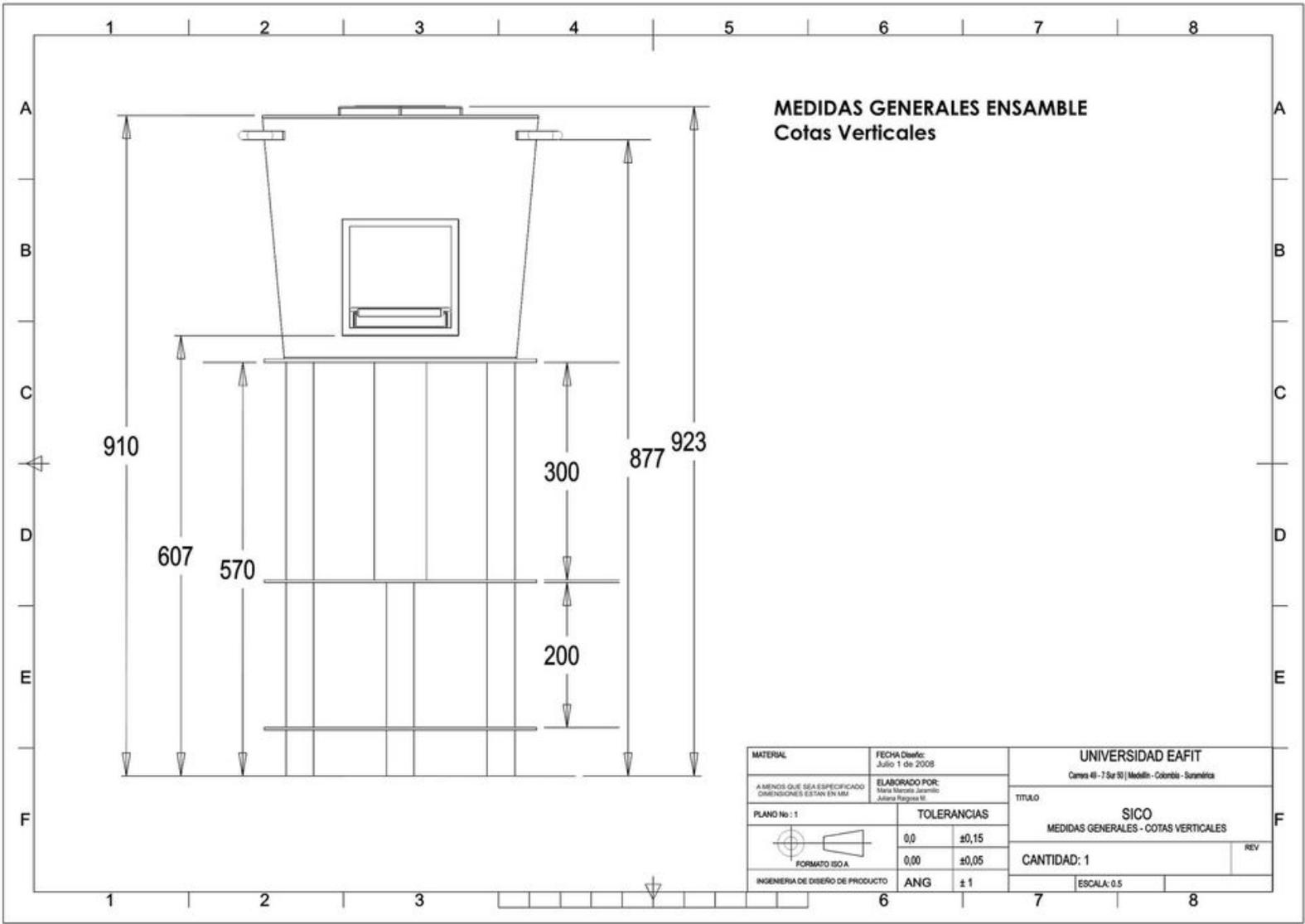
No. de pieza	Nombre parte	Material	Cantidad	Pagina	Fecha
4	Eje Lateral	Acero cold rolled	3		Junio 15



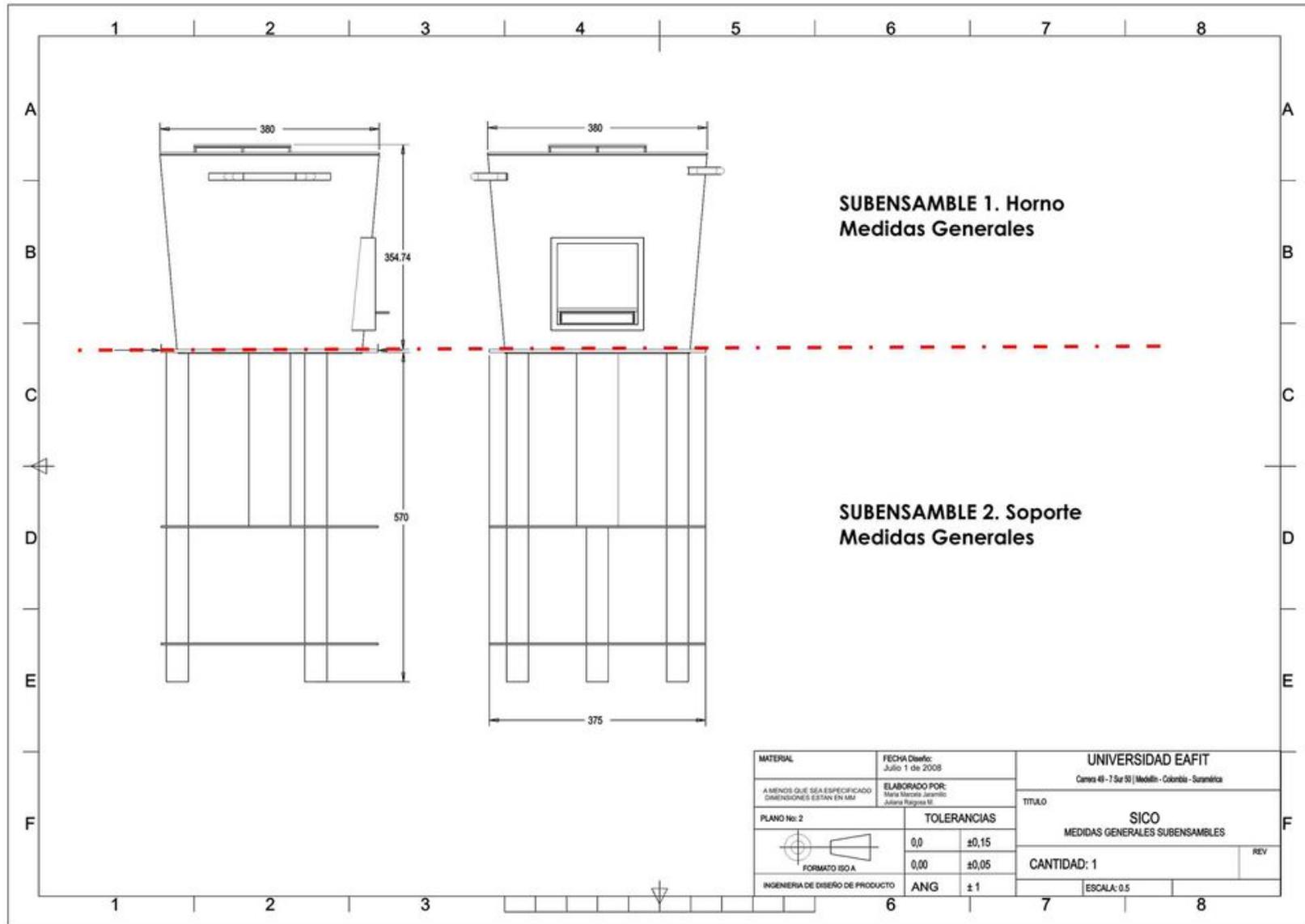
Nº	Sub-Fase	Descripción	Croquis	Maquina/Herramienta	Operación
1	Corte	Se toma un tubo y se corta según las especificaciones dadas en los planos.		FA-110NC Cortadora con Disco o sierra circular	Corte

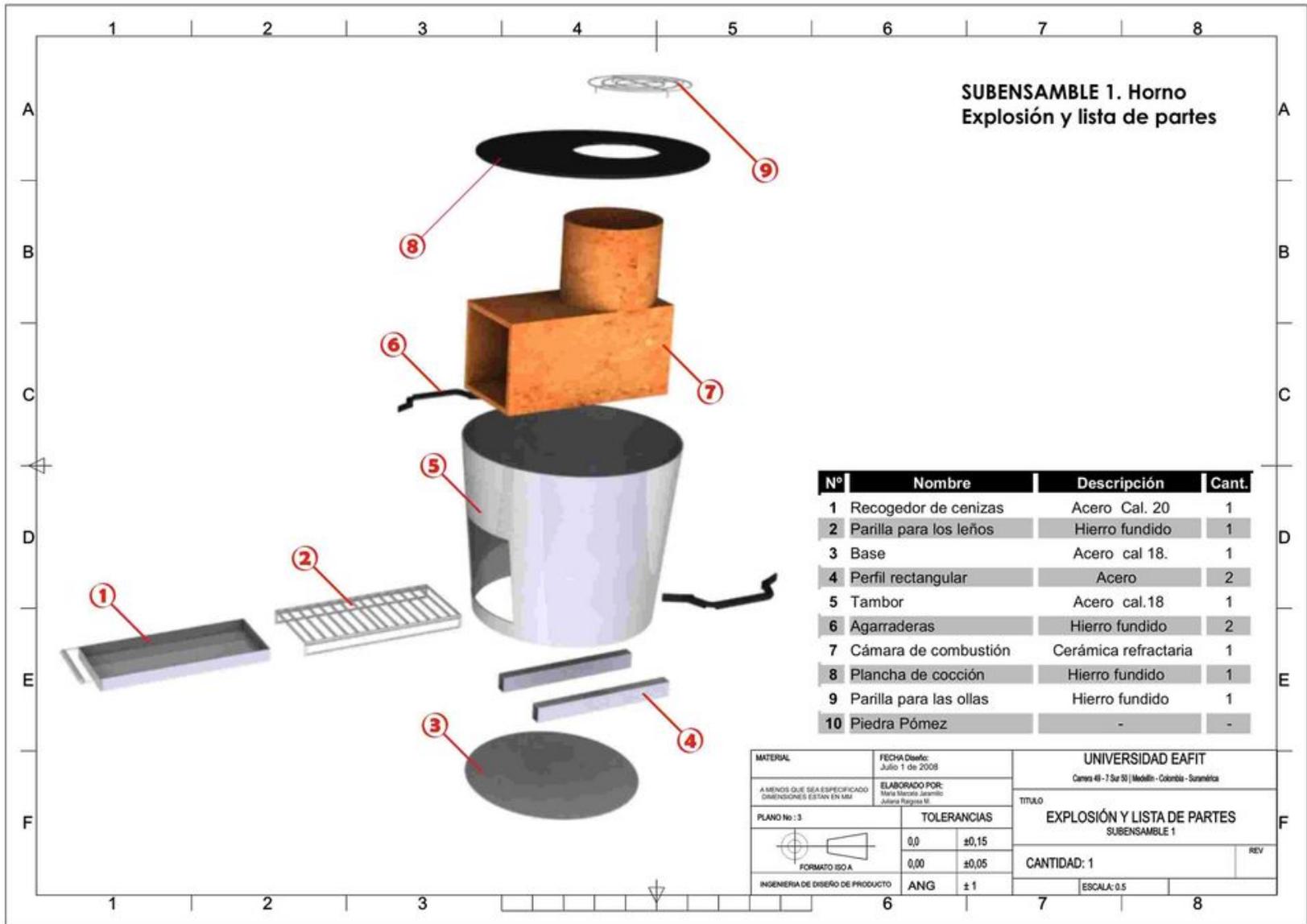
Anexo M.

