

**HERRAMIENTA MANUAL PARA LA EXTINCIÓN DE INCENDIOS
FORESTALES EN ZONAS DE DIFÍCIL ACCESO QUE DISMINUYE LA CARGA
FÍSICA EN ACCIÓN Y TRANSPORTE PARA LOS BOMBEROS.**

David Ricardo Medina Romero

Diseño Industrial

Dmedina855@uan.edu.co

Director Proyecto

D.I. Esp. GED. MBA. Juan Sebastián Hernández Olave

juseher85@uan.edu.co

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

BOGOTÁ D.C. - 2020

Agradecimientos

Deseo expresar mi agradecimiento al director de este proyecto de grado: al maestro Juan Sebastián Hernández, por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo, por el respeto a mis ideas, por la orientación y el rigor en este proyecto. Asimismo, agradezco a la Universidad Antonio Nariño por brindarme experiencias y conocimientos durante los semestres cursados, los cuales enriquecieron este proyecto.

Gracias a mis colegas y amigos, quienes me dieron apoyo para nutrir mi trabajo. Finalmente, gracias a mi familia que me apoyó para seguir adelante a pesar de las adversidades.

A todos, les expreso mi reconocimiento y gratitud.

Tabla de Contenidos

Resumen.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	2
1.1 Contexto	2
1.2 Problemática	2
2. JUSTIFICACIÓN	3
3. OBJETIVOS	5
3.1 Objetivo general	5
3.2 Objetivos específicos.....	5
4. METODOLOGÍA	6
4.1. Flor de loto	6
4.1.1. Flor de loto causas de incendios forestales	6
4.1.2. Falta de respuesta inmediata de los bomberos.....	10
4.1.3. Ruta de abordaje al proyecto	12
4.2. Círculos iterativos	13
4.2.1 Observar	14
4.2.2 Investigar	15
4.2.3 Entender	15
4.2.4 Crear prototipos	15
4.2.5 Validar	15
5. OBSERVAR	16
5.1. ¿Qué es un incendio forestal?	16
5.2 Incendios forestales en Bogotá.....	17
5.3 ¿Cuáles son las fases de un incendio forestal?	18
5.4 Costos de un incendio forestal en Bogotá	19
5.5 Campañas de prevención de la Alcaldía Mayor de Bogotá.	20
5.6 Protocolos de incendios forestales	20
6. INVESTIGAR	22
6.1 Constitución de terreno	22
6.1.1 Flora de los cerros orientales	22
6.1.2 Especies problema	23

6.2 Entidades y organismos públicos de control	24
6.2.1 Organismos de acción	25
6.3 Marco legal	26
6.3.1 ley número 52 de 1993	26
6.3.2 Normativa de herramientas manuales herramientas de mano	26
6.4 Requerimientos del proyecto	27
6.4.1 Evaluación de herramientas existentes	28
6.4.2 Análisis de referentes	29
7. ENTENDER	30
7.1 Cuadro de interacciones y acciones	30
7.2 Equipación de los bomberos.....	30
7.3 Estudio del perfil epidemiológico de los bomberos	31
7.4 Análisis ergonómico	32
7.5 Ergonomía	37
7.5.1 posición de trabajo	37
7.5.2 Extensión de brazo	37
7.5.3 Posición de mano	38
7.6 Transporte de la herramienta	39
7.7 Transporte de la herramienta en acción.....	39
7.8 Cambio de cabezal de la herramienta	39
7.9 Herramienta manual faces de defensa	40
8. CREAR PROTOTIPOS.....	41
8.1 Bocetación	41
8.2 Evolución de la propuesta	43
8.3 Desarrollo de aproximación formal	46
8.4 Modelado y proceso de detalle	48
8.5 Renderizado de la herramienta	50
Aportes a otros campos	54
Conclusiones	55
Bibliografía	56
Anexos.....	58

Anexo #1. Entrevista	58
Anexo #2. Fichas técnicas	59
Anexo #3. Planos técnicos.....	61

Lista de tablas

Tabla 1: Causas de deforestación en Colombia.	7
Tabla 2: Sub causas de deforestación en Colombia.	8
Tabla 3: Causas falta de respuesta de los bomberos	10
Tabla 4: Flor de loto: falta de respuestas sub causa	11
Tabla 5: Posibles rutas de proyecto	13
Tabla 6: Áreas Afectadas por Incendios Forestales tomado de observatorio ambiental de Bogotá.....	18
Tabla 7: Comisión distrital para la prevención y mitigación de incendios	20
Tabla 8: Entidades de control	25
Tabla 9: Organismos de acción	26
Tabla 10: Requerimientos de proyecto.....	27
Tabla 11: Herramientas existentes.....	28
Tabla 12: Análisis de referentes	29
Tabla 13: Epidemiología bomberos. Fuente universidad libre	32
Tabla 14: Posición de brazos y espalda.....	33
Tabla 15: Posición de piernas.....	33
Tabla 16: Peso de carga.....	34
Tabla 17: Cálculo de riesgo.....	35
Tabla 18: Análisis de posturas. Fuente OWAS (2006)	35
Tabla 19: Análisis de postura. Fuente Ergonautas (2006)	36

Tabla de imágenes

Imagen 1. Metodología de círculos iterativos Milton y Rogers.	14
Imagen 2. Motores deforestación.	17
Imagen 3. Mapa de Amenaza por Incendios Forestales para Bogotá.....	17
Imagen 4. Comisión distrital para prevención y mitigación de incendios forestales	20
Imagen 5. Protocolo Nacional para Incendios Forestales.....	21
Imagen 6. Masa vegetal cerros orientales.....	23
Imagen 7. Primera Jornada de Erradicación del Retamo Espinoso.	24
Imagen 8. Cuadro de interacciones y acciones.....	30
Imagen 9. Indumentaria forestal.....	31
Imagen 10. Posición de pie. Fuente Medidas Latinoamericanas.....	37
Imagen 11. Extensión de brazo. Fuente: dimensiones humanas en espacios interiores....	38
Imagen 12. Posición de mano.....	38
Imagen 13. Cabezal..	40
Imagen 14. Aproximación formal.	46
Imagen 15. Aproximación formal 2..	47
Imagen 16. Detalle 1.....	48
Imagen 17. Detalle 2.....	48
Imagen 18. Detalle 3.....	49
Imagen 19. Detalle 4.....	49
Imagen 20. Render 1.....	50
Imagen 21. Render 2.....	51
Imagen 22. Render 3.....	51
Imagen 23. Render 4.....	52
Imagen 24. Render 5.....	52
Imagen 25. Render 6.....	53
Imagen 26. Render 7.....	53

Imagen 27. Figura humana..... 54

Introducción

En la construcción de este proyecto se tomó la investigación en torno a los incendios forestales, en su fase de erradicación manual y las dificultades que tienen los agentes de acción al realizar esta actividad, y los problemas que acarrearán estos al ejercer esta labor tanto el desgaste físico hasta las lesiones persistentes, ya que el diseño no ha brindado una respuesta sólida en este campo como lo son las herramientas manuales utilizadas por el escuadrón de bomberos.

El desarrollo del proyecto se llevó cabo en la utilización de dos metodologías, donde una es: la flor de loto, ayuda en la búsqueda de problemas y sectorizar el área de trabajo, y de círculos iterativos la cual soporta el proyecto desde su fase de investigación, aproximación formal, diseño de detalle y testeado, al final se muestran los resultados planteados a partir de los estudios y los objetivos propuestos en el documento.

Resumen

Colombia es susceptible al cambio climático por aspectos como la deforestación y por la alta concentración de especies vegetales foráneas que acaban con las que habitan en la zona, especialmente en algunas de las regiones montañosas del Altiplano Cundiboyacense. Algunas de estas especies son potencialmente combustibles y difíciles de erradicar. No solo esto, el trabajo que hacen los agentes de acción (bomberos) al tratar de extinguir estas plantas cuando se pretende mitigar un incendio forestal es extremadamente complejo. Se manifiesta que uso de herramientas para la erradicación manual no es lo suficientemente efectivo para combatir en estos lugares, ya que las herramientas son difíciles de transportar a la zona de riesgo y el esfuerzo físico usándolas incrementa las lesiones a futuro.

Se plantea desde el diseño, el desarrollo de una herramienta la cual propone disminuir la carga física y lesiones lumbares, a partir de estudios ergonómicos y evaluaciones posturales, para que se aumente la productividad en la erradicación manual. Se plantea el uso de materiales los cuales permitan la resistencia al calor y que sean flexibles para el desarrollo de este proyecto. Se crearon modelos tridimensionales que permitan comprender las distancias y la disposición de uso del elemento.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

Herramienta manual para la extinción de incendios forestales en zonas de difícil acceso que disminuye la carga física en acción y transporte para los bomberos.

1.1 Contexto

Colombia alberga gran cantidad de biomasa, tal es el caso de los cerros orientales de Bogotá donde se encuentra situado en el altiplano Cundiboyacense de la cordillera oriental de los Andes. Su superficie es de 136.3 km y cuenta con 14.000 hectáreas (Secretaría Distrital de Ambiente, 2006), siendo una zona protegida que cuenta con una gran variedad de flora y fauna. Además, se encuentran yacimientos de agua mineral. Estos yacimientos bordean 6 localidades de Bogotá, las cuales son: Usaquén, Chapinero, Santa Fe, Candelaria, San Cristóbal y Usme.

Los cerros bogotanos están compuestos por bosque andino, gran parte este bosque se le conoce como bosque secundario (son aquellas zonas donde el hombre explotó recursos naturales y posteriormente, se regeneró naturalmente la vegetación). También se componen de páramo y subpáramo, y de diversas especies de aves y mamíferos. Los cerros orientales son una zona inaccesible en algunos casos, ya que al ser una zona montañosa y con alta concentración vegetal les es difícil acceder a los bomberos en lugares donde se presentan emergencias, puesto que algunas especies forasteras de la zona son peligrosas para el ecosistema por su alta combustión generando problemas a futuro.

1.2 Problemática

Debido a que los cerros orientales son una zona geográfica de difícil acceso, los elementos y herramientas utilizados por el cuerpo oficial de bomberos estorban en la labor de transporte hacia la zona y el uso de estas en la acción de extinción manual, no solo esto si no que disponen de solo una sola herramienta para la extinción ya sea un rastrillo, pala u otro elemento de uso manual. A esto, se le adicionan variantes como: mayor tiempo en la labor de extinción manual y la sobrecarga física, que algunas veces puede generar lumbalgias por el uso de estas herramientas durante un tiempo prolongado, teniendo en cuenta que algunas de las conflagraciones pueden durar entre uno y dos meses en combatirlas.

2. JUSTIFICACIÓN

Partiendo de la afirmación que los bosques nativos son importantes para la recolección de material particulado (CO₂) en la ciudad de Bogotá, ya que albergan yacimientos de agua mineral para el consumo de la ciudad. Estos ecosistemas se ven altamente afectados por los incendios forestales, puesto que ocasionan grandes pérdidas de bosques nativos y de especies foráneas. Especialmente, cuando se vuelve una tarea titánica la extinción de este tipo de incendios. Por este motivo, es pertinente contribuir con una herramienta que facilite el trabajo de los bomberos.

Como segunda medida, los bomberos que se arriesgan a adentrarse en estas zonas para la extinción y erradicación del incendio manual para que este no se esparza hacia otras zonas, ejercen una carga física que tiende a ser agotante para la labor del bombero, ya que no hay una herramienta ergonómica que disminuya la carga física de acción y transporte. Se deben tener en cuenta los problemas a futuro que pueden desencadenar la constante repetición de acciones físicas por parte de los bomberos que requieren de un tiempo prolongado si se presentan varios incendios. Además, el uso de otras herramientas las cuales necesita el bombero y que no tiene al alcance, o en su defecto, otro bombero la está utilizando.