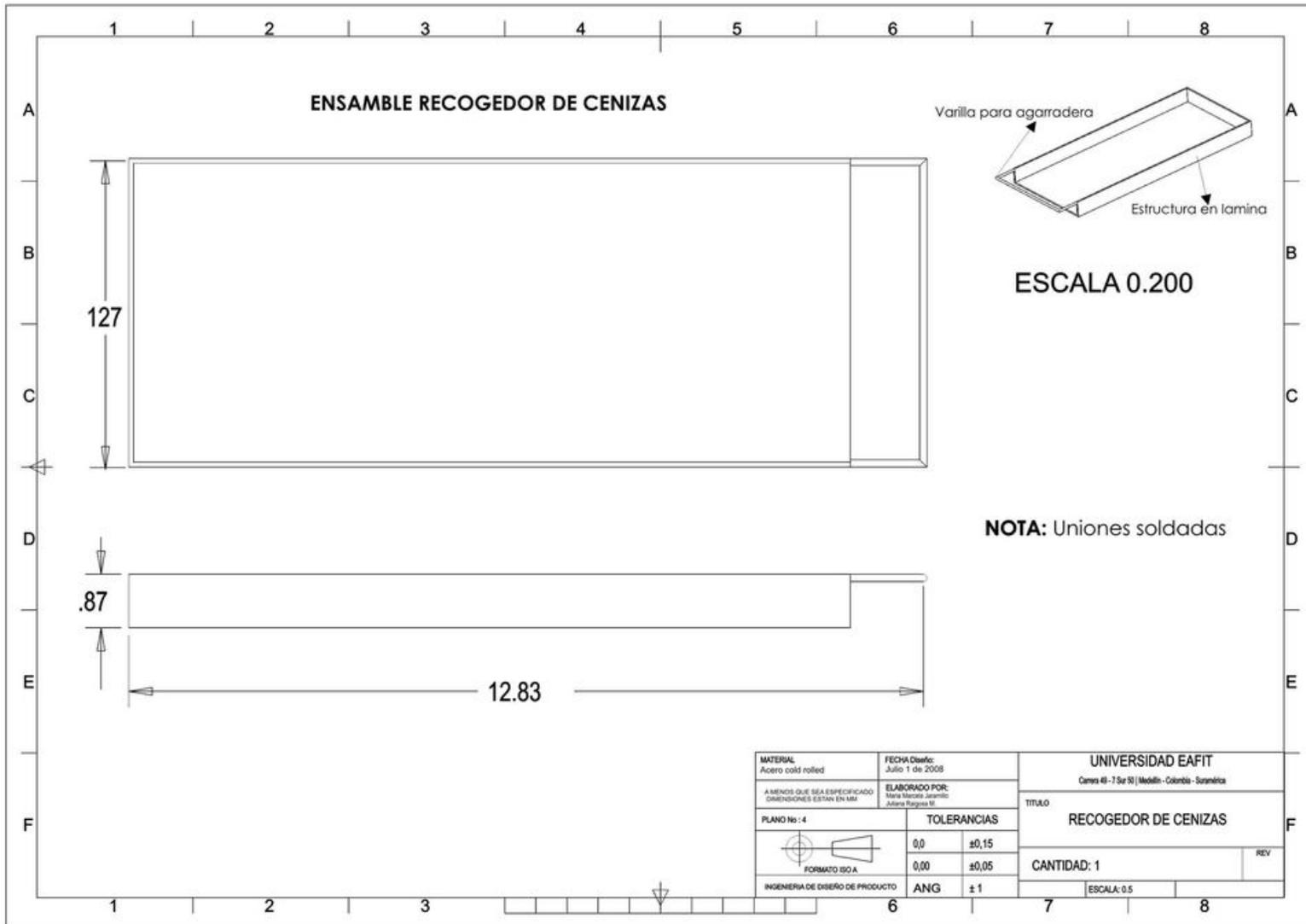
Planos técnicos para el producto

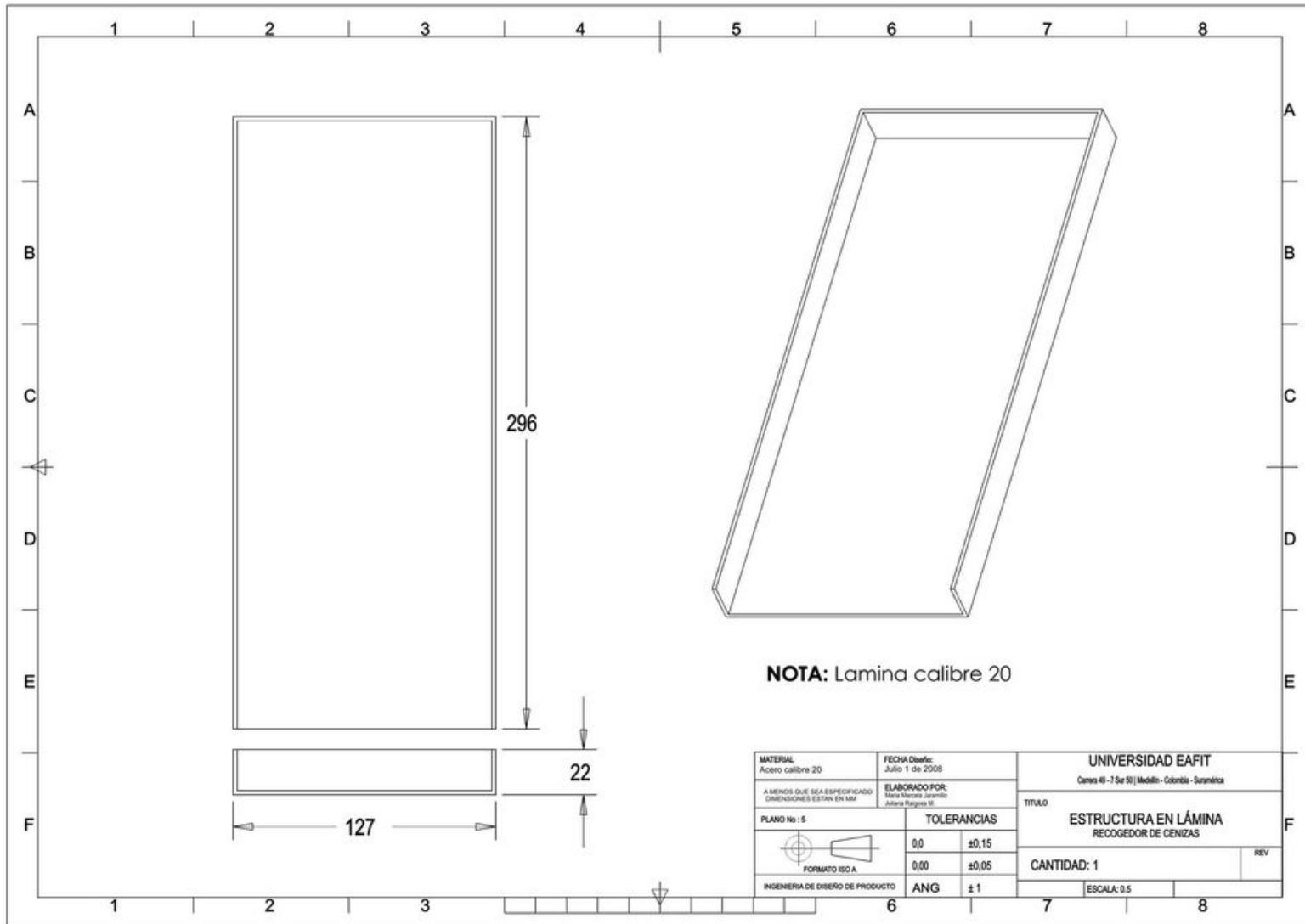


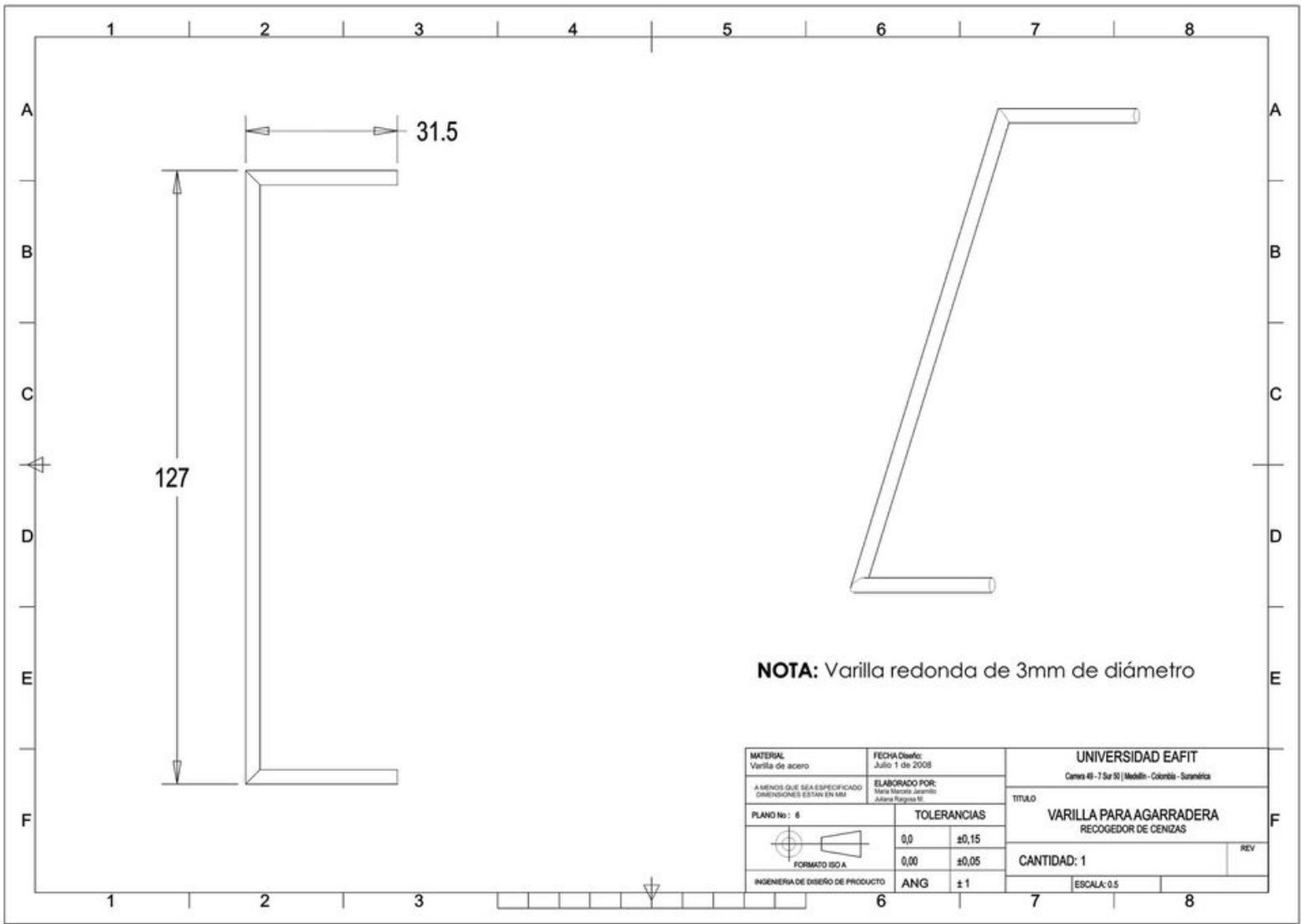
MATERIAL	FECHA Clavio: Julio 1 de 2008	UNIVERSIDAD EAFIT Carrera 40 - 7 Sur 90 Medellín - Colombia - Suramérica	
A MENOS QUE SEA ESPECIFICADO DIMENSIONES ESTAN EN MM	ELABORADO POR: Mara Marcela Jaramillo Juliana Riquelme M	TITULO	REV
PLANO No : 1	TOLERANCIAS	SICO	
 FORMATO ISO A	0,0 ±0,15	MEDIDAS GENERALES - COTAS VERTICALES	
INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO	0,00 ±0,05	CANTIDAD: 1	
	ANG ± 1	ESCALA: 0,5	