Por lo mencionado anteriormente, es importante el desarrollo de este proyecto ya que busca facilitar el trabajo de bomberos quienes se esfuerzan y arriesgan para proteger a las personas en sitios alejados, y especialmente, protegen el ecosistema de la región a pesar del gran trabajo que requiere la extinción de los incendios forestales.

Es aquí donde el diseño se hace partícipe, creando una herramienta que ayuda a ser más eficaz el trabajo de remoción de maleza y material vegetal. Esta herramienta utilizada

también puede ser aplicada en diferentes campos, como es el caso de la agricultura, abarcando diversos espacios donde el diseño aún falta por llegar a estas zonas de constante desarrollo para la economía nacional.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Diseñar una herramienta manual en la labor de extinción de un incendio forestal en zonas geográficas de acceso limitado que disminuya cargas físicas y de transporte para los bomberos.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar los tipos de herramientas manuales y la más utilizada en incendios forestales y sus debidos usos en el contexto a actuar, para evaluar cuales son los más eficaces.
- Analizar el entorno y los diferentes tipos de vegetación que rodea la ciudad de Bogotá y determinar una intervención a través del protocolo de extinción de incendios forestales dado por el ministerio de ambiente, para especificar la acción de la herramienta en la fase de extinción manual.
- Observar las posiciones ejercidas en la labor de extinción manual y desarrollar un análisis ergonómico en la acción del bombero, para disminuir su carga postural y lesiones a futuro.

4. METODOLOGÍA DE DISEÑO

Metodología

Se utilizaron metodologías para análisis de entorno, selección de problemática y ejecución de proyecto. Específicamente, tomó un papel primordial la metodología de *Flor de loto* de Yasuo Matsumura (n.d.) y la metodología de *círculos iterativos* de Milton y Rogers (2013).

Como primer punto, se tomó la metodología *flor de loto* para identificar el contexto y la oportunidad de abordar el problema, donde se desglosaron las causas y sub-causas que generan los incendios forestales y los tiempos de acción de mitigación hechos por los bomberos. Posteriormente, se utilizó la metodología de *los círculos iterativos*, consta de 5 fases la cual permite avanzar o retroceder y retroalimentar la información para avanzar al siguiente paso

4.1 Flor de loto

La utilización de esta metodología plantea las causas y sub-causas, como: dónde se producen incendios forestales en Colombia. De esta manera se utiliza para encontrar un hilo conductor y despeja el camino para poder seleccionar la oportunidad de diseño a abordar durante el desarrollo de la propuesta de diseño. A continuación, se explicarán en detalle las causas de los incendios forestales.

4.1.1 Flor de loto causas de incendios forestales.

El Ministerio de Ambiente en el documento *Causas de incendios forestales en Colombia* da como resultado la siguiente información, no solo el ministerio de ambiente si no también fuentes de noticias (el tiempo y espectador en) en donde informan de las

generadores y causas de los incendios forestales en Colombia, siguiendo esta información se utiliza la metodología de la flor de loto para explicar las causas que generan los incendios forestales las cuales fueron: la ganadería, las quemas de cultivo, la minería ilegal, el clima, los pirómanos, el desplazamiento de personas afectadas por la violencia, los turistas y la construcción ilegal (Ver tabla 1):

turistas	Ganadería	Construcción ilegal
Minería ilegal	Incendios forestales	climático
pirómanos	Quemas de cultivo	Desplazamiento

Tabla 1. Causas de deforestación en Colombia. FUENTE elaboración propia

Estas son las causas ampliamente conocidas y enunciadas por las autoridades encargadas de la disminución y erradicación de los incendios forestales. Estos factores varían dependiendo de la zona forestal. A partir de estos factores mencionados, se derivan las sub-causas las cuales se pueden evidenciar en la *tabla 2*:

Experiencia amater	Fogata apagar turistas Descuido accidentes	Procedimientos de acción	Deforestación pastoreo	Contaminación agua ganadería Uso excesivo de agua	Cambio climático
deforestación	Contaminación suelos	narcotráfico	Ciclo climático	Calentamiento global climático	Sobreexplotacion de tierra
Contaminación agua	Minería ilegal	Riesgo a la salud	Explotación laboral	Bajo nivel de aguas	
	Falta de oportunidad	Desplazamiento			
Estimulación	experimentación pirómanos psicológico	Falta de apoyo familiar	Eliminación residuos	Regenerar zona Quemas de cultivo Eliminar plagas	Construcción ilegal minería

Tabla 2. Sub Causas de deforestación en Colombia.

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro anterior, se enuncian algunos conceptos que explican las diferentes causas de la producción de los incendios forestales, tales como: la ganadería, minería ilegal, turistas, cambio climático y quemas de cultivos. A continuación, se explican las principales causas de deforestación en Colombia:

Ganadería. La ganadería ha sido uno de los elementos de mayor producción de incendios forestales a nivel nacional, ya que, al ser un país ganadero, los campesinos realizan quemas para la expansión de terrenos para pastoreo. Esto ha generado bastantes problemas en la mitigación de los incendios y en la preservación de la flora y fauna del territorio.

Minería ilegal. Según el Ministerio de Minas y Energías y el Ministerio de Ambiente, la principal causa que genera daño al medio ambiente es la contaminación del agua, la contaminación de los suelos, el riesgo a la salud por químicos cancerígenos (mercurio), la deforestación con el desarrollo de la minería a cielo abierto, la falta de oportunidades laborales en la zona puesto que el gobierno nacional no llega.

Quemas de cultivo. Otra de las principales causas de incendios forestales es la quema controlada de cultivo, donde se sale de control ocasionando daños en los suelos. Estas prácticas se emplean para la eliminación de plagas, la regeneración de zonas para generar un nuevo suelo, la eliminación de residuos vegetales, la construcción y ampliación de zonas para vivienda. A pesar de la ejecución de estas prácticas, estas son prohibidas por el Ministerio de Ambiente.

Cambio climático. Es un hecho para el mundo que este factor afecta de manera colateral el ambiente y es un agente productor de incendios. En Colombia, aspectos ambientales como las sequías empeoran cada año, los niveles de los ríos bajan, lo cual produce el aumento de temperatura, donde se vuelve común que los pastos y árboles se sequen, produciendo así combustible para un incendio de forestal.

Turistas. Los turistas pueden generar incendios forestales, como es el caso de quienes practican Jogging. Algunos de ellos pueden botar residuos (como vidrio, colillas de cigarrillos) que pueden llegar a generar el efecto lupa. Otro ejemplo de ello son los campistas o en este caso los indigentes quienes calientan su comida en zonas donde hay combustibles naturales y pueden provocar incendios.

Resultado del cuadro

A partir de los resultados y las causas que generan los incendios forestales el resultado es que es complicado afrontar un incendio forestal ya sea por un ciclo climático o de origen antrópico (humano) ya que las causas y los contextos a afrontar son complejos, ya sea la minería ilegal, ganadería o el desplazamiento.

A continuación, se explica con la *Flor de loto* algunos agentes que enuncian la falta de respuesta inmediata para la mitigación de los incendios forestales. Asimismo, se define la ruta de abordaje del proyecto.

4.1.2 Flor de loto: causas sobre la falta de respuesta inmediata de los bomberos.

Se entiende que uno de los problemas de los incendios forestales es la accesibilidad a la zona y la respuesta tardía de los agentes de control (bomberos). Por ende, se dispuso a la creación de un cuadro (ver *tabla 3*) donde señala el motivo por el cual los bomberos tardan en ingresar a la zona y sus dificultades:



Tabla 3. Causas falta de respuesta de los bomberos.

Fuente: Elaboración propia.

La *tabla 3* enuncia cuatro causas como lo son: la falta de maquinaria ya que hay zonas de difícil acceso, como es el caso de las zonas montañosas. Además, el transporte de equipo manual en ocasiones se convierte en una dificultad de manejo. Esto se refleja en la

demora de los tiempos de acción, es decir en los tiempos de mitigación de incendios. A continuación, se enuncian las sub-causas derivadas:



Tabla 4. Flor de loto falta de respuestas sub causas

Fuente: Elaboración propia.

Accesibilidad de la zona.

Debido a la ausencia de carretera por las zonas montañosas y la presencia de especies problema (como es el caso del retamo espinoso) que están en la zona, que dificultan el acceso porque presentan espinas o son muy densas y difíciles de cortar, se imposibilita el uso de maquinaria de mitigación de incendios. Donde se presentan los incendios forestales siempre son zonas alejadas, donde a los bomberos les es complicado acceder.

Transporte de equipo manual.

En la labor de extinción de incendios se evidenció que algunas herramientas de mitigación son pesadas y difíciles de transportar y utilizar en terrenos con una inclinación considerable. No solamente esto, sino el esfuerzo físico que emplean los bomberos al

usarlas en condiciones de calor y humo. Es decir, que factores como el equipo pesado, el exceso de trabajo, y la zona afectada, hacen que se dificulte el uso de herramientas y transporte de estas en zonas de difícil acceso.

Uso de maquinaria en zonas de difícil acceso.

En la zona montañosa, no hay sistemas de abastecimiento y mucho menos equipos de extensión. Al ser una zona montañosa es difícil que un carro acceda a este lugar, no solo eso, el único sistema de abastecimiento es del mismo carro, lo que implica un uso de recursos limitados. A esto se le añade que la maquinaria no se adapta a las longitudes y carece de extensión. Por ejemplo, las mangueras no llegan tan lejos en algunos de los sitios de conflagraciones.

Demora en los tiempos de acción.

La zona involucra varios eventos que pueden suceder en la etapa de mitigación y que tardan su realización, como lo son los residuos en caída, donde el viento cambia de dirección. En este caso, no solo es la zona, sino también el riesgo que esto implica ya sea la caída de ramas o el humo denso que imposibilita una visión del área en donde están trabajando. Algunas veces, tienen que esperar a que se consuma un área para poder acceder y empezar con la labor de extinción.

4.1.3 Ruta de abordaje al proyecto

Teniendo en cuenta las causas y sub causas, se empezaron a crear conexiones y rutas de posibilidades donde se podría abordar el proyecto. En la *tabla 5* se explican las rutas del proyecto:

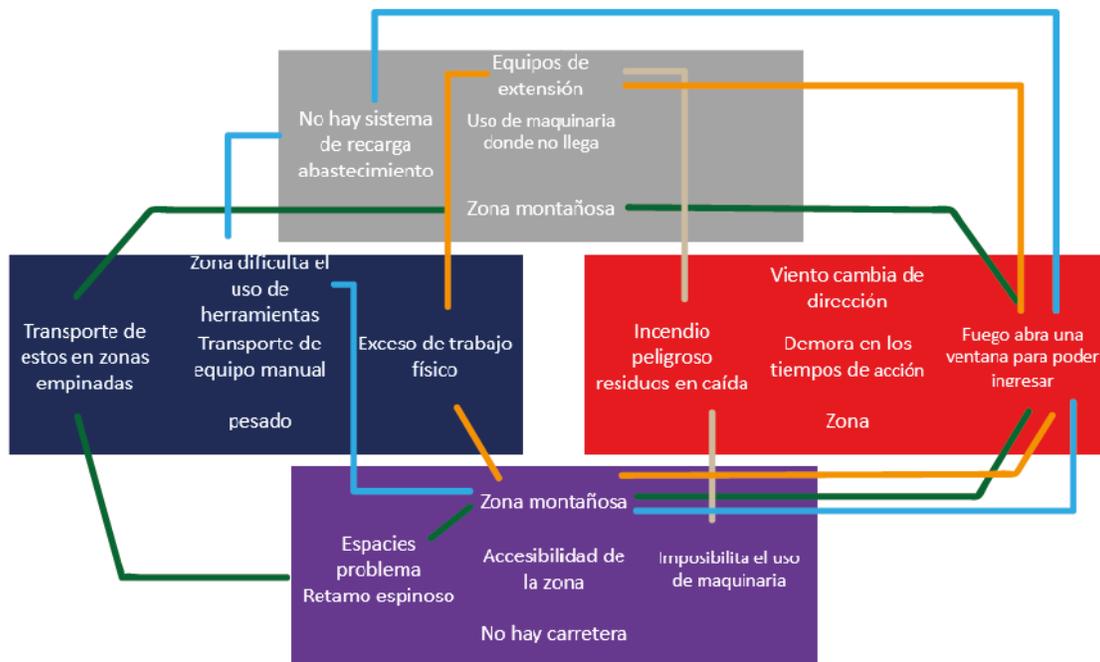


Tabla 5. Posibles rutas de proyecto

Fuente: Elaboración propia.

1. Dispositivo de abastecimiento portable para abrir ventanas de acceso en incendios forestales
2. Dispositivo de fácil transporte que abra ventanas para que los bomberos ingresen a la zona de conflagración sin tener que esperar a que se consuma la zona de ingreso.
3. Dispositivo que disminuya el trabajo físico en zonas de difícil acceso.

De aquí se seleccionó el número tres para la realización del proyecto, además con la entrevista realizada a un ente de control (ver Anexo #1), se evidenciaron problemas en el uso de algunas herramientas en la labor de extinción manual, abriendo una gran posibilidad desde el diseño en la realización del proyecto.

4.2 Círculos iterativos

En esta etapa, se utilizó la metodología de círculos iterativos en la realización de este proyecto, empleando los círculos como medios de avance. Al pasar cada fase en las cuales se plantean los pasos a seguir, (si no se cumple la fase o falta información se puede volver a ella y complementarla para poder avanzar), se plantearon pasos los cuáles requieren: *observación, investigación y entendimiento* que son fundamentales en las fases de desarrollo de cada círculo. La *imagen 1* enuncia la metodología abordada desde los círculos iterativos:

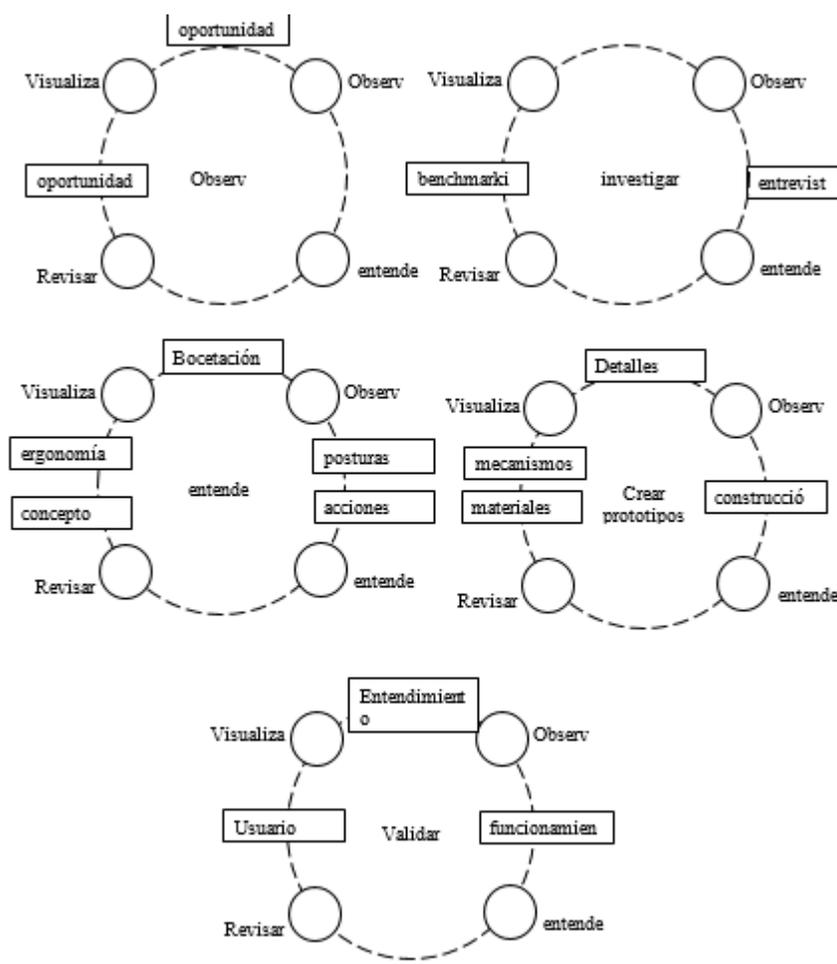


Imagen 28. Metodología de círculos iterativos Milton y Rogers.

4.2.1 Observar

Esta fase trata de comprender el problema a través de la observación de las causas, tipos y fases de incendios presentados en las zonas de difícil acceso, todo ello para entender el contexto y establecer cuáles son los pasos y los protocolos que se deben seguir.

Asimismo, retroalimentando la información si es necesaria, para un mayor entendimiento y comprensión.

4.2.2 Investigar

Con la información recolectada en la anterior fase, se plantean y definen cuáles son los entes de regulación y de acción. Teniendo en cuenta el marco legal, se establecen los implementos utilizados por el Escuadrón Oficial de Bomberos en la erradicación manual, y la recolección los objetos de diseño brindados por el mercado.

4.2.3 Entender

En esta fase, se buscan comprender las interacciones de la herramienta con el bombero, además de los problemas presentados a nivel físico (como lo son el transporte de las herramientas al ingresar a las zonas afectadas transportarlas en el vehículo). También se busca el desarrollo de una herramienta ergonómica para entender las cargas posturales ejercidas en la acción de erradicación manual,

4.2.4 Crear prototipos

En esta fase, se crean los conceptos de diseño y el entendimiento de la forma para así bocetar y dilucidar sus componentes de forma bidimensional, para visualizar este en su forma tridimensional y comprender su escala al factor humano. De este modo, se van realizando iteraciones en cada una de estas para hacer evolucionar la propuesta y pasar a la siguiente fase.

4.2.5 Validar

En esta etapa, se plantea el uso de evaluaciones las cuales miden la eficiencia en la utilización de la herramienta, además del comportamiento del usuario con esta, y de las diferentes partes para tener un mayor conocimiento sobre la manera como soportan el uso.

5. OBSERVAR

Marco teórico

En el desarrollo del marco teórico se tienen en cuenta los diferentes aspectos de un incendio, también la reglamentación y entes reguladores y agentes de acción los cuales velan por la preservación de este ecosistema.

5.1. ¿Qué es un incendio forestal?

El fuego es un fenómeno natural o de origen humano, que se genera cuando un cuerpo vegetal seco recibe calor en presencia de aire. Según la Comisión Distrital para la Prevención y Mitigación de Incendios Forestales, si el fuego se propaga sin control (sin límites preestablecidos) consumiendo material vegetal ubicado en áreas rurales de aptitud forestal o, en aquellas que, sin serlo, cumplen una función ambiental y cuyo tamaño es superior a 0.5 hectáreas, hablamos de incendio forestal (Secretaría Distrital de Ambiente, 2016).



Imagen 29. Motores deforestación MADS (2017).

El 90% de los incendios forestales son ocasionados por el hombre, sin embargo, el tiempo seco y las altas temperaturas se han incrementado en la capital, aumentan el riesgo de las conflagraciones (Secretaria Distrital de Ambiente, 2013). Muchas de ellas a causa de la expansión de tierras, cultivos y objetos como vidrios dejados en la zona incrementan la posibilidad de una conflagración, En términos de fenómenos naturales, las principales causas son las sequías, los fuertes vientos y las bajas precipitaciones, las cuales hacen que el incendio se propague rápidamente (RCN Noticias, 2018).

5.2 Incendios forestales en Bogotá

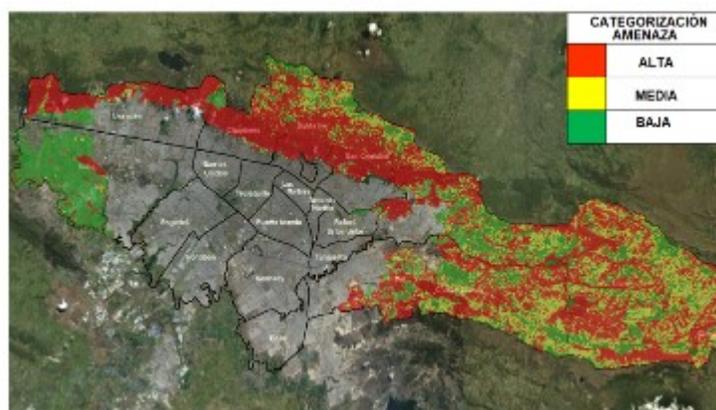


Imagen 30. Mapa de Amenaza por Incendios Forestales para Bogotá, (IDIGER 2015).

En este mapa se muestran los lugares de mayor índice de amenaza de incendios forestales en la ciudad de Bogotá, donde la mayor parte se presentan en las localidades de Chapinero, Santa Fe y San Cristóbal. Además, la *tabla 6* muestra la pérdida de hectáreas por año hasta el 2018, según el observatorio ambiental de Bogotá:

Fecha	Área Afectada por Incendios Forestales AIF (ha)
2002	75,59
2003	3
2004	1554
2005	205,25
2006	8
2007	249,74
2008	18,50
2009	56,40
2010	222,65
2011	7,37
2012	14,55
2013	40
2014	259,81
2015	46,25
2016	377,30
2017	24,07
2018	13,74

Tabla 6. Áreas Afectadas por Incendios Forestales tomado de observatorio ambiental de Bogotá.

5.3 ¿Cuáles son las fases de un incendio forestal?

Los incendios forestales cuentan con tres fases: la *iniciación*, entendida como el comienzo de un incendio ya sea natural o de origen humano. Como segunda fase se encuentra la *propagación*, la cual depende de las condiciones climáticas, topográficas desde donde la vegetación podrá tomar fuerza. Y finalmente se hace referencia a la fase de *extinción*, es la finalización del incendio, donde por un lado el combustible (arbustos, arboles) es terminado y no hay más para consumir. La extinción natural se da donde las lluvias pueden apagar el incendio y la extinción por parte del humano, donde utiliza maquinaria especializada para su erradicación.

5.3.1 Tipos de incendios forestales

De acuerdo con la comisión nacional forestal (Col. San Juan de Ocotán, 2010), se pueden encontrar tres tipos de incendios forestales:

Superficiales: se da desde el origen terrestre en valles y sabanas donde estos solos consumen arbustos y matorrales.

Copa o aéreos: sube desde el suelo hasta las copas de los árboles y se extiende de árbol en árbol.

Subterráneos: se da desde el sub suelo donde mayor mente reside material combustible (carbón) y este se propaga a las raíces de los árboles calentando la tierra.