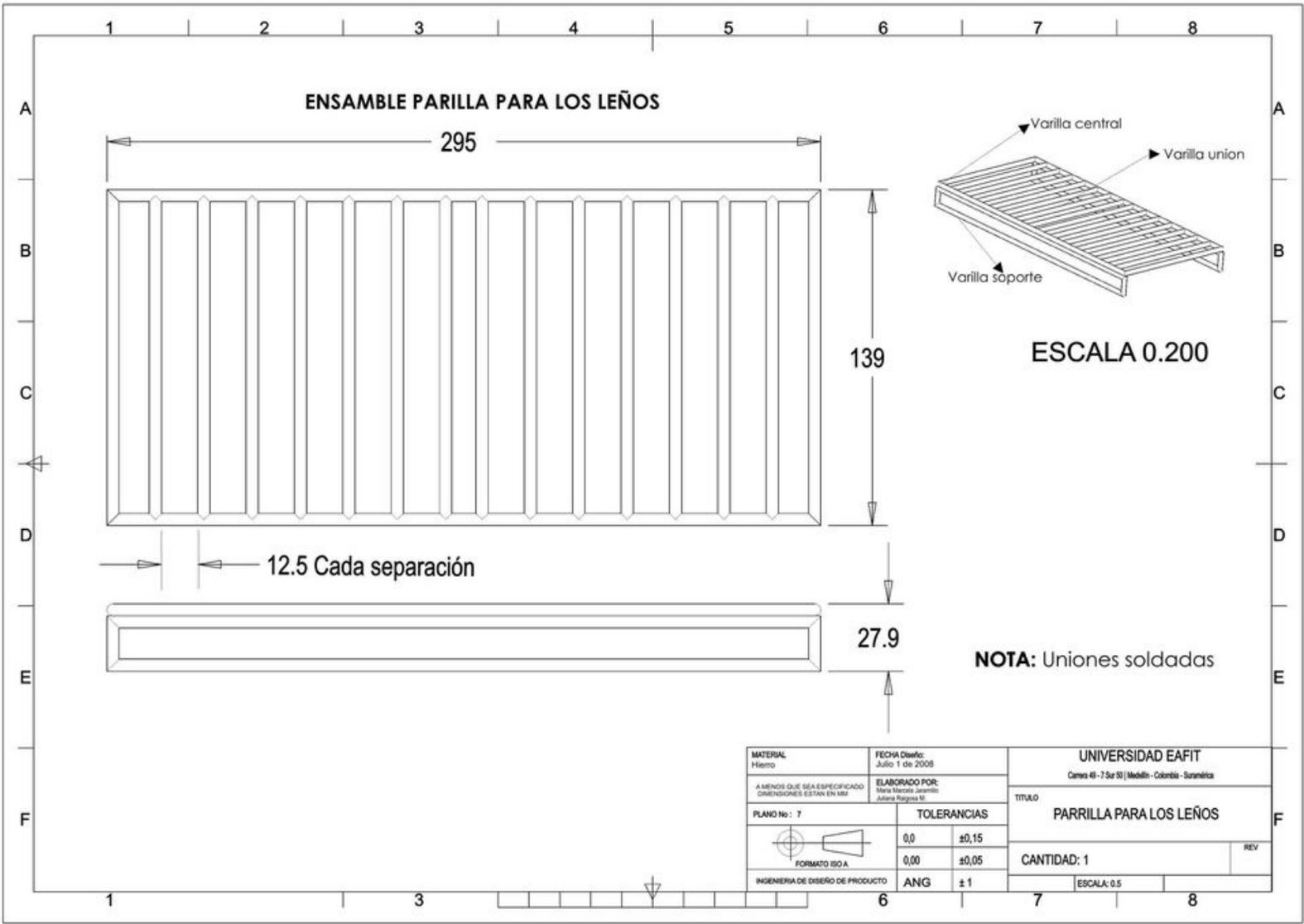


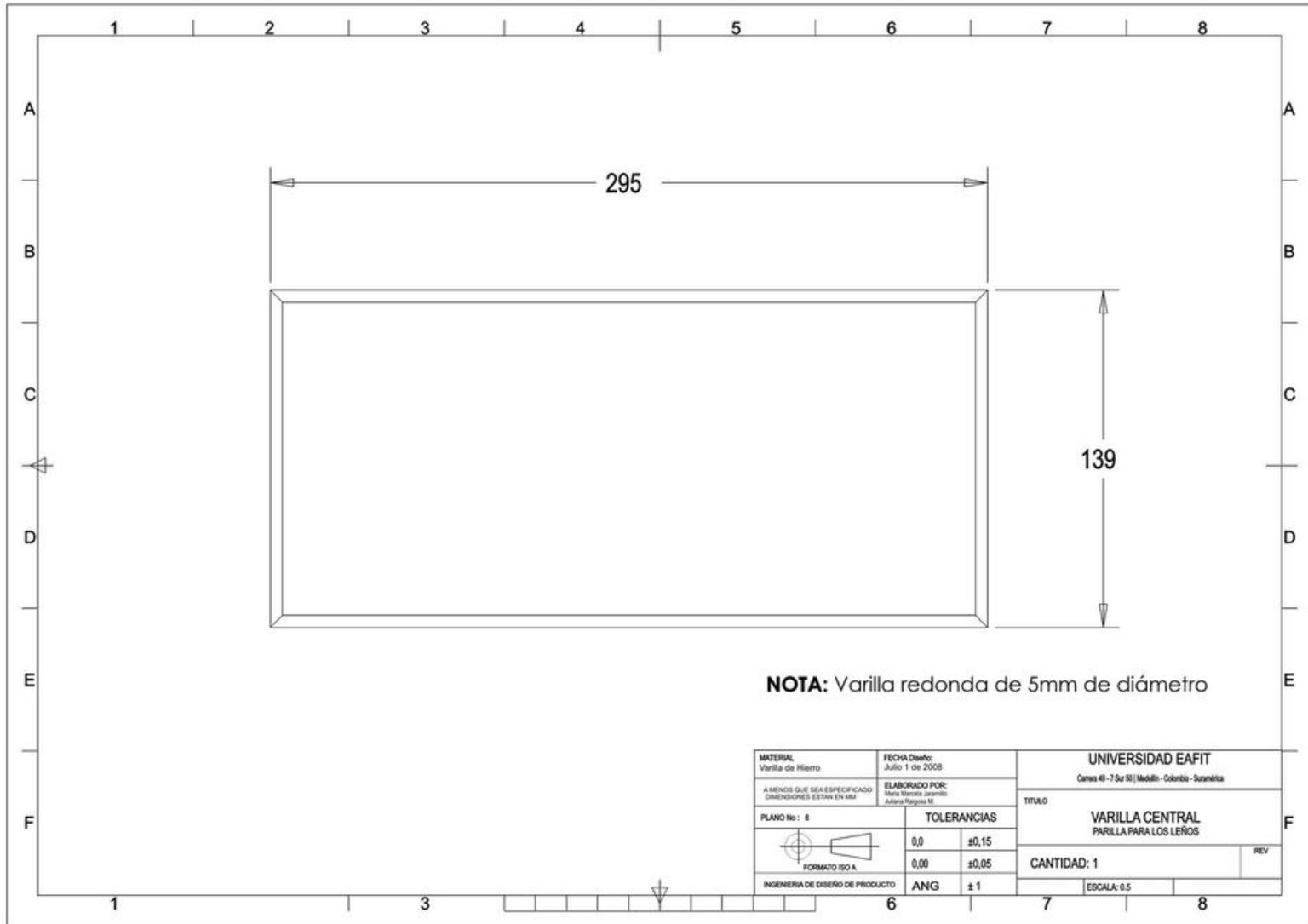


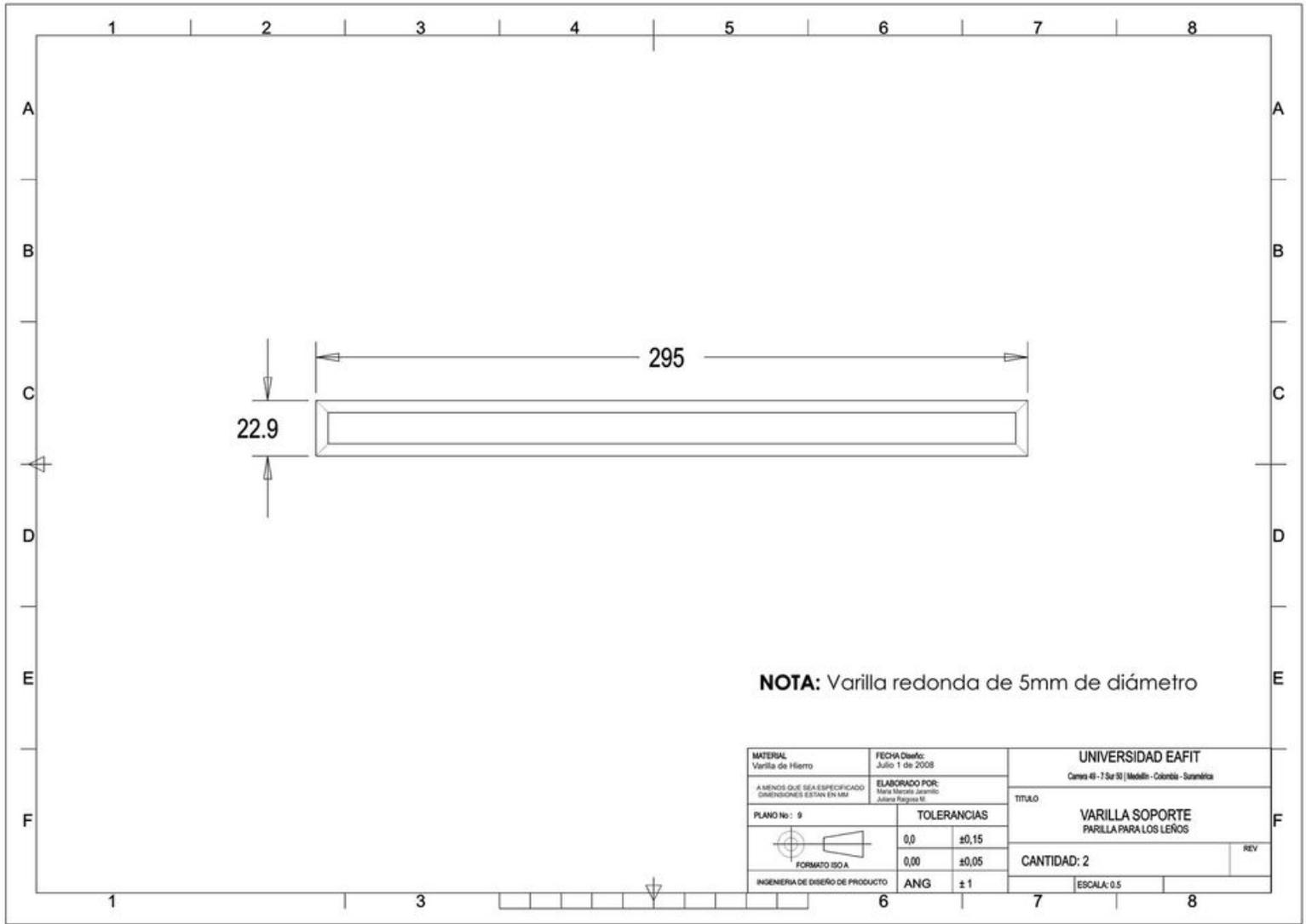


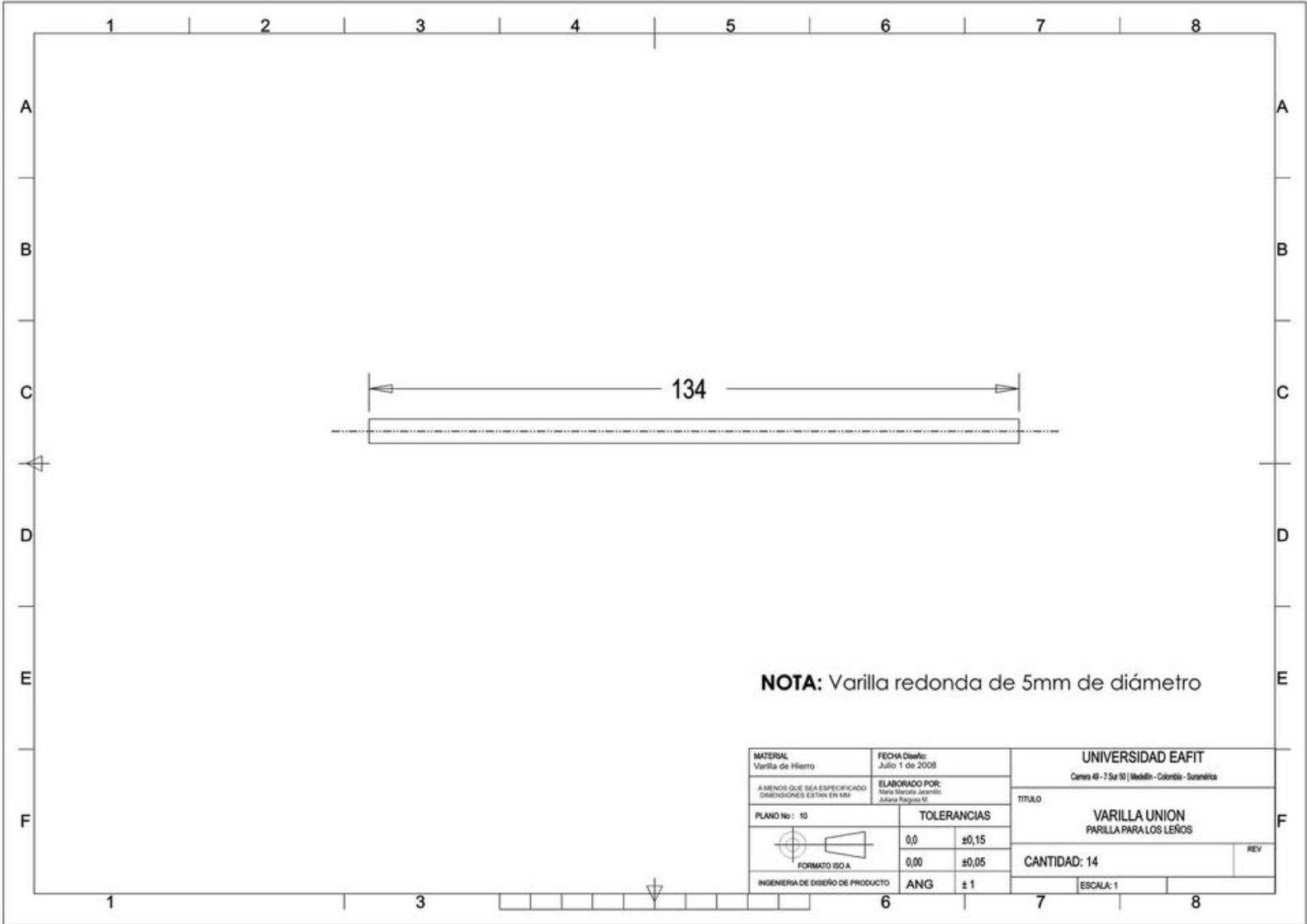


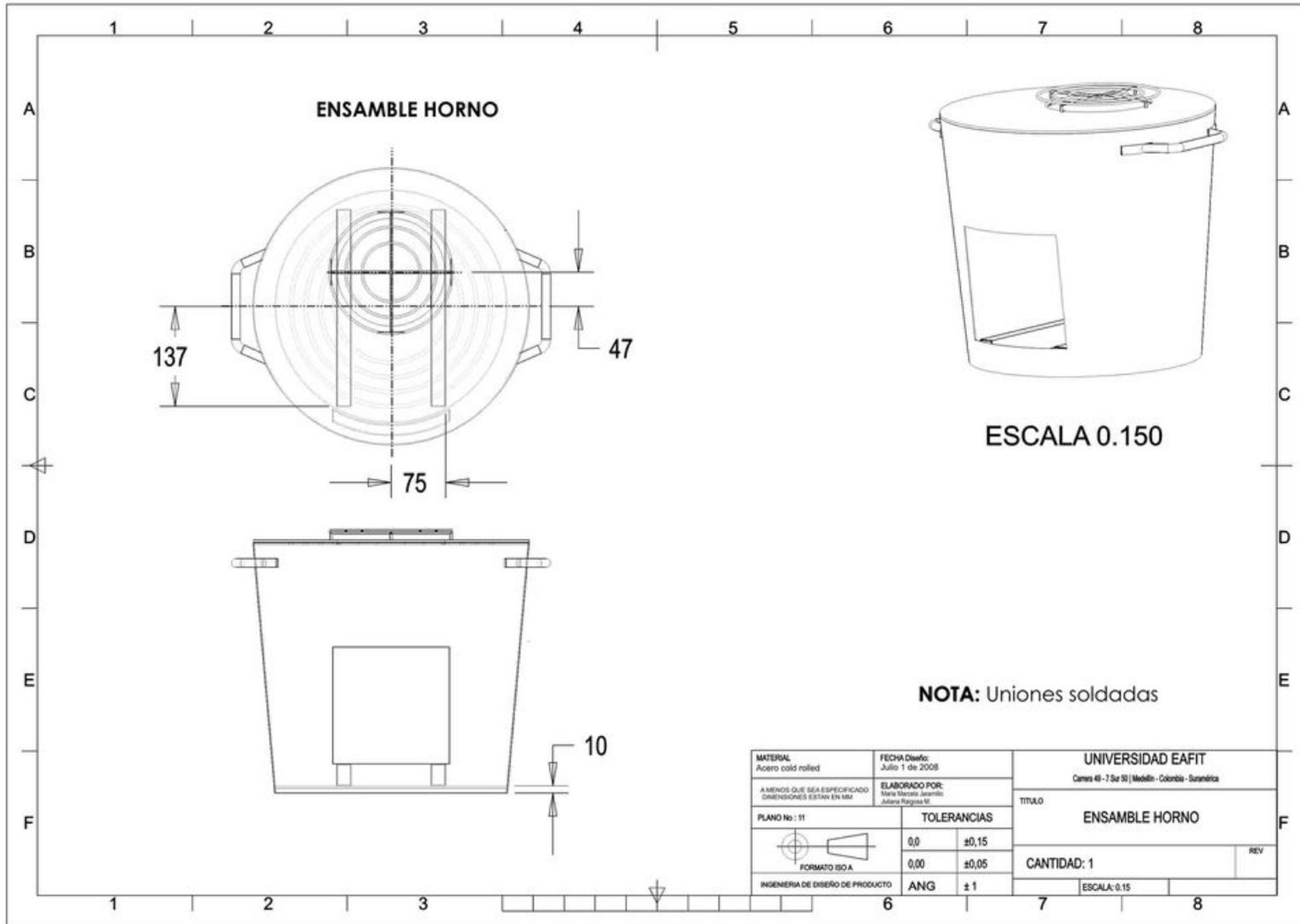


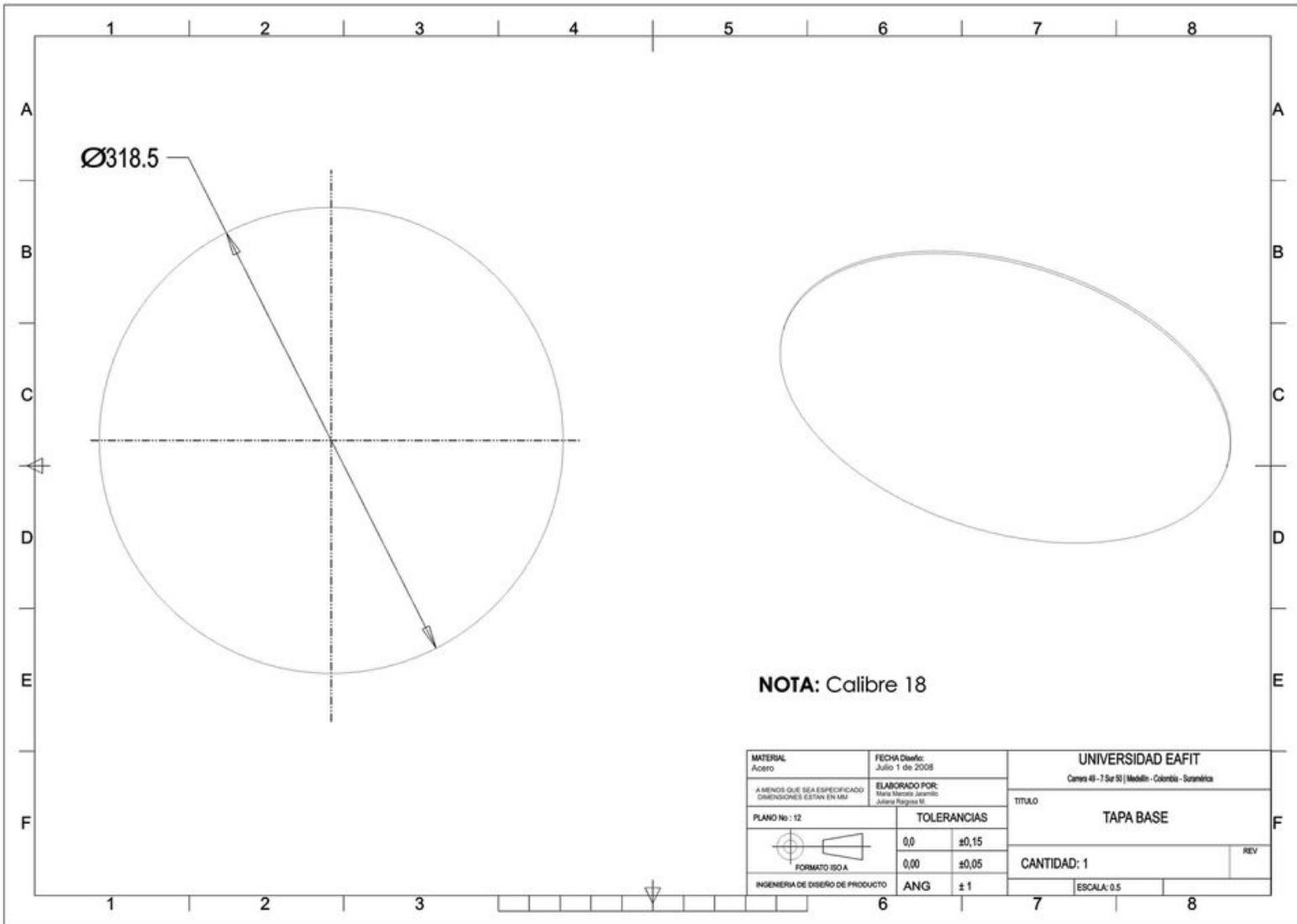


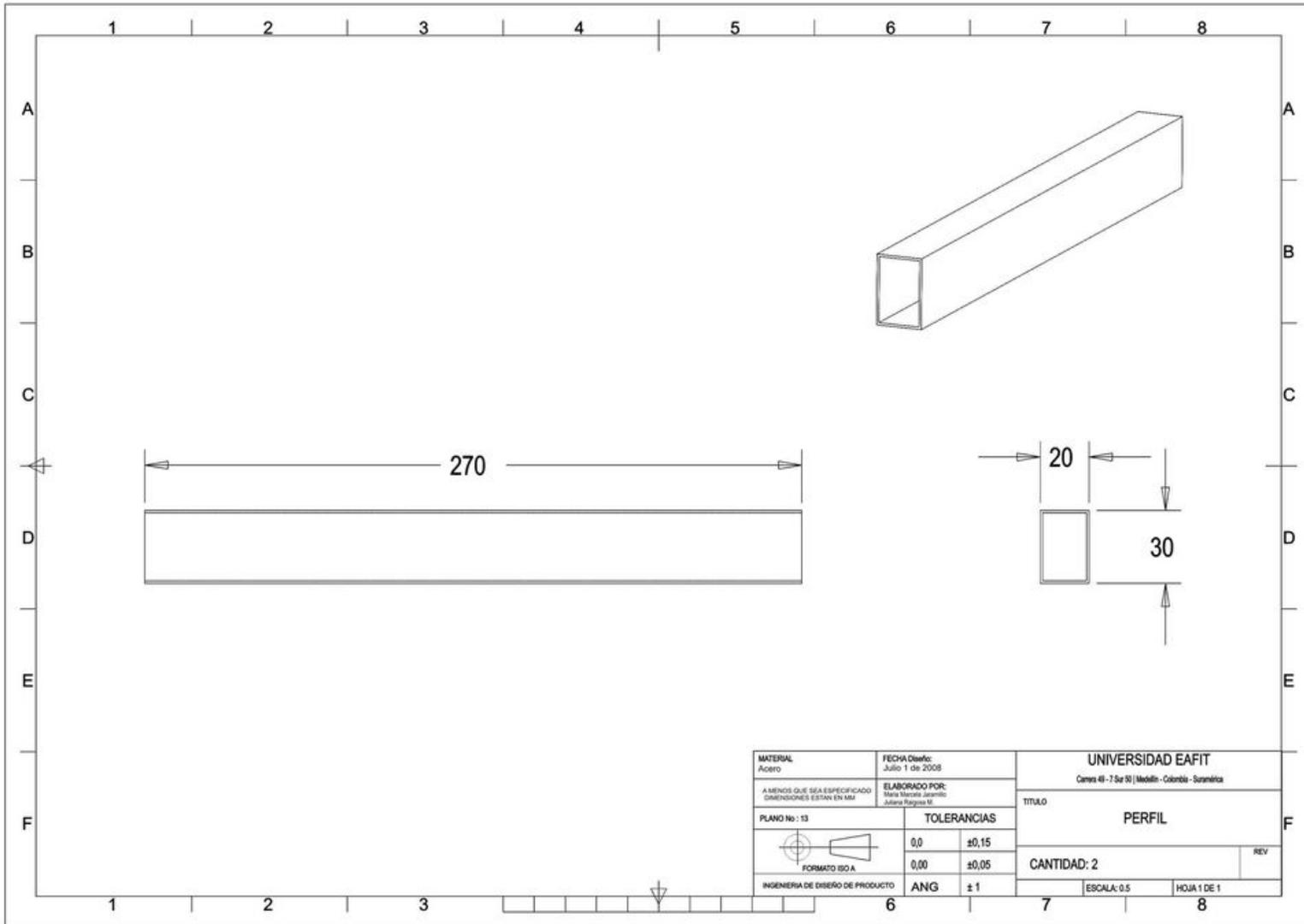


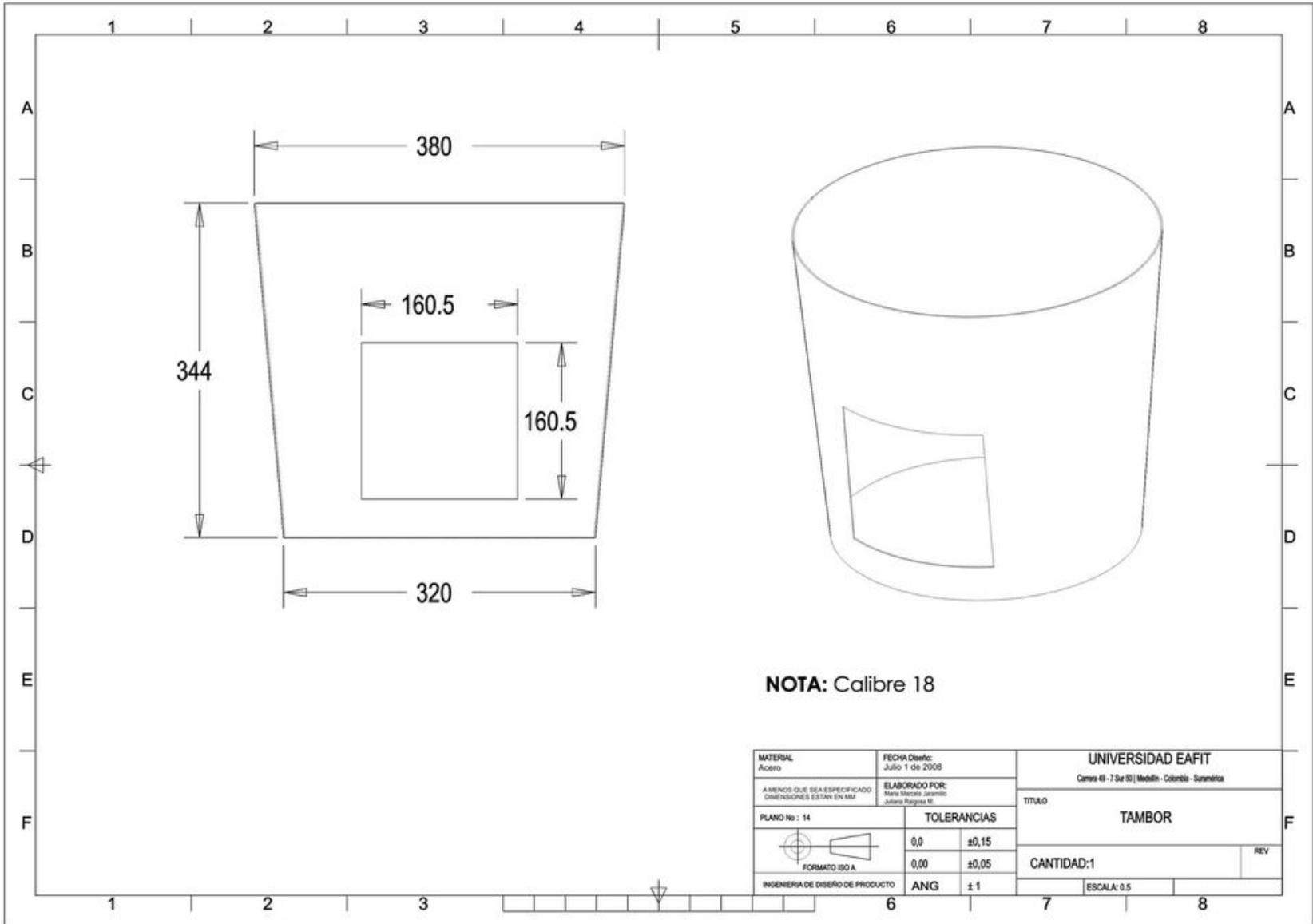


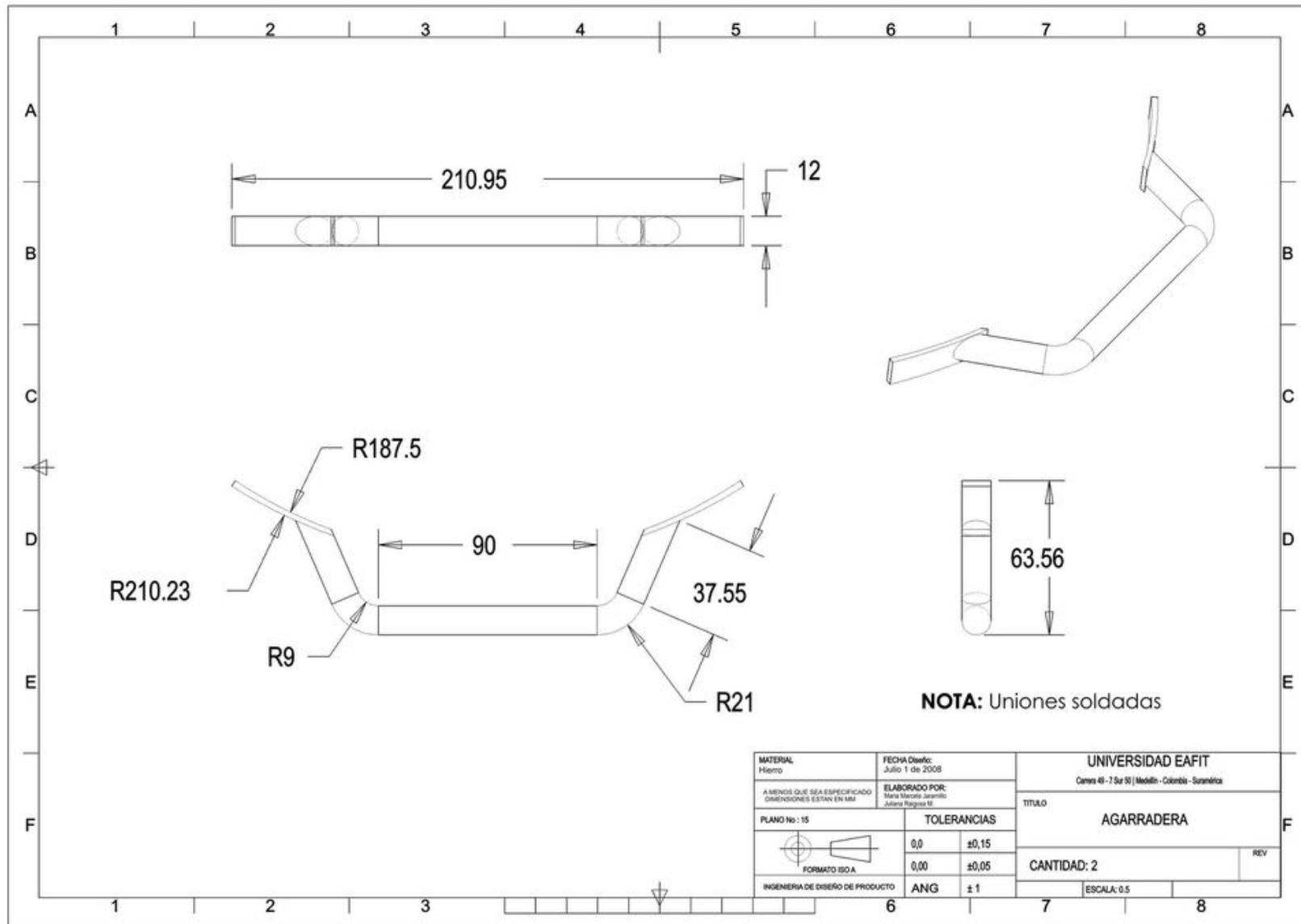


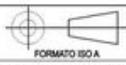


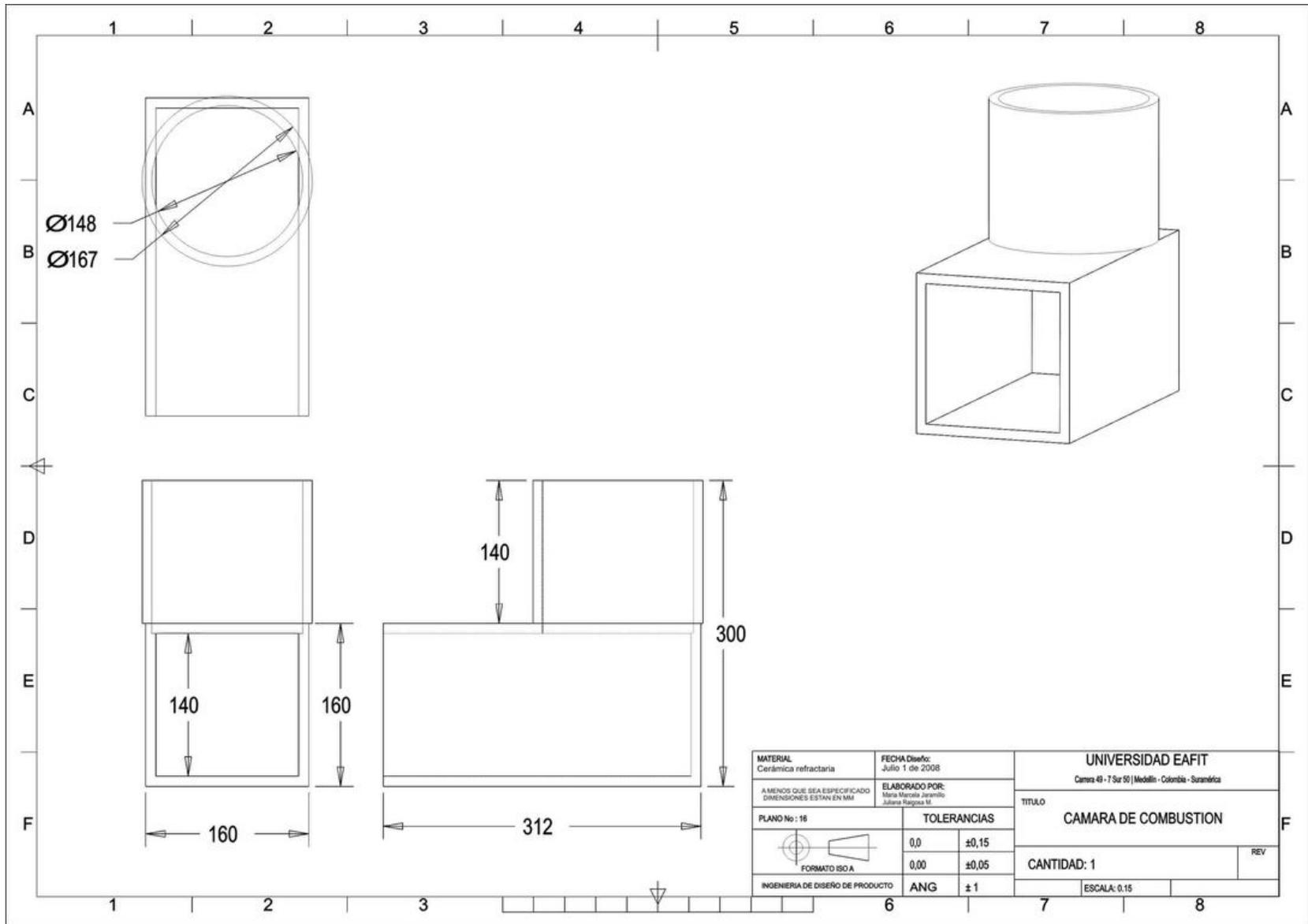


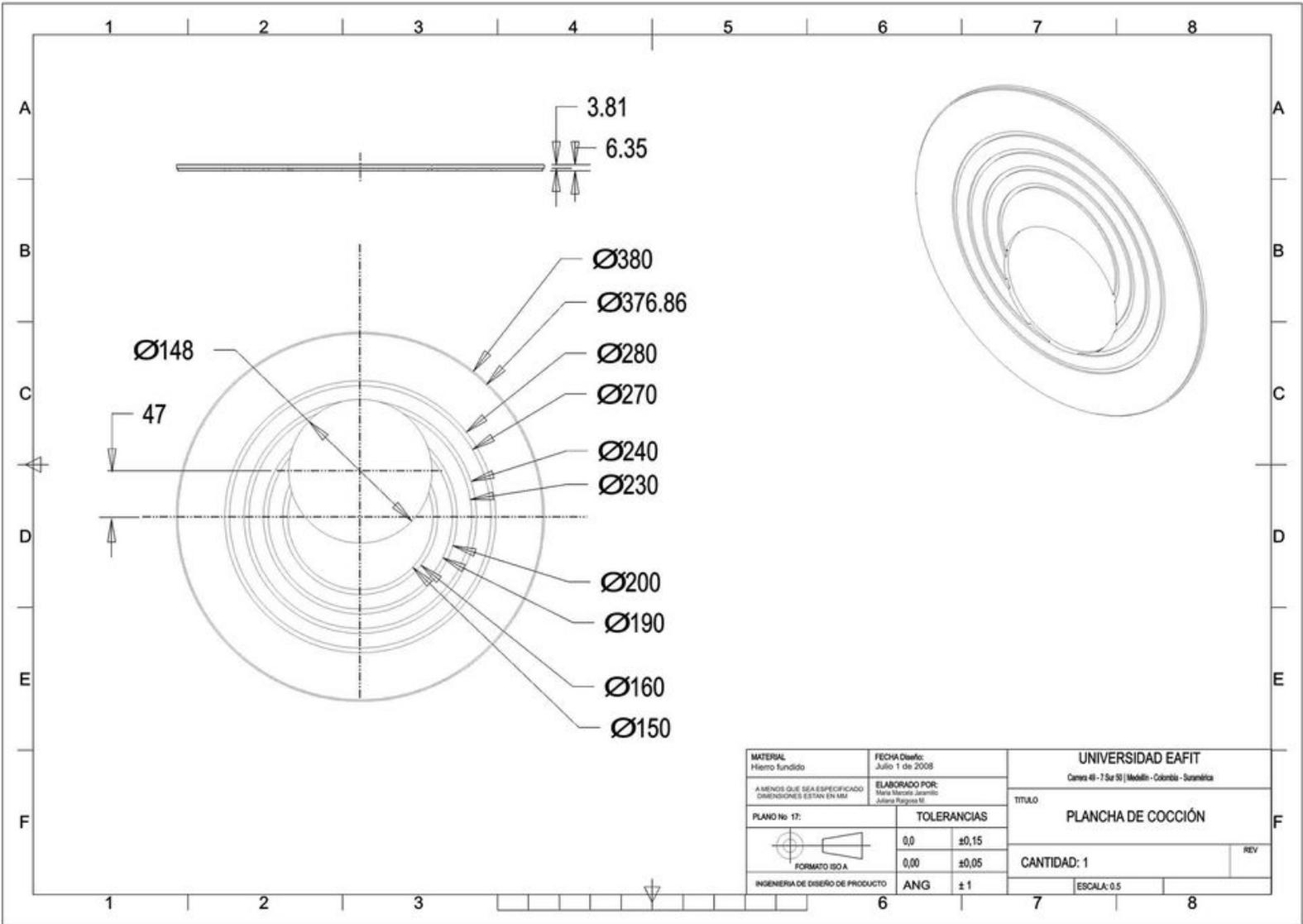


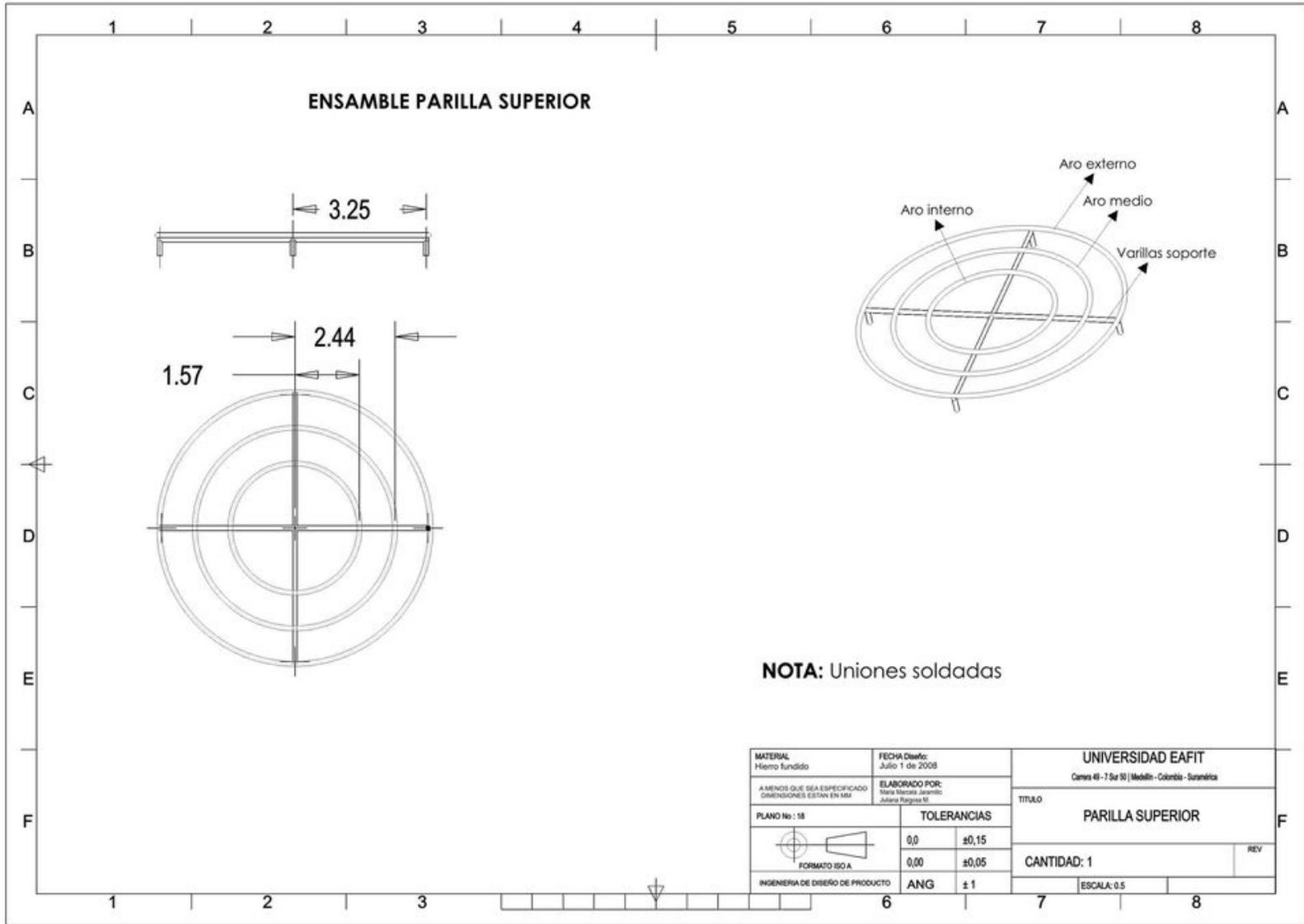


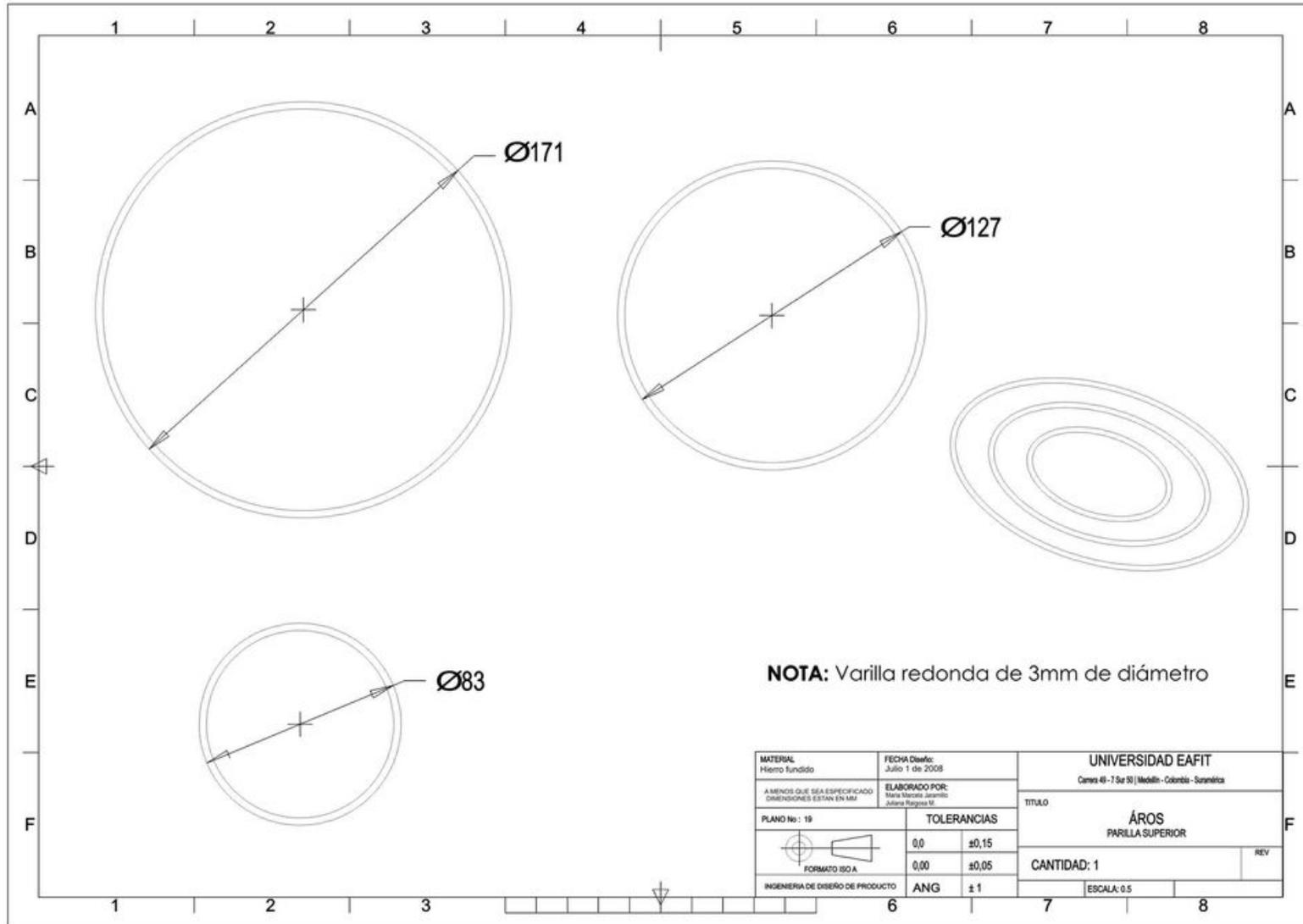


MATERIAL: Hierro	FECHA Diseño: Julio 1 de 2008	UNIVERSIDAD EAFIT Carrera 41 - 7 Sur 51 Medellín - Colombia - Suramérica	
A MENOS QUE SE A ESPECIFICADO DIMENSIONES ESTAN EN MM	ELABORADO POR: Marta Marcela Jaramillo Juliana Roldán M	TÍTULO AGARRADERA	
PLANO No: 15	TOLERANCIAS	CANTIDAD: 2	REV
	0,0 ±0,15		
INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO	0,00 ±0,05		
	ANG ± 1	ESCALA: 0.5	