5.4 Costos de un incendio forestal en Bogotá

Según los estudios realizados por parte de la Comisión Distrital para la Prevención y Mitigación de Incendios Forestales se estima el costo de pérdida de materia prima, biodiversidad, costo de tierra además de los agentes de acción (bomberos, defensa civil y cruz roja) en la *tabla 7*:

ITEM		VALOR TOTAL (\$)
APROXIMACIÓN AL VALOR DE EXTINCIÓN		368,191,167
VALORACIÓN ECONÓMICA DE DAÑO		7,047,036,802
Costos de la Tierra	3,564,007,200	
Costo de la Madera	426,160,368	

Prevención de la Erosión	2,609,443,200	
Preservación de la Biodiversidad	180,000,000	
Captura de CO ₂	41,376,692	
Belleza Escénica	226,049,342	
COSTO DE RESTAURACIÓN		5,207,748,348
VALOR TOTAL		12,622,976,317

Tabla 7. Comisión distrital para la prevención y mitigación de incendios.

5.5 Campañas de prevención de la alcaldía mayor de Bogotá.

A continuación, se presentan los medios físicos y digitales, mediante los cuales la Alcaldía Mayor de Bogotá trata de fomentar la conciencia ambiental sobre los bosques y su importancia, haciendo diversas campañas en los parques naturales y colegios, los cuales están en zona inminente de igniciones por la alta concentración humana y de residuos alrededor de estos que incrementa la probabilidad de presentar un incendio.



Imagen 31. Comisión distrital para prevención y mitigación de incendios forestales

5.6 Protocolos de incendios forestales

En este protocolo se muestran las fases por las cuales pasan de ciudadanía hacia orden nacional. De esta manera, se representa mediante un gráfico los pasos a seguir por cada una de las instituciones nacionales y dependiendo de la conflagración se toman medidas de contención de cierre de vías y evacuación de viviendas, si es que lo amerita. Además del apoyo aéreo si este lo requiere (ver *Imagen 5*).

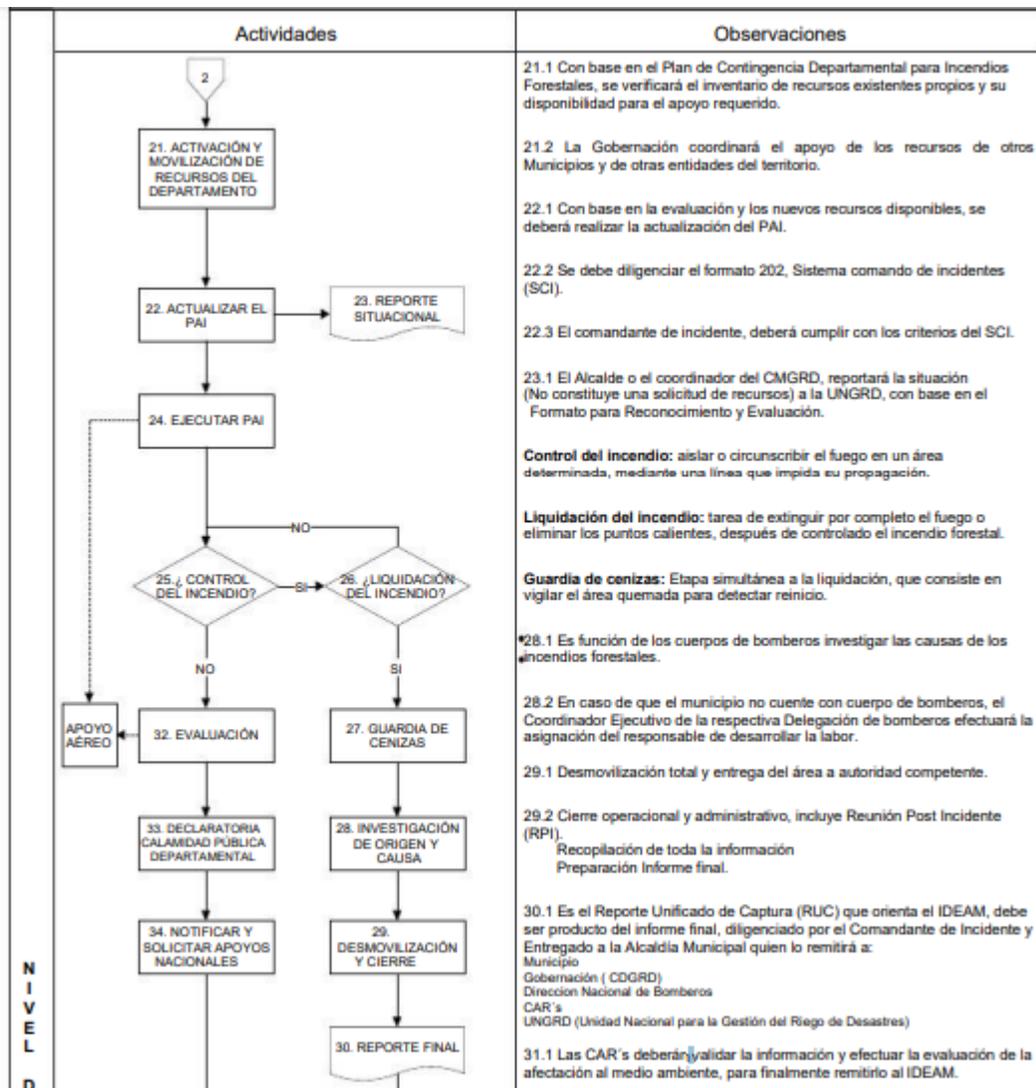


Imagen 32. Protocolo Nacional para Incendios Forestales

6. INVESTIGAR

6.1 Constitución de terreno

Los cerros orientales están constituidos por flora y fauna, además de yacimientos de agua importantes para la capital Bogotana, de esta manera es importante preservar estos lugares para mantener un equilibrio en la zona los cerros, al ser una zona escarpada y empinada en algunos de sus tramos la convierte en lugar inaccesible, además de una alta concentración de materia vegetal que dificulta el ingreso en la zona.

6.1.1 Flora de los cerros orientales

El libro los caminos de los cerros realizado por la Alcaldía Mayor de Bogotá y la Secretaria Nacional de Planeación (Bogotá, 2007), muestra la vegetación perteneciente a los cerros orientales, desde los árboles hasta las plantas nativas y foráneas de la zona, (ver *Imagen 6*):

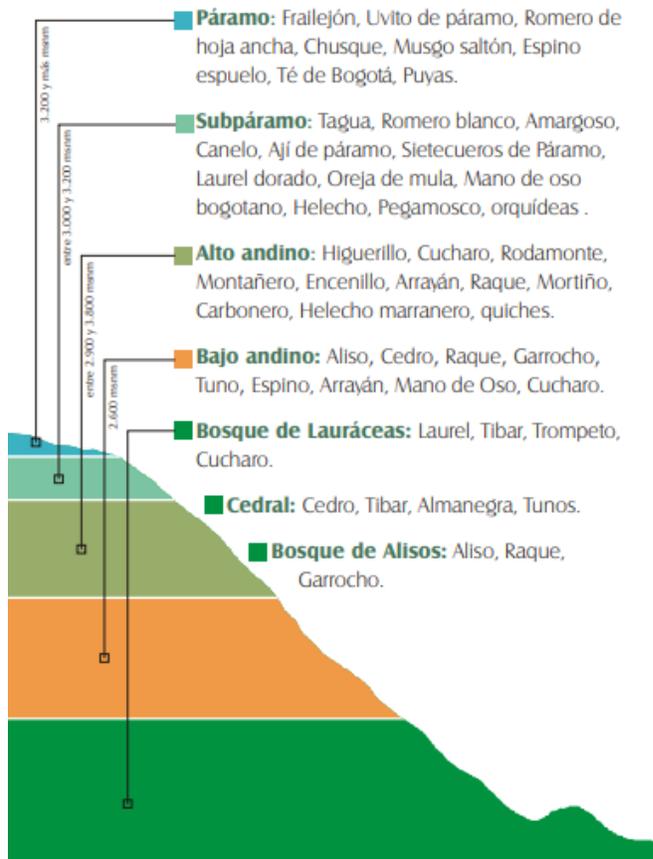


Imagen 33. Masa vegetal cerros orientales

6.1.2 Especies problema

Uno de los principales problemas al momento de combatir los incendios forestales, es tratar con las especies problema, las cuales se vuelven peligrosas si abarcan una gran cantidad de espacio y se extienden por hectáreas, tal es el caso del retamo espino y el eucalipto.

El retamo espinoso es una planta invasora la cual es riesgosa por su alta concentración de aceite, lo cual lo hace altamente combustible. Al ser un arbusto que llega a medir más de 1.5 m es difícil de erradicar (ver *Imagen 7*). Esta planta cuenta con espinas, y es aquí donde los bomberos tienen que lidiar ya que es usual que se enreden con su indumentaria.



Imagen 34. Primera Jornada de Erradicación del Retamo Espinoso. (Alcaldía Municipal de Duitama, 2018)

El eucalipto presenta un gran problema al combatir un incendio forestal, puesto que al ser una especie que crece con rapidez y a una gran altura, además que su madera es de lata combustión, sus hojas no dejan crecer más especies a su alrededor incrementado el pH de la tierra y absorbiendo grandes cantidades de agua, hace que al haber un incendio las llamas alcancen grandes alturas impidiendo el acceso de los bomberos por el material en caída presentado en las conflagraciones.

6.2 Entidades y organismos públicos de control

Existen entidades a nivel distrital y nacional que se encargan de proteger el medio ambiente. Estas entidades velan por la seguridad de los cerros y se encargan de regular y preservar el ecosistema para el mejorar la calidad de vida de las personas teniendo un pulmón cerca en la ciudad de Bogotá. En la *tabla 8* se presentan las entidades públicas responsables y en la *tabla 9* se describen los organismos de acción:

ENTIDADES	Que hace
El ministerio de ambiente	Es la encargada de preservar, conservar y promover prácticas éticas en el uso y el manejo de los recursos a nivel nacional, para garantizar un ecosistema sano a los ciudadanos.
Secretaria distrital de ambiente	Es la entidad encargada de regular y cuidar el ambiente y promover planes de reconstrucción y manejo de espacios naturales, para aprovechamiento de los ciudadanos.
El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales(IDEAM)	Es una institución que genera información confiable sobre los cambios climáticos y el estado de los recursos naturales a nivel nacional, tomando decisiones a partir de los estudios.
Corporación autónoma regional (CAR)	Ejerce la jurisdicción de zonas ambientales y delimita las zonas urbanas y naturales a demás contribuir y preservar el ecosistema de las regiones
Sistema nacional para la prevención y atención de desastres SNAPD	Crea conocimiento a partir del manejo de riesgos el cual delimita las zonas las cuales pueden ser propensas a desastres, articulando con otros sistemas nacionales, para la protección de los habitantes de la zona en peligro.

Tabla 8. Entidades de control.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.1 Organismos de acción

Organismos de acción	Función
Unidad administrativa especial Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá	Protege la vida de los ciudadanos de la ciudad de Bogotá, en accidentes, incendios y riesgos, atiende de manera eficiente y segura emergencias que se presentan, con personal capacitado en distintos tipos de emergencias.
Defensa Civil Colombiana	Mejora el bienestar y la seguridad de la población vulnerable en el territorio nacional, respondiendo a emergencias y desastres naturales.
Fuerza Aérea Colombiana	Cuida el espacio aéreo colombiano de cualquier intromisión a la soberanía y defiende el territorio nacional.

<p>Empresa de Acueducto de Bogotá</p>	<p>El acueducto cuida no solo los cerros si no también los yacimientos de agua, por lo cual tiene a disposición guardabosques los cuales rondan la zona, si hay cualquier inicio de incendio o anomalía darán un llamado a las autoridades.</p>
--	---

Tabla 9. Organismos de acción

Fuente: Elaboración propia.