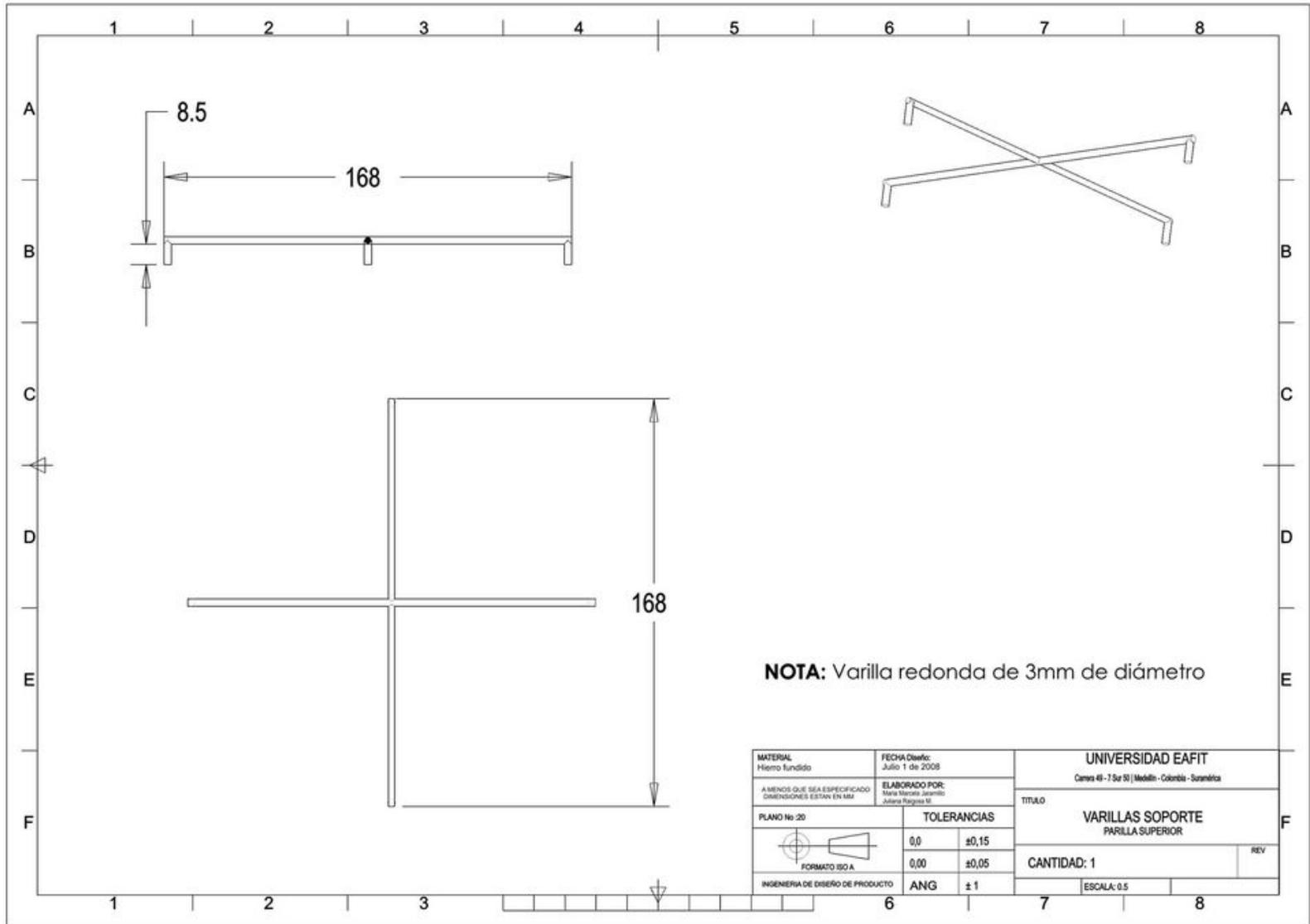


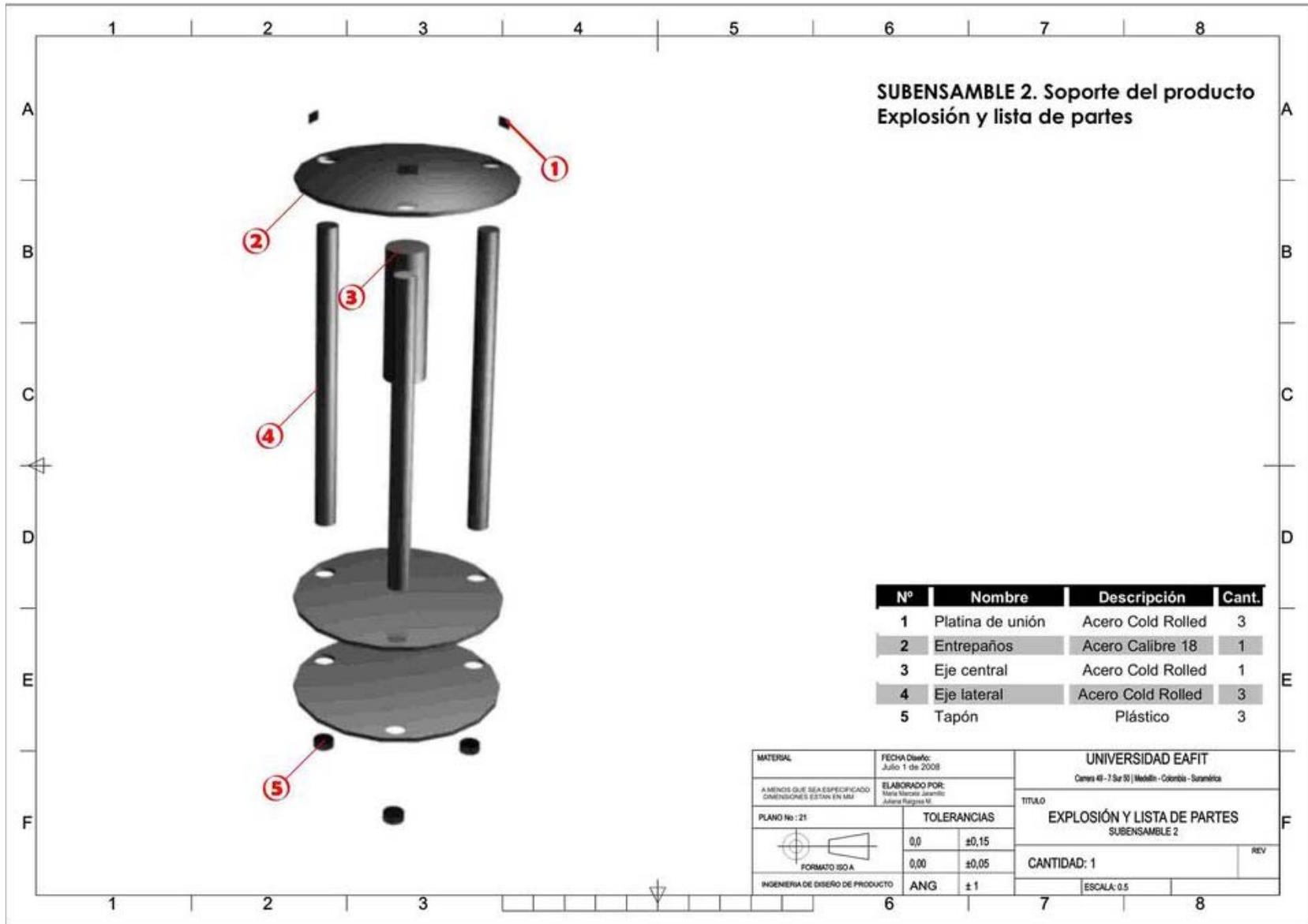


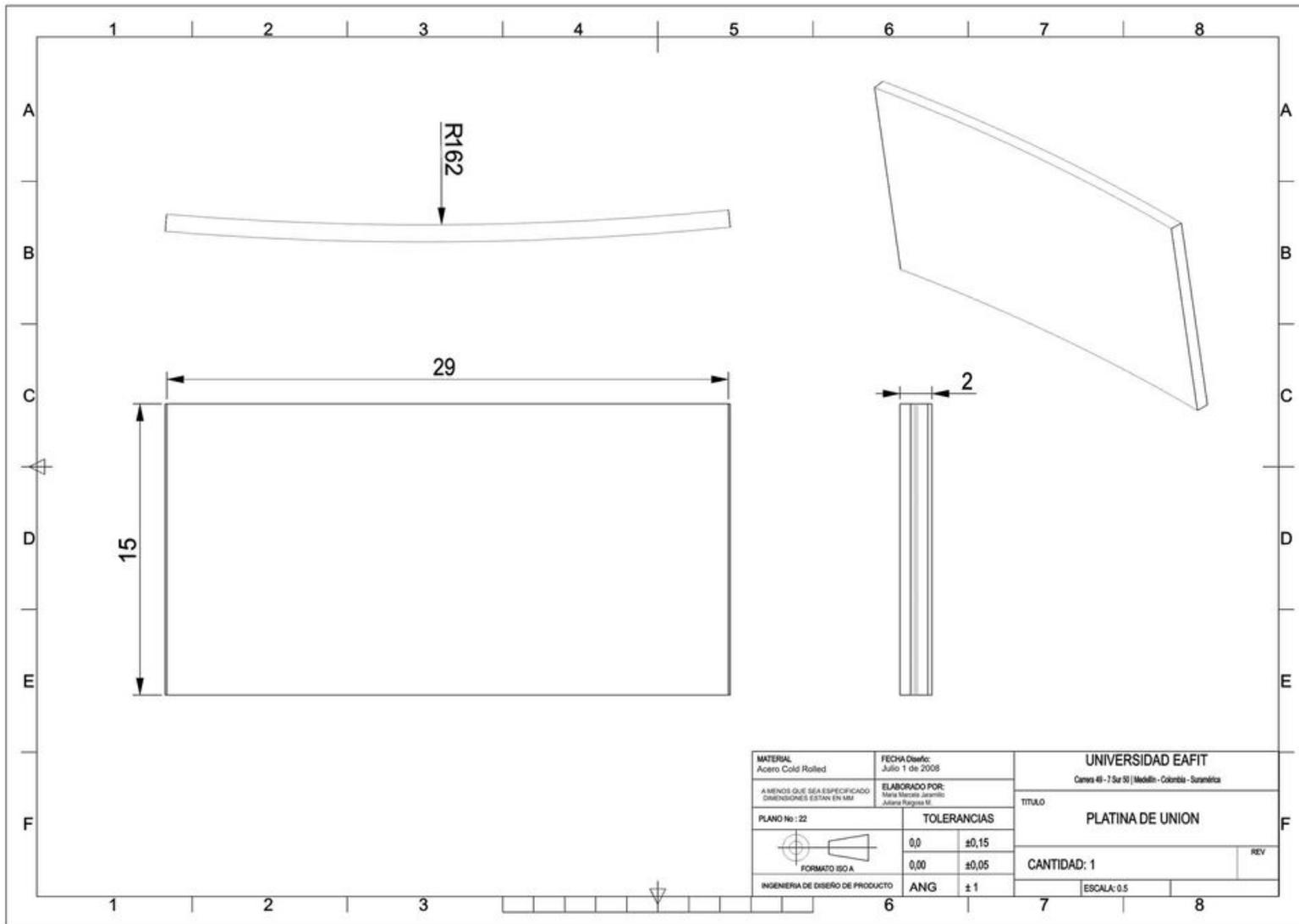


NOTA: Varilla redonda de 3mm de diámetro

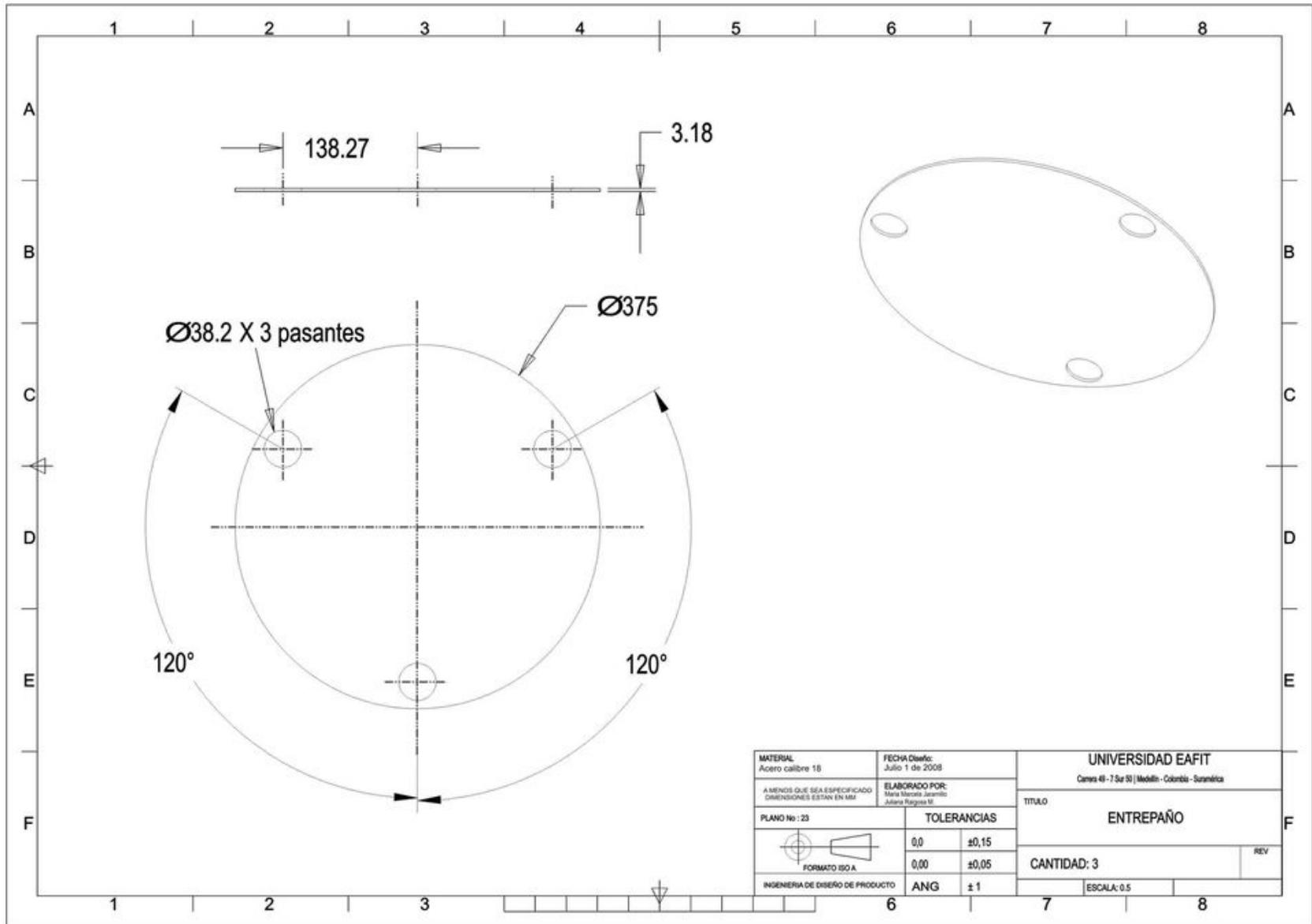
MATERIAL: Hierro fundido	FECHA Diseño: Julio 1 de 2008	UNIVERSIDAD EAFIT Carrera 48 - 7 Sur 50 Medellín - Colombia - Suramérica	
A MENOS QUE SE A ESPECIFICADO DIMENSIONES ESTÁN EN MM	ELABORADO POR: Marta Marcela Jiménez Juliana Rugeles M	TÍTULO ÁROS PARILLA SUPERIOR	
PLANO No: 19	TOLERANCIAS		CANTIDAD: 1
 FORMATO ISO A	0,0	±0,15	REV
INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO	0,00	±0,05	
	ANG	± 1	ESCALA: 0.5



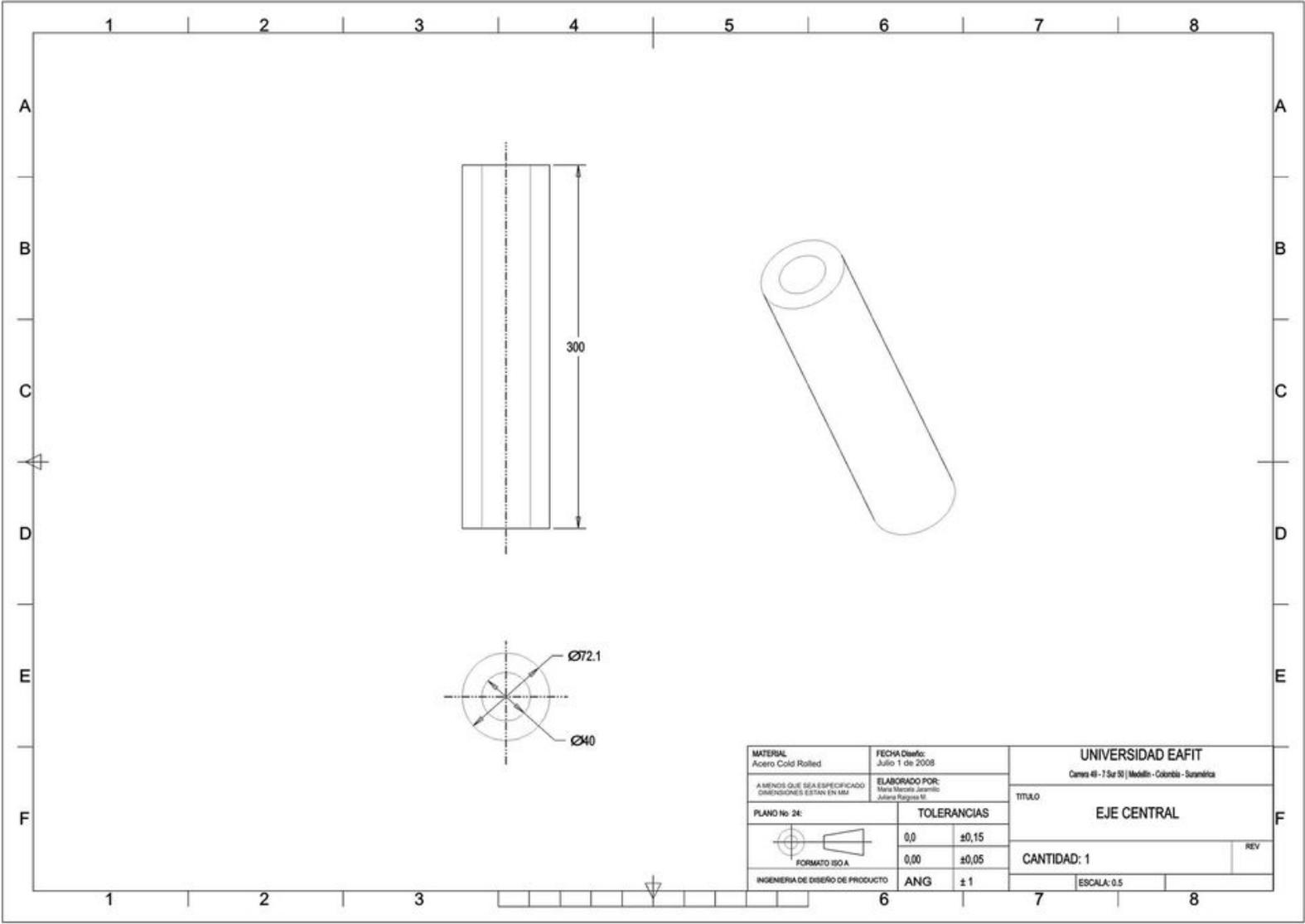




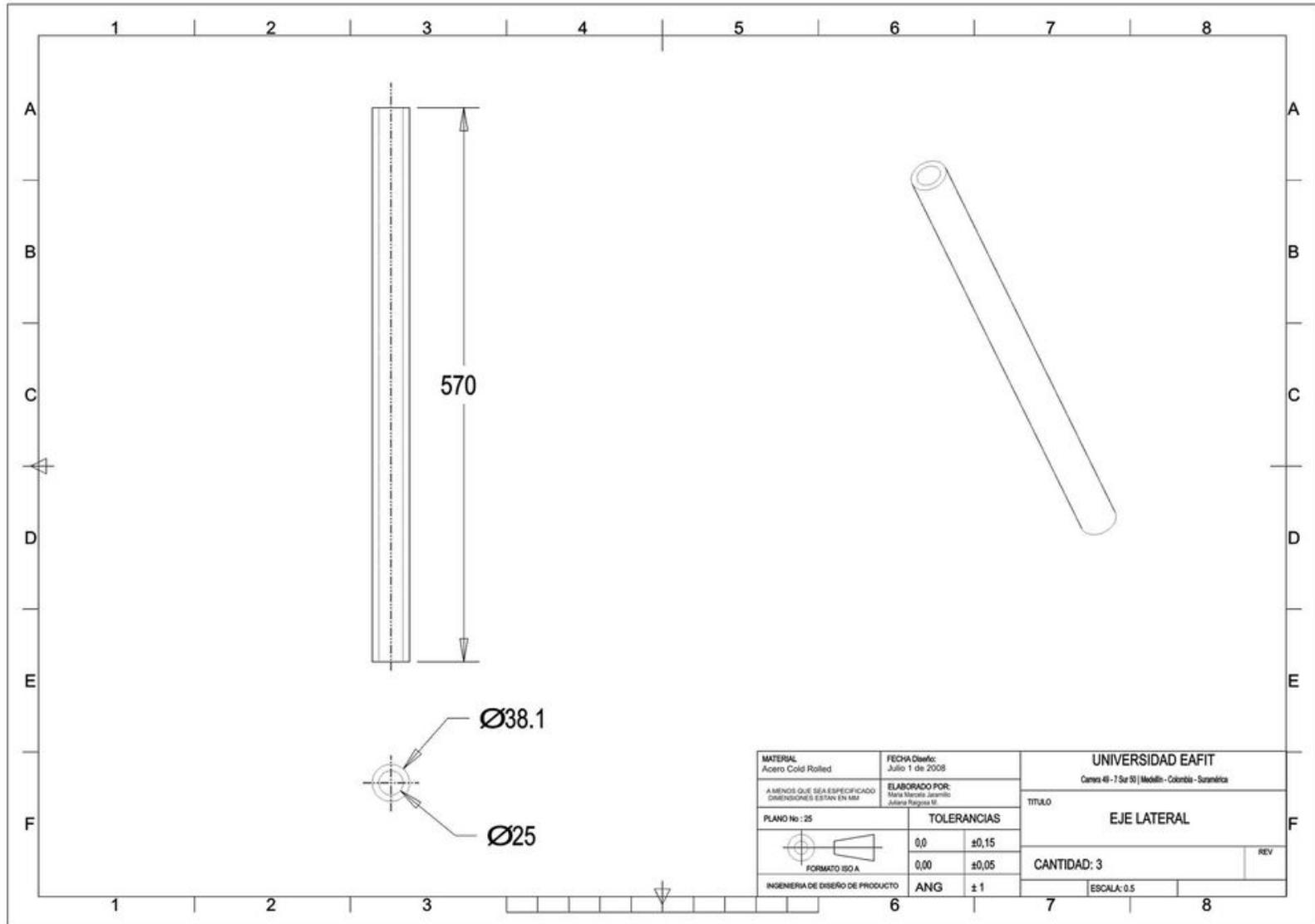
MATERIAL: Acero Cold Rolled	FECHA Diseño: Julio 1 de 2008	UNIVERSIDAD EAFIT Carrera 48 - 7 Sur 52 Medellín - Colombia - Suramérica	
A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE DIMENSIONES ESTAN EN MM	ELABORADO POR: María Victoria Jaramillo Juliana Rugeles SI	TÍTULO PLATINA DE UNION	
PLANO No : 22	TOLERANCIAS	CANTIDAD: 1	REV
 FORMATO ISO A	0,0 ±0,15 0,00 ±0,05 ANG ± 1	ESCALA: 0.5	
INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO			



MATERIAL Acero calibre 18		FECHA Diseño: Julio 1 de 2008		UNIVERSIDAD EAFIT Carrera 40 - 7 Sur 50 Medellín - Colombia - Suramérica	
A MENOS QUE SEA ESPECIFICADO DIMENSIONES ESTAN EN MM		ELABORADO POR: Maria Marcote Jaramillo Alvaro Rangelos M		TITULO ENTREPAÑO	
PLANO No: 23	FORMATO ISO A		TOLERANCIAS		
		0,0	±0,15		
		0,00	±0,05	CANTIDAD: 3	
INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO		ANG	± 1	ESCALA: 0.5	REV



MATERIAL Acero Cold Rolled		FECHA Clásico: Julio 1 de 2008		UNIVERSIDAD EAFIT Carrera 40 - 7 Sur 90 Medellín - Colombia - Suramérica	
A MENOS QUE SEA ESPECIFICADO DIMENSIONES ESTAN EN MM		ELABORADO POR: María Marcela Jaramillo Juliana Roldán M		TITULO EJE CENTRAL	
PLANO No 24:	TOLERANCIAS		CANTIDAD: 1		
 FORMATO ISO A INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO	0,0	±0,15	REV		
	0,00	±0,05			
	ANG	± 1	ESCALA: 0.5		



Anexo N.

Diseño de las pruebas de usuario (Userfit tool)

Las pruebas de usuario por medio de la herramienta Userfit tool permiten probar el producto con usuarios reales en un ambiente relativamente controlado. Generalmente el resultado de las pruebas es una lista de problemas que presenta el producto en la interacción con el usuario, la cual representa información valiosa para mejorar el aspecto de usabilidad del producto. Se pretende entonces hacer un acercamiento cualitativo, que no pretende dar validez numérica o estadística, tan solo exploratoria y descriptiva. (Userfit Methodology, 1996)

A continuación se desarrollan las fases que propone el documento de *Userfit tools*, que compone el documento guía para la realización exitosa de las pruebas.

1. Planeación

1.1. Objetivos

- Obtener una lista de problemas que den retroalimentación del producto diseñado desde la usabilidad del mismo.
- Encontrar criterios bases que confirmen el nivel de aceptación sobre el funcionamiento y el uso del producto.
- Realizar recomendaciones para un rediseño o mejora futura del producto.

1.2. Supervisión de la prueba

Administración: Juliana Raigosa M

Observación: Marcela Jaramillo

1.3. Número de usuarios

Debido al alcance del proyecto, la lejanía de las zonas que se encuentran sin red eléctrica y el tiempo que se dispone para el proyecto, el número de usuarios será de tres (3) personas, de esta manera se podrá viajar al lugar, realizar las pruebas y volver el mismo día.

1.4. Descripción del procedimiento

La siguiente es una guía para el administrador de la prueba que consiste en describir la secuencia de las tareas que se deben realizar, cuando se pregunta, como se realiza la observación, entre otras.

1. Realización de 1 o 2 pruebas piloto por parte de los administradores de la prueba, de esta manera se confirma el buen funcionamiento del producto.
2. Adecuar el montaje para la prueba en el lugar de la casa del usuario donde se realice la labor de cocinar.
3. Disponer todo el material que requiera el usuario para realizar las tareas de uso del producto (material descrito en el numeral 2).
4. Una vez esté dispuesto el montaje y el material requerido por el usuario, se procede a dar las instrucciones y demostraciones necesarias al usuario para el uso correcto del producto (numeral 2.4). Debe confirmarse con el usuario si ha entendido las instrucciones dadas. En este paso el observador debe tomar nota y grabar las reacciones del usuario cuando el producto es explicado, en caso que éste exprese dificultades en el entendimiento o por el contrario entienda perfectamente de que se trata.
5. Debido a que el usuario posee experiencia en el uso de fogones de leña, se le plantea un escenario similar al que viven día a día en sus hogares, y de esta manera se introduce a la persona en la realización de la prueba.
6. Luego se da inicio a la prueba, que como se ve en el numeral 2, está compuesta por varias sub-tareas dentro de una general que es calentar una olla con agua, realizando todos los pasos necesarios para lograr este fin. De esta manera, el observador debe grabar desde el instante que el usuario inicia a generar el fuego hasta que el agua comienza a hervir.
7. El administrador de la prueba debe tomar el tiempo de cuanto le toma al usuario realizar cada una de las tareas. Este paso requiere mucha concentración, ya que no existe ningún intervalo de tiempo entre las tareas que realiza el usuario. Así mismo debe tomar nota de lo que exprese el usuario mientras está realizando una tarea. Toda esta información debe ser contenida en el formato de observación (ver tabla 1)
8. Finalmente y cuando la prueba termina, se realizan algunas preguntas en una entrevista corta con el usuario. (Ver entrevista en el numeral 2.5). Donde se

verifican reacciones y acciones vistas durante la prueba, se confirman dificultades y ventajas encontradas en el producto)

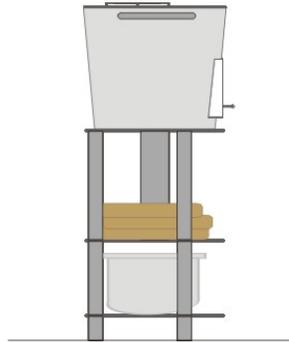
9. Se da por finalizada la prueba y se agradece al usuario por haber participado. Si es posible, se puede ofrecer algún obsequio como agradecimiento.

2. Material para la prueba

2.1. Montaje y recursos

El material que se requiere para la realización de la prueba es el modelo funcional terminado y con acabados, 1 kg de leña, una olla imusa sancochera, encendedor. La figura 1, muestra cómo debe estar dispuesto el producto y el material requerido.

Figura 1. Montaje para las pruebas



Fuente. Elaboración propia

2.2. Tareas

La prueba consiste en una tarea básica que es hacer que el usuario use el producto para lograr hervir una olla con agua (o bien hacer una *agua panela* tradicional). Dentro de esta tarea fundamental existen unas sub-tareas que son aquellos pasos en los que por la definición del proyecto, y por las ventajas que ofrece según las especificaciones del producto, deben ser enfatizadas y puestas a prueba. Estas acciones o sub-tareas son:

1. Toma de la leña, ubicación
2. Encender la leña
3. Manejo y disposición de la leña mientras se quema
4. Tiempo total de calentamiento
5. Apagado del sistema
6. Recolección de cenizas y limpieza

2.3. Escenarios

El escenario que se propone para el usuario es el siguiente:

“Imagine que en lugar de su fogón de leña tradicional, va a realizar sus labores de cocción en este nuevo fogón. Realice las mismas acciones que ha realizado para cocinar en su rutina diaria”

2.4. Instrucciones y demostraciones

Una vez dispuesto el montaje (figura 1) y los materiales se dan las siguientes pautas al usuario, en el momento en que el administrador de la prueba está dando las instrucciones al usuario, se realizan demostraciones con la parte del producto que está siendo explicada. Durante este proceso el observador debe tomar nota de las reacciones o expresiones del usuario al ver el funcionamiento del producto. Además se realiza una breve descripción del producto, sus fortalezas y ventajas con respecto a los fogones de leña tradicionales.

Instrucciones

1. Tomar la leña almacenada en el soporte del sistema de cocción.
2. Ubicar la leña en la parrilla dispuesta para la misma
3. Tomar la olla también almacenada en el soporte y llenarla con agua.
4. Ubicar en la parrilla la olla con agua
5. Encender o iniciar el fuego con ayuda del encendedor y algún comburente como alcohol.
6. Si es necesario, agregar más madera o redistribuir los leños para aumentar la potencia de la llama.
7. Revisar constantemente el agua o *agua panela* que se está calentando.
Revolver
8. Cuando se vea el agua hirviendo se procede a apagar la leña.
9. Por último se retiran las cenizas por medio del recogedor de cenizas.

Además de estos pasos podrían necesitarse algunas otras demostraciones del producto como:

- Como quitar la plancha para limpieza, y el uso de la parte de la plancha donde no está la parrilla (para mantener alimentos calientes)

- Mostrar que la parte superior (horno) es independiente del soporte, y así mismo posee un aspecto modular que permite el uso y la compra independiente del soporte.
- Como quitar la parrilla para la madera, y como el recogedor de cenizas facilita la limpieza.

2.5. Entrevistas

Como se explico en el numeral 1.4 de procedimiento, luego de terminar la prueba, se realizan algunas preguntas sencillas para comprobar las reacciones e impresiones del usuario. La siguiente es una guía de preguntas para ayudar al administrador de la prueba. El observador debe grabar toda la entrevista.

- Tomar los datos personales del usuario. Además de que labores desempeña en el hogar.
- ¿Cuántos años de experiencia tiene cocinando en fogones de leña?
- ¿Qué le gusta de los fogones de leña tradicionales?
- ¿Cuál es su primera impresión al ver este nuevo y mejorado horno?
- ¿Qué dificultades tuvo durante su uso?
- ¿Qué ventajas o comodidades encontró mientras lo usaba?
- ¿Que mejoraría o cambiaria del producto o de sus partes?
- ¿Usaría el producto en sus labores cotidianas?
- ¿Estaría dispuesto a pagar entre 40 y 60mil pesos por este producto?

2.6. Formato de observación

El siguiente formato es una ayuda para incluir toda la información durante la realización de la tarea. Se llena un formato por tarea y luego estos formatos se convierten en la entrada de información en el análisis de datos. (Numeral 4)

Tabla 1. Formato de observación

Producto	
Fecha de la prueba	
Hora	
Nombre del administrador	
Nombre del observador	

# y Nombre de la tarea	
------------------------	--

Tiempo	Descripción Del problema	Comportamiento Del usuario	Comentario del usuario (prueba)	Comentario del usuario (entrevista)

Fuente. Elaboración propia

3. Prueba

La prueba se realizó el domingo 27 de julio del 2008, en la vereda el *Abreo* en Rionegro. Este lugar fue elegido debido a que era más cercano, lo que facilitaba la realización de las pruebas en un día. En este lugar se encontró uno de los contextos de los que se habló en la visita de campo en el capítulo 3, observación. Se trata de casas que poseen conexión a la red eléctrica, pero cocinan con leña por que no pueden pagar la luz o el gas, o porque les gusta y prefieren hacerlo en sus fogones tradicionales. Las figuras 2, 3 y 4 muestran las fotos de las 3 casa visitadas donde se llevaron a cabo las pruebas de usuario.

En estas casas 3, las personas se mostraron muy solidarias para realizar las pruebas del horno mejorado de leña.

Posteriormente en las tablas del numeral 4, resultados, se encuentra contenidos el registro escrito, tanto de la observación como de la formulación de preguntas.

La figura 5, recopila algunas de las imágenes más importantes tomadas durante la realización de las pruebas, en ella se observa al usuario desempeñando cada una de las tareas diseñadas para la prueba.

Figura 2. Fotos de la casa 1



Fuente. Elaboración propia

Figura 3. Fotos de la casa 2



Fuente. Elaboración propia

Figura 4. Fotos de la casa 3



Fuente. Elaboración propia

Figura 4. Tareas realizadas por los usuarios



Fuente. Elaboración propia

4. Resultados

TABLA 1.1 USUARIO 1

Producto	SICO – Sistema de cocción y calefacción
Fecha de la prueba	Julio 27
Hora	2: 30 pm
Nombre del administrador	Juliana Raigosa M
Nombre del observador	Marcela Jaramillo
# y Nombre de la tarea	1. Toma de la leña, ubicación

Tiempo	Descripción de la acción	Comportamiento Del usuario	Comentario del usuario (prueba)
0 seg	Poca confianza en poder usar el horno	Pregunta si podía realmente usar el horno	<i>¿Puedo prender candela ahí?</i>
15 seg	Busca un elemento que no es leña en otro lugar de la casa para ponerlo entre la madera (Chócolo seco)	Luego de la explicación del funcionamiento se siente confiada a usarlo	-----
20 seg	Parte la leña que ya tenía en pedazos más pequeños y los acomoda en la cámara. Se inclina de manera incorrecta para introducir los pedazos más adentro.	Parece sorprendida por la poca madera que puso	<i>“Es como pequeñito el hueco, no?”</i>

TABLA 1.2 USUARIO 1

Producto	SICO – Sistema de cocción y calefacción
Fecha de la prueba	Julio 27
Hora	2.30 pm
Nombre del administrador	Juliana Raigosa M
Nombre del observador	Marcela Jaramillo
# y Nombre de la tarea	2. Encender la leña

Tiempo	Descripción de la acción	Comportamiento Del usuario	Comentario del usuario (prueba)
41 seg	Toma el chόcolo seco y lo moja con gasolina	Se muestra confiada y cόmoda usando el horno	-----
1 min	Toma luego un papel el cual quema y lo mete en la boca de la cάmara. El fuego inicia inmediatamente	-----	-----

TABLA 1.3 USUARIO 1

Producto	SICO – Sistema de cocción y calefacción
Fecha de la prueba	Julio 27
Hora	2:30 pm
Nombre del administrador	Juliana Raigosa M
Nombre del observador	Marcela Jaramillo
# y Nombre de la tarea	3. Manejo y disposici3n de la leña mientras se quema

Tiempo	Descripci3n de la acci3n	Comportamiento Del usuario	Comentario del usuario (prueba)
1.47 min	Agrega madera una vez estable la llama que	Pone mucha madera, hasta colmar la boca de la cάmara, deja poco espacio para el aire. (PROBLEMA)	----

	inicio.		
2.10	Quema de la madera.	El usuario se va cuando ve que el fuego toma fuerza.	-----
7.31	Revisa cómo va el agua panela	El usuario vuelve a revisar cómo va el proceso, y mete un poco más de leña. También toca el tambor y se sorprende al ver que no se quema.	<i>“Se tiene que meter leña muy menuda” “Ve, y esto no se calienta”</i>

TABLA 1.4 USUARIO 1

Producto	SICO – Sistema de cocción y calefacción
Fecha de la prueba	Julio 27
Hora	2.30 pm
Nombre del administrador	Juliana Raigosa M
Nombre del observador	Marcela Jaramillo
# y Nombre de la tarea	4. Tiempo total de calentamiento

Tiempo	Descripción de la acción	Comportamiento Del usuario	Comentario del usuario (prueba)
12.12	La agua panela hirvió	Se sorprende al ver la poca leña que necesito para calentar la olla con agua panela.	<i>“Si le hubiéramos puesto tapa, hubiera hervido más rápido, de todas maneras hirvió rápido pa’ ser así sin la tapa”</i>
13 min	Retira la agua panela	Cuando se acerca a la olla toca con precaución la plancha para ver lo caliente que esta.	<i>“Pues uno si puede asar arepas ahí porque se calienta mucho, pero no se ahumaran?”</i>

TABLA 1.5 USUARIO 1

Producto	SICO – Sistema de cocción y calefacción
Fecha de la prueba	Julio 27
Hora	2:30 pm
Nombre del administrador	Juliana Raigosa M
Nombre del observador	Marcela Jaramillo
# y Nombre de la tarea	5. Apagado del sistema

Tiempo	Descripción de la acción	Comportamiento Del usuario	Comentario del usuario (prueba)
14 min	Apaga el sistema retirando la leña que aún queda.	Cuando va a sacar la leña intenta sacar la parrilla pero se da cuenta que está muy caliente.	<i>“Yo cuando apago el fogón de leña, hago eso, saco la madera y eso se deja ahí hasta que se apague solo”</i>

TABLA 1.6 USUARIO 1

Producto	SICO – Sistema de cocción y calefacción
Fecha de la prueba	Julio 27
Hora	2:30 pm
Nombre del administrador	Juliana Raigosa M
Nombre del observador	Marcela Jaramillo
# y Nombre de la tarea	6. Recolección de cenizas y limpieza

Tiempo	Descripción de la acción	Comportamiento Del usuario	Comentario del usuario (prueba)
16.02 min	Luego de sacar la leña con la mano para apagarla, intenta de nuevo sacar la parrilla.	Al ver que la parrilla está caliente espera a que se enfriara.	<i>“Está muy caliente todavía”</i>
20 min	Retira la parilla y el recogedor	Toma la parrilla y el recogedor con	-----

	de cenizas.	la ayuda de un trapo. Deposita las cenizas en otro recipiente.	
--	-------------	--	--

ENTREVISTA - USUARIO 1

- *Tomar los datos personales del usuario. Además de que labores desempeña en el hogar.*
Edilma Gil. Es ama de casa. Cocina y en general realiza todas las labores domesticas.
- ¿Cuántos años de experiencia tiene cocinando en fogones de leña?
Casi 40 años
- ¿Qué le gusta de los fogones de leña tradicionales?
Que cocinan muy “ligero” (Se refiere a la rapidez en la cocción)
- ¿Cuál es su primera impresión al ver este nuevo y mejorado horno?
Más que nada la comodidad que se le ve. Está muy rico y muy chulo.
- ¿Qué dificultades tuvo durante su uso?
En general nada me pareció difícil. Uno hace las mismas cosas que en el normal. Muy fácil de usar.
- ¿Qué ventajas o comodidades encontró mientras lo usaba?
Que uno no se tizna
- ¿Que mejoraría o cambiaría del producto o de sus partes?
El modo de salir del humo. A veces no sale, pero a veces sí, y entonces sería bueno ponerle como un atensorsito (chimenea) pa’ que le salga el humo por ahí.
- ¿Usaría el producto en sus labores cotidianas?
Si. Además se puede poner en la sala porque es como decorativo. También esta hasta bueno para una emergencia, que se le acabe a uno el gas, o se vaya la luz. Además se ve que es bueno pa’ cuando está haciendo mucho frío.
- ¿Estaría dispuesto a pagar entre 60 mil y 80 mil pesos por este producto?
Sí, porque no.