En el combate de incendios forestales, al tratarse de una situación peligrosa y la zona no es posible acceder a ella, los bomberos tienen que esperar a que el fuego abra una ventana para que ellos puedan ingresar en la zona. Si no es el caso, el mismo Cuerpo Oficial de Bomberos debe pagar a la fuerza aérea por el uso de sus helicópteros por horas, desde su propio presupuesto para combatir el fuego.

6.3 Marco legal

En el año 2002, se presentó el documento Plan nacional de prevención, control de incendios forestales y restauración de áreas afectadas, que profundiza en la creación y verificación de herramientas las cuales ayuden de una manera eficiente y económica en el control y extinción, acordes con los tipos de vegetación en los lugares de conflagración.

6.3.1 Ley número 52 de 1993

Artículo 17. instalaciones, maquinas, equipos y herramientas manuales.

“Ser de buen diseño y construcción, habida cuenta, en la medida de lo posible, de los principios de la ergonomía; mantenerse en buen estado” (Secretaria del Senado 1993).

6.3.2 Normativa de herramientas manuales herramientas de mano

Existe una normativa con respecto al uso de las herramientas manuales. Para ello, se establece una serie de artículos los cuales estipulan los tipos de material y superficie de estos.

A continuación, se nombran algunos de los artículos establecidos por el Comité paritario de salud ocupacional que especifican esta normativa:

ARTÍCULO 355. Las herramientas manuales que se utilicen en los establecimientos de trabajo serán de materiales de buena calidad y apropiadas al trabajo para el cual han sido fabricadas.

ARTÍCULO 357. Los mangos de las herramientas manuales serán de material de la mejor calidad, de forma y adecuadas, superficies lisas, sin astillas o bordes agudos, ajustadas a las cabezas y firmemente aseguradas a ellas.

ARTÍCULO 359. Las herramientas manuales con filos agudos o con puntas agudas estarán provistas, cuando no se utilicen, de resguardos para las puntas o filos.

(Comité paritario de salud, 2009)

6.4 Requerimientos del proyecto

Funcionales y uso	Formales	Ergonómicos	Técnicos
La estructura deberá soportar fuerza de impacto contra suelo	La forma debe amortiguar la fuerza ejercida	El producto deberá ser usado en una disposición que no ejerza carga lumbar con el cuerpo a 90grados	Debe ser fabricado con materiales que soporten el impacto y que se resistente a fisuras y golpes (chasis y carrocería)
deberá contar con mecanismos de bloqueo	Tiene que tener grabado acciones dentro del mismo producto		Deberá tener acero para evitar desgaste en la pieza
Deberá contar con sistemas de plegado para menor carga física en el terreno	Debe tener cierres para mayor acción de despliegue	Deberá tener una inclinación de 45 grados para evitar un desgaste rápido en la labor de extinción	Deberá contar con un metal o polímero que no desgaste cada vez que se despliega evitando así retracción en la herramienta al usarla
Los dientes deberán tener un enervado en la labor de eliminación de maleza	Deben ser dientes Que arranquen maleza y rocas uniendo 2 herramientas		Para mayor duración se utiliza acero anti desgaste que prolonga la vida de los dientes y el filo de esta
Deberá contar con mangos plegables	Su forma debe variar para poder plegarse así mismo	Los magos deben ser con un percentil 95	Deberán ser de goma para mayor agarre con la utilización de guantes
Deberá soportar incrementos de			Polímeros que soportes altas temperaturas y

temperatura de 100
máx.

que no se deformen con
el calor

6.4.1 Evaluación de herramientas existentes

	transporte	Eficacia	Función	Vida útil
<p>pulaski forestal</p>  <p><i>nientos de proyecto.</i></p>	Cargada con dos manos en la cabeza y el mango	En zonas con concentración de ramas gruesas	Corta ramas con el filo y abre zanjas	Tener cuidado con las cuchillas y siempre tener puesto el protector para evitar desgaste si esta cae al piso
<p>bate fuegos</p> 	Cargada con las dos manos en la cabeza y el mango Se puede desmontar la cabeza de caucho	dificulta el uso en terrenos frondosos	Golpea el suelo para sofocar las brazas	El caucho puede presentar desgaste y romperse si se golpea con un objeto en punta ya sea una rama o roca
<p>rastrillo forestal</p> 	Cargada con dos manos en la cabeza y el mango	Alta se puede utilizar en casi en cualquier terreno	Retira el material vegetal pero no es efectivo en zonas con alta concentración de rocas	Se deben verificar después de cada uso los dientes si y la hoja presentan torceduras
<p>rastrillo segador</p> 	Cargada con dos manos en la cabeza y el mango Puede desmontar la cabeza	Alta en zonas con densidad vegetal	corta material vegetal pasto arbustos y se	Se deben comprobar los dientes y su filo después de su uso

Tabla 11. Herramientas existentes.

Fuente: Elaboración propia.

6.4.2 Análisis de referentes

	Uso	Eficacia	Función	Vida útil
 <p>Pala de nieve ergonómica</p>	Uso de dos manos primer mango mano dominante	Dificulta su uso en otros terrenos	Pala de nieve	Vida corta si la cabeza llega a romperse tiene que comprarse una herramienta nueva
 <p>Pala ergonómica</p>	Cargada con las dos manos en la cabeza y el mango Se puede desmontar la cabeza de caucho	Es eficaz en la remoción y disminuye un poco la carga lumbar, con mango giratorio.	Para cavar, remover material,	Alta resistencia a golpes el desgaste es mínimo y solo se produce en la cabeza de la herramienta
 <p>Gorgi</p>	Cargada con dos manos en la cabeza y el mango	Alta se puede utilizar en casi en cualquier terreno, pero se sigue presentando dolor en la zona lumbar	Retira el material vegetal es efectivo en zonas con alta concentración de rocas	Desgaste de cuchillas y se necesitan ser afiladas después de cada uso
 <p>Supermang</p>	Se coloca el segundo mango y se atornilla para asegurar su ajuste	Es eficiente y se adapta a cualquier herramienta y disminuye un poco la carga lumbar	corta material vegetal pasto arbustos y se	Es resistente y pequeño

Tabla 12. Análisis de referentes.

7. ENTENDER

7.1 Cuadro de interacciones y acciones

Se realizó un cuadro el cual demostrara las acciones y el trabajo para realizar el diseño de la herramienta, donde se tiene en cuenta las cargas físicas en la acción y la acción la cual va a desempeñar el usuario en la labor de extinción manual.

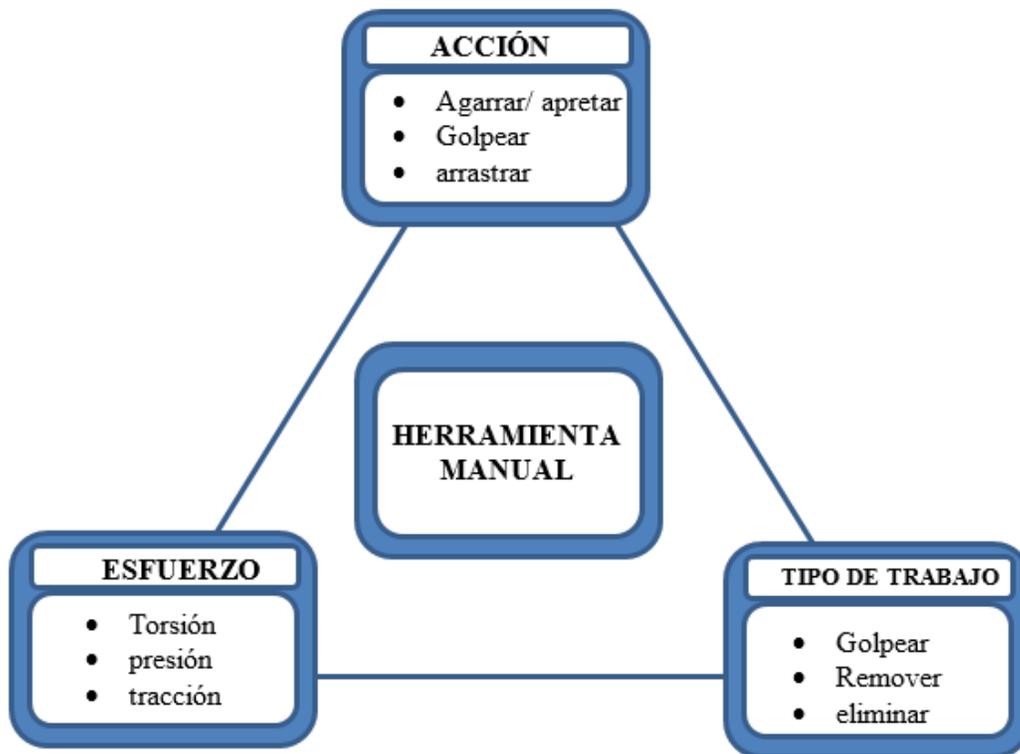


Imagen 35. Cuadro de interacciones y acciones

Fuente: Elaboración propia.

7.2 Equipación de los bomberos

Dentro de la equipación de los bomberos, se encuentra el uso de elementos de protección tales como: chaqueta, botas, pantalón anti fuego con un peso alrededor de los

15kg. Si se suman los otros aditamentos como el hacha y el tanque de oxígeno, son 28 kg de peso a cargar, esto en incendios estructurales y emergencias. En el caso de incendios forestales, los implementos utilizados bajan de peso debido a la carga física presentada en la erradicación de incendios de extinción manual, en este caso los bomberos utilizan: pantalón, camisa, cubre bocas de materiales ignífugo además de casco, botas y gafas, eliminando gran parte de peso en este equipo liviano, (ver *Imagen 9*):



Imagen 36. Indumentaria forestal. Fuente. AEAFFMA (2020)

7.3 Estudio del perfil epidemiológico de los bomberos realizado por la Universidad Libre.

En este estudio realizado por la Universidad Libre, de la carrera Ciencias de la Salud, se plantean casos de estudio los cuales se presentan enfermedades presentes en los bomberos ya sea fracturas, esguinces, o lesiones, problemas psicológicos y pronóstico de problemas físicos a futuro más frecuentes en acción si estos persisten en la actividad. Se estableció que las dolencias más frecuentes de los bomberos son: el dolor de espalda, el

cuello y la cintura, donde estas afectaciones suman casi el 60%. Algunas de estas dolencias se presentan por la mala postura al hacer una acción durante un tiempo prolongado (ver *tabla 13*).

DOSQUEBRADAS		
DOLOR EN	FRECUENCIA	%
Cuello	11	52%
Cintura	10	48%
Espalda	8	38%
Rodillas, tobillos o pies	6	29%
Codos, muñeca o manos	5	24%
Hombros	3	14%

Tabla 13. Epidemiología bomberos. Fuente: Universidad Libre, 2013.

7.4 Análisis ergonómico

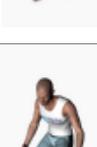
La herramienta OWAS (Ovako Working Analysis System), la cual sirve para identificar las tareas a realizar y los tipos de postura los cuales ejerce el trabajador en el momento de ejercer su labor y aumentar la productividad del trabajador en su labor.