TABLA 2.1 USUARIO 2

Producto	SICO – Sistema de cocción y calefacción
Fecha de la prueba	Julio 27
Hora	3:05 pm
Nombre del administrador	Juliana Raigosa M
Nombre del observador	Marcela Jaramillo
# y Nombre de la tarea	1. Toma de la leña, ubicación

Tiempo	Descripción de la acción	Comportamiento Del usuario	Comentario del usuario (prueba)
10 seg	Partir la leña en pedazos más pequeños.	Se queda mirando un momento la entrada de la cámara antes de empezar a usar el horno.	<i>“Ayyy, yo no sé, es que eso esta tan angostico”</i>
15 seg	Acomoda pocos pedazos de leña al principio.	Se va sintiendo más confiada con el horno.	-----

TABLA 2. 2 USUARIO 2

Producto	SICO – Sistema de cocción y calefacción
Fecha de la prueba	Julio 27
Hora	3:05 pm
Nombre del administrador	Juliana Raigosa M
Nombre del observador	Marcela Jaramillo
# y Nombre de la tarea	2. Encender la leña

Tiempo	Descripción de la acción	Comportamiento Del usuario	Comentario del usuario (prueba)
56 seg	Toma una vela para ayudarse	Pide ayuda para prender la madera. No quiere hacerlo hasta no tener la vela	<i>“Con una velita empiezo eso más rápido”</i>
1:20 seg	Tapar la olla.	El usuario expresa que con la olla tapada	<i>“Con la tapita hirve mas rápido”</i>

		va a estar más rápido la agua panela.	
1.50 seg	Pone algunas hojas secas y madera más pequeña cuando lo está encendiendo.	Se sorprende al ver la poca leña que ha puesto.	<i>“Hay que meterle leña muy delgadita, es que uno está acostumbrado a esos otros fogones que gastan mucha mucha leña”</i>

TABLA 2.3 USUARIO 2

Producto	SICO – Sistema de cocción y calefacción
Fecha de la prueba	Julio 27
Hora	3:05 pm
Nombre del administrador	Juliana Raigosa M
Nombre del observador	Marcela Jaramillo
# y Nombre de la tarea	3. Manejo y disposición de la leña mientras se quema

Tiempo	Descripción de la acción	Comportamiento Del usuario	Comentario del usuario (prueba)
2:32 min	Agrega madera una vez esta estable la llama que inicio.	Pone mucha madera, hasta colmar la boca de la cámara, deja poco espacio para el aire. (PROBLEMA)	----
3.45 min	Quema de la madera. Mientras la madera se quema se acomodan	Mientras se quema la madera y la agua panela se hierva la señora espera y mira. Parece sorprendida por la	<i>“Este horno si le rinde la leña, le toca a uno ir menos por leña y tener que cargarla diario”</i> <i>“Cuando me dijeron que si podía hacer el favor de cocinar en un horno de leña que me iban a traer, no me imagina que</i>

	solos los leños.	poca leña e intenta seguir metiendo y partiendo pedazos.	<i>era, como se iban a traer un horno de leña, ya viéndolo y sabiendo que se puede transportar, esta como bueno</i>
--	------------------	--	---

TABLA 2.4 USUARIO 2

Producto	SICO – Sistema de cocción y calefacción
Fecha de la prueba	Julio 27
Hora	2.30 pm
Nombre del administrador	Juliana Raigosa M
Nombre del observador	Marcela Jaramillo
# y Nombre de la tarea	4. Tiempo total de calentamiento

Tiempo	Descripción de la acción	Comportamiento Del usuario	Comentario del usuario (prueba)
7:44 min	La agua panela hirvió (A diferencia de la anterior, esta vez la olla tenía tapa)	Se ve que le gusto el producto, se asombro por la rapidez.	<i>“Ve, no consumió nada de leña” “Se ve que es un fogón pa’ muchos años”</i>
13 min	Retira la agua panela	Toca con cuidado la plancha y el tambor. Le agrada que este último no esté caliente. En general se ve sorprendida de manera positiva.	<i>“Esto está muy bueno sabiendo que el gas va a subir en estos días” “Esta chévere como pa’ que las muchachas salgan de paseo a hacer un sancocho a otra parte, con 4 chamizos se hace un sancocho” “También podría servir pa un negocio de empanadas, estarías listas muy ligero”</i>

TABLA 2.5 USUARIO 2

Producto	SICO – Sistema de cocción y calefacción
Fecha de la prueba	Julio 27
Hora	3:05 pm
Nombre del administrador	Juliana Raigosa M
Nombre del observador	Marcela Jaramillo
# y Nombre de la tarea	5. Apagado del sistema

Tiempo	Descripción de la acción	Comportamiento Del usuario	Comentario del usuario (prueba)
8:45 min	Apaga el sistema retirando la leña que aún queda.	Cuando va a sacar la leña intenta sacar la parrilla pero se da cuenta que está muy caliente.	<i>“Yo cuando apago el fogón de leña, hago eso, saco la madera y eso se deja ahí hasta que se apague solo”</i>

TABLA 2.6 USUARIO 2

Producto	SICO – Sistema de cocción y calefacción
Fecha de la prueba	Julio 27
Hora	3:05 pm
Nombre del administrador	Juliana Raigosa M
Nombre del observador	Marcela Jaramillo
# y Nombre de la tarea	6. Recolección de cenizas y limpieza

Tiempo	Descripción de la acción	Comportamiento Del usuario	Comentario del usuario (prueba)
9:30 min	Saca la leña con la mano para apagar el horno. Se genera mucho humo mientras se apagan los leños aun con llamas.	Se retira del humo y espera porque se acerca a la parrilla y sabe que está muy caliente.	<i>“Está muy caliente todavía”</i>

13 min	Sacar las cenizas luego de esperar que se enfriara.	Saca las cenizas y las deposita en otra parte. Cuando termina de retirar las cenizas, mete el recogedor arriba y no debajo de la parrilla. Luego se da cuenta del error.	“A mí me pareció muy rico” “Y se pueden poner ollas de todos los tamaños?”
--------	---	---	---

ENTREVISTA - USUARIO 2

- *Tomar los datos personales del usuario. Además de que labores desempeña en el hogar.*
Carmen Alicia Gil. Todas las labores domesticas.
- ¿Cuántos años de experiencia tiene cocinando en fogones de leña?
Toda la vida prácticamente.
- ¿Qué le gusta de los fogones de leña tradicionales?
La rapidez.
- ¿Cuál es su primera impresión al ver este nuevo y mejorado horno?
Me gusto. Es comodito y bonito. No me imagina como sería antes de verlo, ya viéndolo muy bonito.
- ¿Qué dificultades tuvo durante su uso?
Ninguna prácticamente. De pronto es más pequeñito y uno no está acostumbrado.
- ¿Qué ventajas o comodidades encontró mientras lo usaba?
Uno no se tizna, también se le tiznan menos las ollas. Es más práctico. Además es más moderno, más cómodo y gasta menos leña que es lo mejor. Además lo bueno es que se puede trasladar.
- ¿Que mejoraría o cambiaria del producto o de sus partes?
No, nada.

- ¿Usaría el producto en sus labores cotidianas?
Si. Si me lo dejan no me pongo brava.
- ¿Estaría dispuesto a pagar entre 60 mil y 80 mil pesos por este producto?
Si. A ojo cerrado. Aunque sea más barato sin las patas. Se ve bonito es con las patas. Pa ponerlo de pronto en otra parte diferente a la cocina.

TABLA 3.1 USUARIO 3

Producto	SICO – Sistema de cocción y calefacción
Fecha de la prueba	Julio 27
Hora	5:00 Pm
Nombre del administrador	Juliana Raigosa
Nombre del observador	Marcela Jaramillo
# y Nombre de la tarea	1. Toma de la leña, ubicación

Tiempo	Descripción De la acción	Comportamiento Del usuario	Comentario del usuario (prueba)
20 Seg	La leña había que partirla en pedazos más pequeños, ya que la que tenían arrumada era muy gruesa y larga para ser usada en la cámara de combustión de SICO.	No se mostró disgustado por tener que partir la leña, al contrario se mostró sorprendido por tener que usar tan poca leña para encender el fuego.	<i>“Será que con tan poca leña eso si funciona”</i>
56 Seg	La usuario fue en búsqueda que una vela para encender el fuego	No se presento ninguna reacción negativa o positiva, simplemente la usuario fue por la vela y regresó para encender el fuego.	
1.03 min	Ya se encontraba la leña ubicada en la cámara de combustión	El usuario introdujo palos muy pequeños al principio y luego ya metió pedazos más grandes.	<i>“Ahora si esta lista”</i>

TABLA 3.2 USUARIO 3

Producto	SICO – Sistema de cocción y calefacción
Fecha de la prueba	Julio 27
Hora	5:00 Pm
Nombre del administrador	Juliana Raigosa
Nombre del observador	Marcela Jaramillo
# y Nombre de la tarea	2. Encender la leña

Tiempo	Descripción De la acción	Comportamiento Del usuario	Comentario del usuario (prueba)
1.20 min	El usuario tomo una botellita de alcohol que tenía en su cocina y regó un poco sobre los leños.	Mostró una actitud normal, se notó que hace uso del alcohol para encender fuego generalmente.	
1.40 min	La usuario introdujo la vela encendida e inmediatamente comenzó la llama.		
1.58 min	Comenzó a salir humo pero en una cantidad mínima	Asombrado de ver que prácticamente no salía humo	<i>“Sale muy poquito humo, ni punto de comparación con mi horno que cuando lo prendo me toca salirme de la cocina porque no lo soporto”</i>

TABLA 3.3 USUARIO 3

Producto	SICO – Sistema de cocción y calefacción
Fecha de la prueba	Julio 27
Hora	5:00 Pm
Nombre del administrador	Juliana Raigosa
Nombre del observador	Marcela Jaramillo
# y Nombre de la tarea	3. Manejo y disposición de la leña mientras se quema

Tiempo	Descripción De la acción	Comportamiento Del usuario	Comentario del usuario (prueba)
2 min	El usuario comenzó a poner leños más grandes.	Se veía muy asombrado de lo rápido que encendió el horno con tan solo unos pocos leños.	<i>“Espere que coja pa’ echarle más madera”</i>
3 min	La llama en este momento estaba demasiado potente.		<i>“Tiene mucha fuerza para tan poca leña, existe alguna manera de regularlo?”</i>

TABLA 3.4 USUARIO 3

Producto	SICO – Sistema de cocción y calefacción
Fecha de la prueba	Julio 27
Hora	5:00 Pm
Nombre del administrador	Juliana Raigosa
Nombre del observador	Marcela Jaramillo
# y Nombre de la tarea	4. Tiempo total de calentamiento

Tiempo	Descripción De la acción	Comportamiento Del usuario	Comentario del usuario (prueba)
13 Min	En este momento ya la panela estaba completamente	La usuario se veía muy interesada en el producto y comenzó a hacer	<i>“Se ve más bonito con la base”. “definitivamente el humo que sale es nada”. “está muy fácil de usar”. “En el campo es difícil conseguir leña, a</i>

	<p>disuelta así que se tomo la parte superior del horno (sin el soporte) y se puso sobre una mesa de madera que se encontraba cerca.</p>	<p>comentarios sobre él. También se noto su asombro al notar que podía tomar el horno sin quemarse, las agarraderas no estaban calientes y era posible manipular el horno y transportarlo fácilmente.</p>	<p><i>nosotras es a la que nos toca cargarla, pero este horno está muy bueno, esa agua panela quedo lista con unos tronquitos de leña</i> <i>“La base le da mucha seguridad, ahí se ve muy estable....y además de todo es como decorativo”</i> <i>“...lo mejor es que o se caliente”</i></p>
14.40 min	<p>La usuario fue por unas arepitas porque quería ver si se calentaban en la plancha y si quedaban buenas</p>		
17 min	<p>Tomó una de la arepas y se la comió</p>	<p>Sonreía cuando volteaba la arepa, casi como diciendo: “esto si sirve</p>	<p><i>“Que delicia de arepa...y quedo calientica por dentro”</i></p>

TABLA 3.5 USUARIO 3

Producto	SICO – Sistema de cocción y calefacción
Fecha de la prueba	Julio 27
Hora	5:00 Pm
Nombre del administrador	Juliana Raigosa
Nombre del observador	Marcela Jaramillo
# y Nombre de la tarea	5. Apagado del sistema

Tiempo	Descripción De la acción	Comportamiento Del usuario	Comentario del usuario (prueba)
20 min	El usuario comenzó a sacar los leños grandes para que el resto se fuera apagando solo.		

TABLA 3.6 USUARIO 3

Producto	SICO – Sistema de cocción y calefacción
Fecha de la prueba	Julio 27
Hora	5:00 Pm
Nombre del administrador	Juliana Raigosa
Nombre del observador	Marcela Jaramillo
# y Nombre de la tarea	6. Recolección de cenizas y limpieza

Tiempo	Descripción De la acción	Comportamiento Del usuario	Comentario del usuario (prueba)
28 min	La usuario tomo el recolector de cenizas de la agarradera	Un poco de temor porque de pronto estaba muy caliente.	<i>“Sería bueno que la agarradera estuviera mas salida”.</i> <i>“Muy fácil de limpiar, toda la ceniza se queda ahí”.</i>

ENTREVISTA - USUARIO 3

- Tomar los datos personales del usuario. Además de que labores desempeña en el hogar.

Gladis Martínez. Ama de casa.

Desempeña labores del campo (recolección de frutos, flores).

- ¿Cuántos años de experiencia tiene cocinando en fogones de leña?

Toda la vida, nací y crecí en el campo

- ¿Qué le gusta de los fogones de leña tradicionales?

Que echan mucha llama y se cocina muy rápido.

- ¿Cuál es su primera impresión al ver este nuevo y mejorado horno?

“Estéticamente está muy bonito”.

- ¿Qué dificultades tuvo durante su uso?

Ninguna

- ¿Qué ventajas o comodidades encontró mientras lo usaba?

“Muy bueno el ahorro de leña, muy bueno, el calor se concentra y se conserva”

- ¿Que mejoraría o cambiaría del producto o de sus partes?

Esta muy bien así

- ¿Usaría el producto en sus labores cotidianas?

Sí, me gusta

- ¿Estaría dispuesto a pagar entre 60 y 80mil pesos por este producto? Si.

5. Análisis de los datos

Luego de analizar las tablas anteriores, donde se recopiló de manera sintetizada la información obtenida durante las pruebas de usuario, se realizó un análisis enfocado a la respuesta de los objetivos planteados en el numeral 1.1. Es así como se obtiene una lista de problemas y una lista de criterios que confirman la aceptación y funcionalidad del producto. Así mismo, y basadas en esos problemas y criterios de aceptación listados, se realizaron las recomendaciones necesarias para mejorar el producto.

5.1. Problemas encontrados

- Los usuarios encontraron el horno algo pequeño, sobretodo la entrada de madera, y debido a esto ubican más madera de la requerida dejando poco espacio para la entrada de aire a la cámara.
- Los usuarios no encontraron un elemento que les permitiera sacar la leña o la parrilla para apagar el horno. La totalidad de usuarios apaga el horno sacando la madera en llamas y para esto tenían que ayudarse de un trapo para hacerlo.
- Uno de los 3 usuarios que realizaron la prueba, encontraron necesario el uso de una chimenea o pequeño “atenor” para mejorar el horno y su salida de humo. Debe tenerse en cuenta que la tapa del tambor poseía algunos imperfectos que hacían que no hubiera un sellado que detuviera parte del humo generado.
- El tamaño de la base no limita el tamaño de los leños, es decir el usuario no encuentra un elemento o un indicador que le diga el tamaño ideal para usar en la cámara de combustión, entonces ubica leños muy grandes que bloquean la entrada de aire que a la vez disminuye la eficiencia en la combustión.
- Cuando los usuarios usaron el recogedor de cenizas expresaron alguna dificultad para el agarre ya que estaba muy cerca tanto del recogedor y de la cámara. A pesar de esto, y según lo observado este aspecto no es de tanta importancia para ellos comparados con la rapidez y consumo de madera.

5.2. Criterios de aceptación y funcionalidad

- A pesar que los usuarios no encuentran muy familiar el horno tras verlo por primera vez, una vez se realiza la descripción de este, entienden con facilidad su funcionamiento y expresan que su tamaño y movilidad lo hace más cómodo que los tradicionales.
- La primera característica que impacta al usuario luego de usar el horno, es la poca cantidad de leña que consume. Expresan que encuentran muy positivo el hecho de hacer rendir mas la leña.

- La rapidez que es una de las ventajas más importantes de la cocción con leña (encontrado en la salida de campo inicial y confirmado en las pruebas de usuario) fue uno de los aspectos más reconocidos en el horno por los usuarios. La totalidad de usuarios coinciden en decir que el horno es rápido.
- El usuario mostro gran satisfacción con respecto al aspecto estético del producto. Expresaron su gusto por el sistema de cocción, y como su apariencia lo hacía apto para ocupar otros lugares de la casa, como la sala. También lo encontraron como un producto completo, diciendo que en caso de comprarlo, lo adquirirían con la base incluida.
- Se observo al usuario cómodo y desenvuelto en el uso del producto. Luego en la entrevistas, las 3 personas expresaron que es fácil de usar.
- Otra de las ventajas que encontró el usuario durante el uso del producto es el hecho que el horno no lo tizne, es decir, que reconocen que el horno es más limpio que el tradicional, y ven en ello una ventaja con respecto a los tradicionales.
- Dos de las tres personas que usaron el horno, encontraron una mejora en cuanto a la cantidad de humo emitida por el mismo, teniendo en cuenta que el sistema no incluye chimenea.

6. Implicaciones: Recomendaciones y conclusiones

Los criterios anteriores, descritos en el numeral 5.2, confirman la usabilidad y funcionalidad del producto, así como la aceptación por parte de los usuarios. Además dichos criterios confirman las especificaciones y *key benefits* que se querían satisfacer con el producto, estos son: eficiencia en la combustión, reducción en la emisión de humo, eficiencia en el uso y cantidad de madera, adaptación del producto al contexto

tanto estética como funcionalmente, entre otros. (Para ver todas las especificaciones para el producto ir al numeral 4.4 PDS)

Los problemas encontrados, explicados en el numeral 5.1 permiten realizar varias recomendaciones para mejorar el producto. Estas son:

- Incluir unas pinzas o algún elemento externo, que permita retirar los leños calientes o la parrilla, para facilitar la tarea de apagar el sistema.
- Incluir un elemento o analizar alguna manera para restringirle y mostrarle al usuario el tamaño óptimo de madera para usar en el horno.
- Realizar algún tipo de marca, señal o limitación en el interior de la cámara (entrada de madera) que permita que los usuarios no llenen por completo la boca de la cámara con madera, y de esta manera permitan el flujo normal de aire.
- Rediseñar la agarradera del recogedor de cenizas de manera que se caliente menos y exista más espacio entre ésta y el recogedor o cámara, haciéndola más fácil de usar.