Se seleccionó esta herramienta para el desarrollo del proyecto puesto que puede identificar las posturas ejercidas en la labor de extinción manual en la utilización de herramientas manuales mediante la evidenciación de cargas perjudiciales. Por otro lado, también se escogió esta herramienta con base al estudio epidemiológico de los bomberos realizado por la Universidad Libre (2013) donde se presentó la sintomatología de los bomberos. En la herramienta se plantean diferentes posiciones de brazos, espalda (ver *tabla 14*) y piernas (ver *tabla 15*):

Espalda	
1	 <p>Espalda totalmente recta</p>
2	 <p>Espalda inclinada hacia delante con un Angulo mayor a 20°</p>
3	 <p>espalda girada hacia cualquier lado</p>
4	 <p>Espalda inclinada con torsión a izquierda o derecha con un Angulo mayor a 20°</p>

Brazos	
1	 <p>Brazos debajo de los hombros</p>
2	 <p>Un brazo por encima del hombro</p>
3	 <p>Los dos brazos parcialmente o totalmente por encima de los hombros</p>

Tabla 15. Posición de piernas. Tabla 14. Posición de brazos y espalda.

Piernas			
1	 <p>Sentado el peso reposa en un solo punto de presión los glúteos</p>	5	 <p>Persona inclinada con ambas piernas flexionadas soportando el peso en una pierna</p>
2	 <p>Ambas piernas rectas</p>	6	 <p>Trabajador se encuentra con las rodillas en el suelo</p>
3	 <p>Soportar el peso en solo una sola pierna reta</p>	7	 <p>Camina</p>
4	 <p>Persona inclinada con ambas piernas flexionadas</p>		

El método OWAS aplica siete posiciones de las piernas, en las cuales el trabajador puede realizar durante el tiempo de ejecución de la herramienta, también hay más de siete posiciones que se pueden encontrar, no obstante, estas son las más comunes y que siempre se utilizan en el uso de esta herramienta de medición.

Teniendo en cuenta que en la labor de extinción no solo es única de los bomberos, sino también de la Defensa Civil y del Ejército Nacional, los cuales también utilizan estas herramientas manuales, también se toman sus posiciones en la labor de extinción manual de incendios forestales. En la siguiente tabla se presentan las cargas en las cuales desarrollan la actividad (ver *tabla 16*):

Carga	
1. 10 kg	La carga es hasta los 10 Kg
2. 20 kg	La carga se encuentra entre 10 Kg y 20 Kg
3. Superior a 20kg	Carga superior a los 20 Kg

Tabla 16. Peso de carga.

Fuente: Elaboración propia.

Código numérico

Se aplica el código dependiendo de las posturas ejercidas durante la actividad y se seleccionan los números y se colocan en cada casilla. A continuación se presentan las cargas posturales en acción-ejecución, carga postural en transporte y el cálculo de riesgo:

Carga postural en acción-ejecución

Espalda	brazos	Piernas	carga
1	1	4	1



Carga postural en transporte.



Cálculo de riesgo.

Postura		
1	La postura y acciones no representan ningún riesgo	No requiere intervención
2	Postura podría generar daño a futuro en el sistema musculo esquelético.	Se necesitan tomar medidas a futuro
3	Postura perjudicial que puede dañar el sistema musculo esquelético.	Se necesitan tomar medidas en poco tiempo
4	Hay un daño en el sistema musculo esquelético en la acción del trabajador	Se necesita tomar medidas lo más pronto posible

Tabla 17. Cálculo de riesgo.

En la *tabla 18* se tabulan los resultados obtenidos en el analisis de posturas:

		Piernas			Carga			Espalda			Brazos			Carga									
		1			2			3			4			5			6			7			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Postura	Actividad																						
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	4	4	3	4	3	3	3	4	2	3	4
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	3	3	3	4	2	3	4	
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	1	
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	4	
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	4	
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	4	

Tabla 18. Análisis de posturas. Fuente: OWAS (2006)

Se entiende que, en la labor de extinción de incendios manual de color morado, azul y naranja, que las posturas de carga no son problema, pero si lo es el uso de esta en el entorno ya que a futuro puede desencadenar problemas físicos en la zona lumbar. En la siguiente tabla se muestra la constancia en la cual se desarrolla la actividad y si está a futuro puede generar problemas en el sistema musculo esquelético:

		Frecuencia Relativa										
		≤10%	≤20%	≤30%	≤40%	≤50%	≤60%	≤70%	≤80%	≤90%	≤100%	
ESPALDA	Espalda derecha	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Espalda doblada	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	
	Espalda con giro	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	
	Espalda doblada con giro	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	
BRAZOS	Dos brazos bajos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Un brazo bajo y el otro elevado	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	
	Dos brazos elevados	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	
PIERNAS	Sentado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
	De pie	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
	Sobre una pierna recta	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	
	Sobre rodillas flexionadas	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	
	Sobre una rodilla flexionada	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	
	Arrodillado	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	
	Andando	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	

Tabla 19. Análisis de postura. Fuente: Ergonautas (2006)

En la ejecución de la actividad no presenta ningún problema en el transporte, pero si en la ejecución en la cual, tener una espalda curva y que el terreno hace que apoyen su

cuerpo sobre una pierna hace que el desarrollo en la labor de extinción manual sea problemático ya que no solo es un día, son meses, aunque descansen la labor puede generar problemas físicos en el bombero. Teniendo en cuenta el estudio desarrollado por la Universidad Libre (2013) sobre epidemiología de los bomberos, el 60 % de estos presentan dolencias en la zona lumbar ya sea por acción o malas posiciones que desencadenan lumbalgias si la actividad es constante como lo es un incendio forestal.

7.5 Ergonomía

7.5.1 Posición de trabajo

Uno de los problemas más comunes en el trabajo de la extinción de las conflagraciones es el dolor lumbar por el trabajo y carga física. De aquí se entiende que la posición en el trabajo y la acción de esta puede cambiar dependiendo de la tarea. En ese sentido, se propone que la acción del bombero o de aquel que use la herramienta se encuentre en una posición con la espalda recta disminuyendo la carga lumbar, incluyendo el agarre de mano vertical.

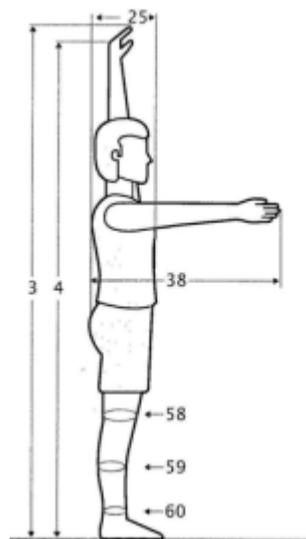


Imagen 37. Posición de pie. Fuente Medidas Latinoamericanas quaad (n.d.)

7.5.2 Extensión de brazo

En el uso de la herramienta, la posición de los brazos no debe sobrepasar el hombro. De esta manera, se disminuye la carga física en acción y riesgo de lesiones, teniendo en cuenta que la distancia entre brazos es de 45 cm para el uso de esta herramienta (ver *Imagen 11*):

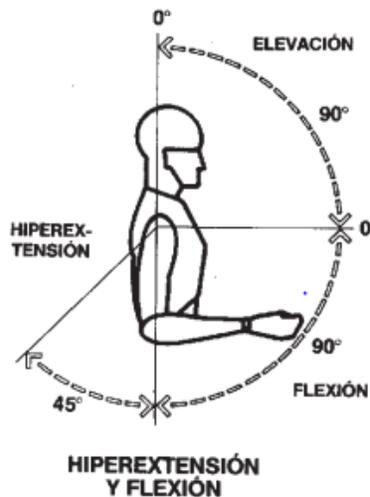


Imagen 38. Extensión de brazo. Fuente: dimensiones humanas en espacios interiores. (Panero 1979).

7.5.3 Posición de mano

En la utilización de la mano dominante (diestro o zurdo), es la mano con la cual se va hacer la acción de tirar y la otra de golpear con la herramienta el suelo. La posición de la mano dominante será en un ángulo 0, y la segunda en una posición a 90°, con un mango de 40 mm de diámetro con relieves y protuberancias para que la mano no se deslice y no cause lesiones mientras la herramienta está en uso.

La acción de la herramienta es la misma que la de un serrucho se tira y se jala en una misma dirección (ver *Imagen 12*):



Imagen 39. Posición de mano. (Panero 1979).

7.6 Transporte de la herramienta

La herramienta se transporta desde la caja de herramientas en el carro de bomberos, esta cuenta con cavidades especiales las cuales se cuelgan con ganchos donde se cuelgan las herramientas y quedan firmes, o por debajo de la cabina del conductor donde cuentan con espacios para almacenamiento de equipo.

7.7 Transporte de la herramienta en acción

Los bomberos en su equipamiento cuentan con arnés, el cual es empleado en el tanque de oxígeno, si es necesario dependiendo de la situación. De esta manera, se prevé que el mismo arnés sirva para el transporte de la herramienta, siendo de fácil transporte. Es decir, que el bombero cuenta con las manos libres durante la labor de ingreso a la zona, (ver *ilustración 3*):



Ilustración 3. Transporte de la herramienta.

Fuente: Elaboración propia.

7.8 Cambio de cabezal de la herramienta

La herramienta cuenta con pines los cuales solo deben girarse al momento de colocar la cuchilla o rastillo dependiendo de la zona y fase de defensa que necesite el operario.

La cabeza es de fácil remplazo si en esta se llegaron a presentar daños (ver *Imagen 13*).



Imagen 40. Cabezal.

Fuente: Elaboración propia.

7.9 Herramienta manual: fases de defensa

Dentro de las fases de defensa en la erradicación manual se encuentran tres: fase de marcado, fase de cortado y fase de arrastrado. A continuación, se explicará cada fase:

Fase de marcado: en esta fase, se delimita la zona y se crea un perímetro para que el fuego no se extienda más por vía terrestre.

Fase de cortado: esta fase consiste en cortar y eliminar de la zona las raíces y material vegetal seco.

Fase de arrastrado: En esta fase, se arrastra todo el material vegetal y remoción de tierra para crear una línea de defensa para que no cruce el fuego por vía terrestre. De esta manera, se prevé que el uso de esta herramienta, se encuentra en la fase de arrastrado y cortado donde esta puede desempeñar estas funciones.

8. CREAR PROTOTIPOS

8.1 Bocetación

Dentro de la bocetación y exploración se tomó como referente principal el brazo de la mantis religiosa, puesto que este es capaz de plegar y desplegar sus extremidades frontales por medio de acciones como la caza. De esta manera, tomando estas acciones y la morfología del insecto se pretenden conceptualizar.



Ilustración 4. Figura humana elaboración propia

Se desarrolla la exploración mediante la extensión y retracción de la herramienta en caso de que el usuario lo requiera dependiendo del contexto. En este punto, se pretende juntar las dos herramientas más usadas en la extinción manual de incendios, los cuales son el *rastrillo* para la eliminación de maleza y el *azadón* para impedir que el fuego se propague por vía terrestre.

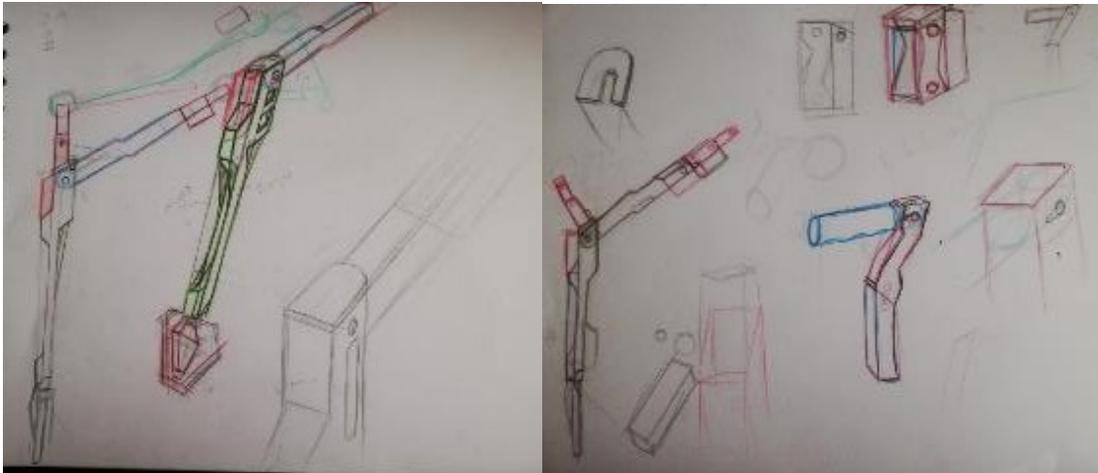


Ilustración 5. Boceto1.

Fuente: Elaboración propia.

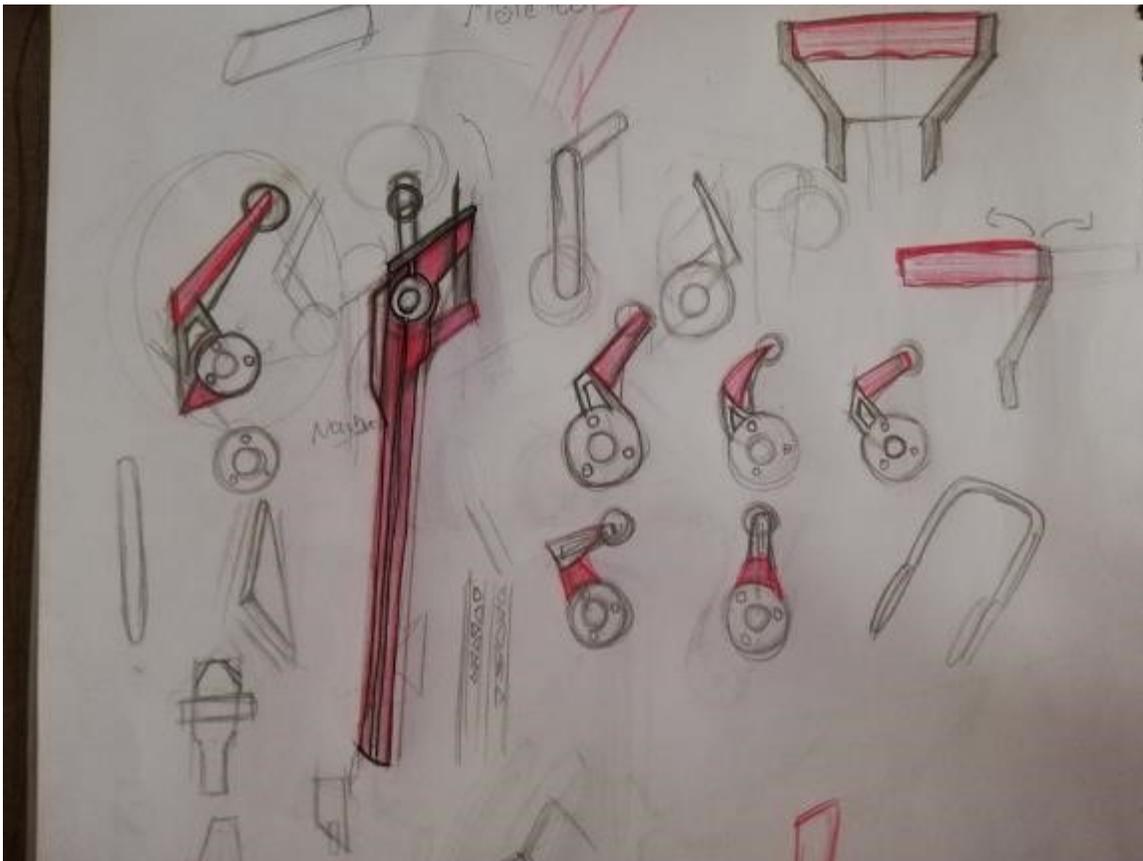


Ilustración 6. boceto 2.

Fuente: Elaboración propia.

8.2 Evolución de la propuesta

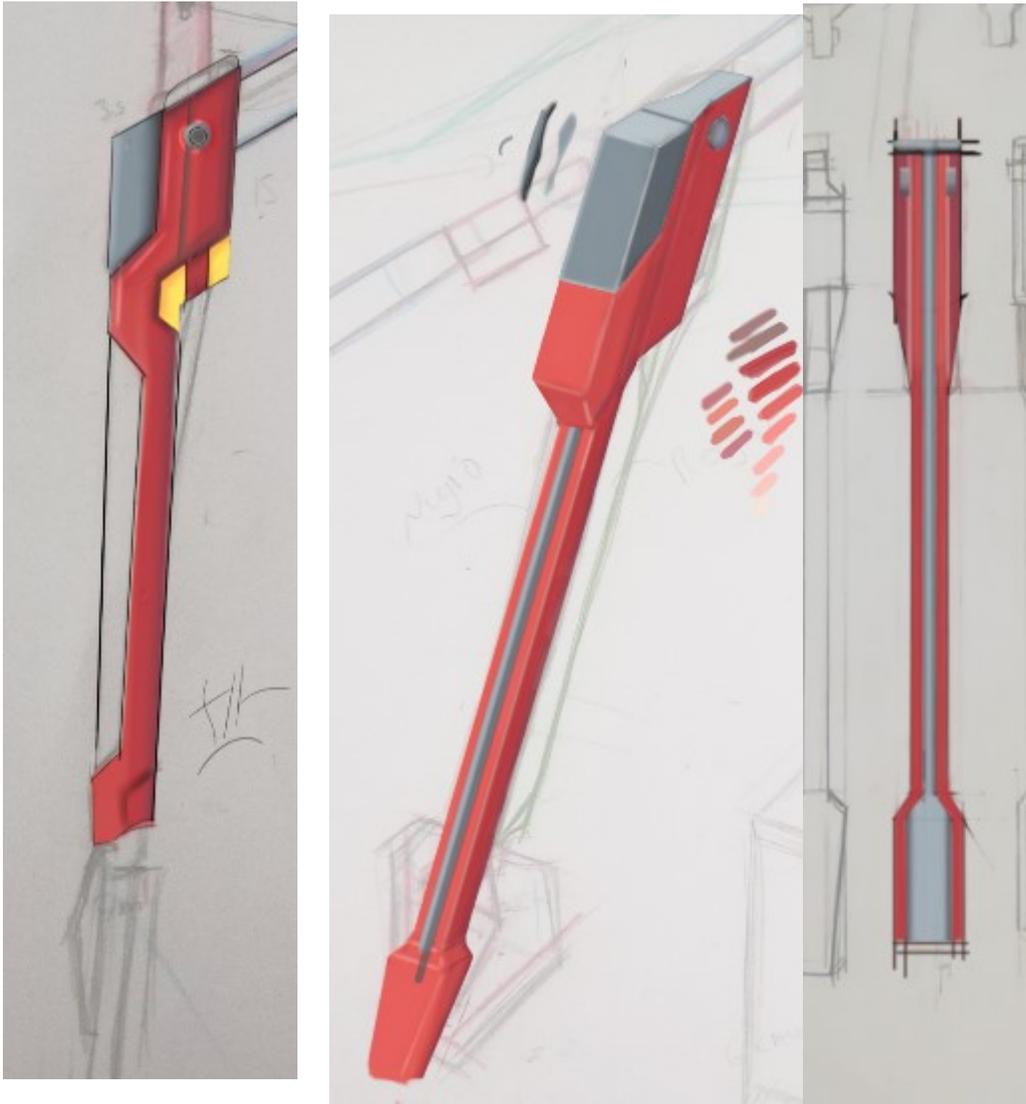


Ilustración 7. Boceto 3.

Fuente: Elaboración propia.

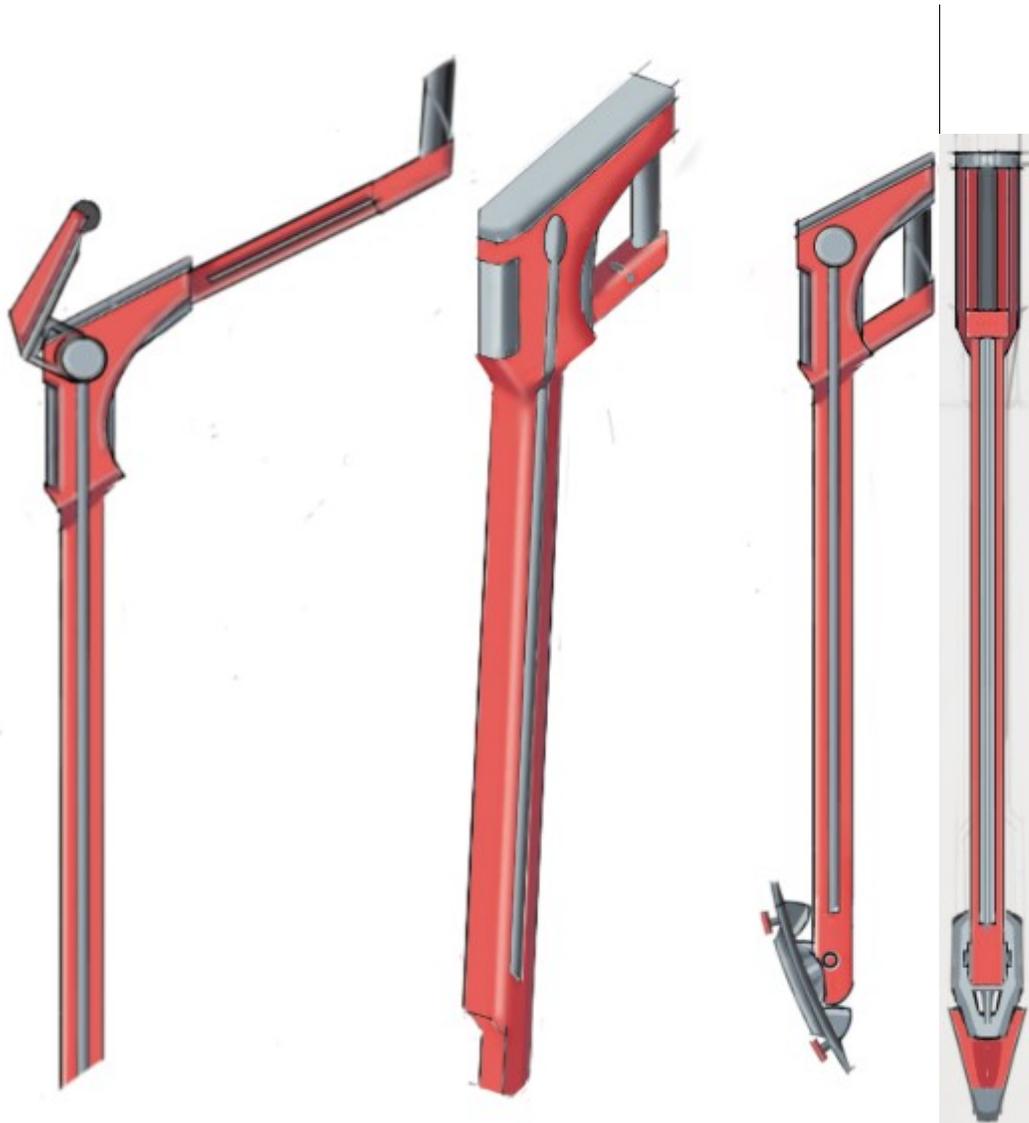


Ilustración 8. Boceto 4.

Fuente: Elaboración propia.

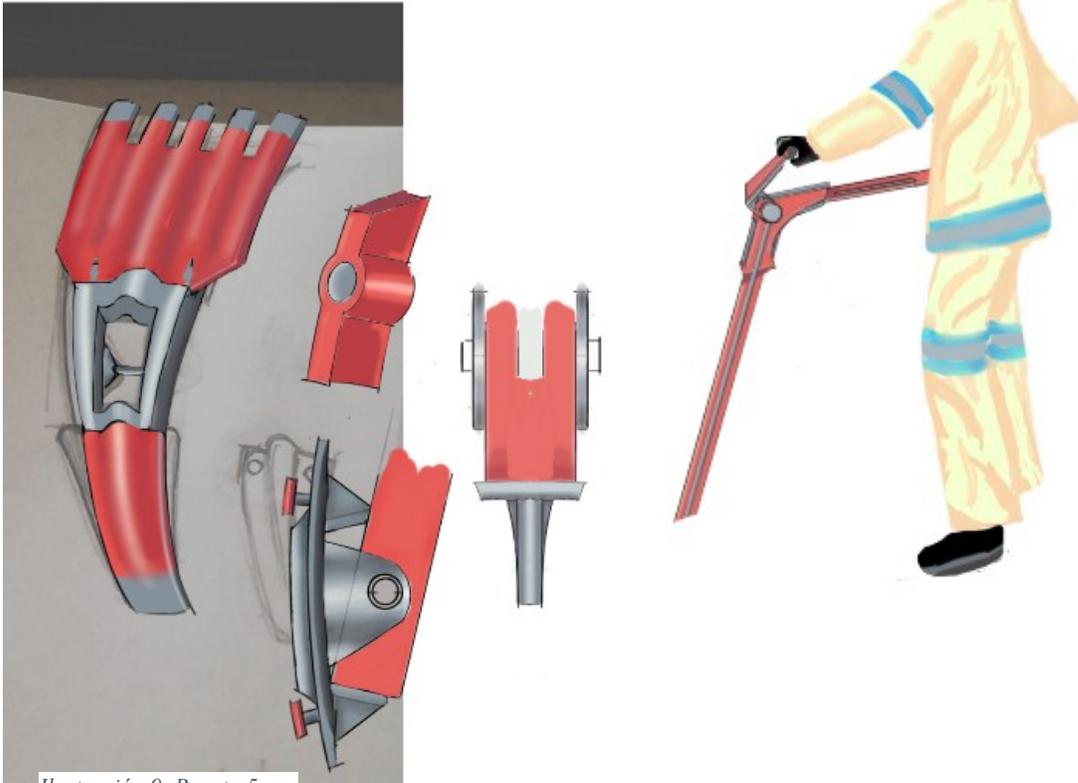


Ilustración 9. Boceto 5.

Fuente: Elaboración propia.

8.3 Desarrollo de aproximación formal.

En el desarrollo del modelo formal, su aproximada escala es 1.1 en donde se toman en cuenta las dimensiones antropométricas de brazo y distancia entre cada uno. Se aproxima a una primera forma de extensión de la herramienta, (ver *Imagen 14*):



Imagen 41. Aproximación formal.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 42. Aproximación formal 2.

Fuente: Elaboración propia.

Hay que tener en cuenta que el uso de la herramienta el cuerpo debe estar a 90° y la distancia entre muñeca y muñeca es de 45° . Por otro lado, se debe tener presente el uso de mecanismos de bloqueo en la herramienta.

8.4 Modelado y proceso de detalle

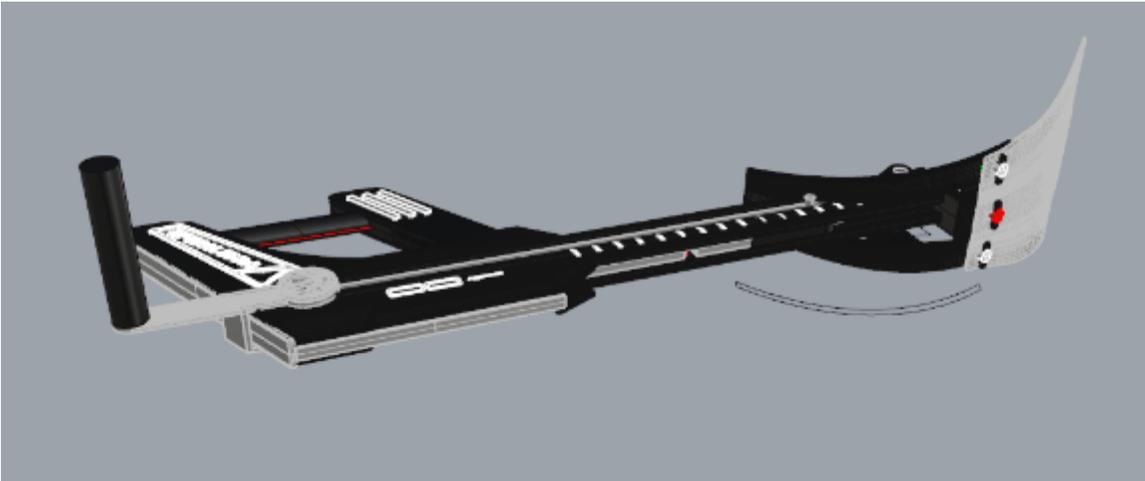


Imagen 43. Detalle 1.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 44. Detalle 2. Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

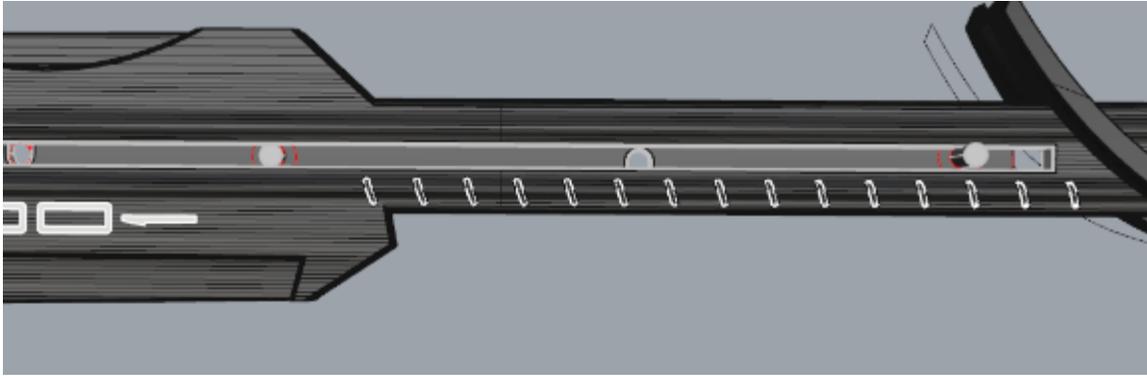


Imagen 45. Detalle 3.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 46. Detalle 4.

Fuente: Elaboración propia.

Para aumentar la resistencia, se realizaron nervaduras en la herramienta en forma vertical aumentado la resistencia del material y se eliminaron algunos espacios de la herramienta para aligerar su peso. En la cabeza de la herramienta se escogió *acero urssa 4400* el cual es usado en la mayoría de cabezas de Palas y herramientas agrícolas, por su alta resistencia y flexibilidad.

Para aligerar la herramienta se pretende utilizar fibra de carbono HR, puesto que sus propiedades presentan alta resistencia mecánica a golpes. Por este motivo se plantea la

utilización de moldes para colocar capa por capa de la fibra de carbono para dar así la forma de la estructura.

Para la carcasa de la herramienta se propone utilizar poliamida, el cual presenta alta resistencia al calor y es un polímero de inyección.

8.5 Renderizado de la herramienta



Imagen 47. Render 1.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 48. Render 2.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 49. Render 3.

Fuente: Elaboración propia.

Variación de color



Imagen 50. Render 4.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 51. Render 5.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 52. Render 6.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 53. Render 7.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 54. Figura humana.

Fuente: Elaboración propia.

Aportes a otros campos.

Teniendo en cuenta el desarrollo de este proyecto, se entendió que los implementos de erradicación manual en un incendio forestal son eficaces. Sin embargo, estos implementos cuentan con poca innovación en su desarrollo. Quienes emplean estos implementos a diario presentan dolencias físicas y problemas a futuro, a causa de ejecutar la misma acción y haciendo malas posturas. Además, son los mismos implementos que utilizarían campesinos en su labor diaria, lo cual permitiría abrir un campo en el sector agrícola, en donde algunos de los campesinos no cuentan con maquinaria adecuada a su contexto y todo su trabajo se basa en la fuerza manual.

Conclusiones

El resultado llegado en este semestre trabajando con las herramientas de extinción manual, demuestra que el diseño puede participar en cambiar los hábitos y las posturas, a partir de un producto.

Teniendo en cuenta los objetivos planteados, se cumplieron en el desarrollo e investigación y se realizaron las evaluaciones ergonómicas para el uso de la herramienta, con el propósito de mejorar la postura y carga física, además del guardado y traslado a zonas de acción. No obstante, las cosas que se deben tener en cuenta en la realización de este proyecto son la sostenibilidad y la viabilidad en este, puesto que no se tuvieron en cuenta aspectos tales como: la capacitación en el uso de la herramienta y la vida útil de este, los costos en reparación, el empleo de un personal capacitado para el mantenimiento de esta, el costo de la materialización del producto con un costo de material elevado, dificulta la accesibilidad de esta herramienta a los bomberos.

Con respecto a lo que acontece en el año 2020 sobre la pandemia, se dificulta la investigación en campo y la interacción con el usuario principal, ya que la validación con el agente de acción (bombero) es realmente necesaria, en vista de que brinda la retroalimentación apropiada para el proyecto en términos de la función indicativa de la herramienta. Como resultado se realizaron entregables digitales del producto final, por ende, esto impidió concebir al final una aproximación formal del proyecto.

Bibliografía

- Ambiente, M. d. (2012). Obtenido de CARTILLA ORIENTADORA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO EN INCENDIOS FORESTALES:
http://www.minambiente.gov.co/images/Articulos-slider-destacados/Incendios_Forestales/cartilla_incendios_forestales_ley_1523_2012.pdf
- Bogotá, A. M. (MAR. de 2015). *COMISIÓN DISTRITAL PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE INCENDIOS FORTESTALES*. Obtenido de
http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=fdfa58fa-72c5-4327-8f30-fb4d3c319dd5&groupId=3564131
- DNBC. (2017). *DIRECCIÓN NACIONAL DE BOMBEROS DE COLOMBIA*. Obtenido de
https://bomberos.mininterior.gov.co/sites/default/files/informe_de_gestion_dnbc_2017.pdf
- IDEAM. (19 de SEP. de 1997). *DECRETO 2340*. Obtenido de
http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/dec_2340_190997.pdf/2b16e527-603e-4af9-bab5-d1907fe47a1a
- (INMA), I. M. (1969). *NORMATIVIDAD COLOMBIANA SISTEMA CONTRA INCENDIOS*. Obtenido de <https://www.inma.com.co/index.php/nuestro-blog/164normatividad-colombiana-en-sistemas-contraincendio>
- MININTERIOR. (30 de NOV. de 2018). *INFORME DE INCENDIOS FORESTALES*. Obtenido de
https://drive.google.com/file/d/17u4a48DIhmiBmacBwRPKTJ2yImacP_/view
- Planeación, s. d. (1993). *Secretaría distrital de planeación*. Obtenido de ambiente y ruralidad: <http://www.sdp.gov.co/gestion-territorial/ambiente-y-ruralidad/cerrosorientales>
- Radio, C. (29 de DIC. de 2015). *Caracol radio*. Obtenido de Fuerza Aérea:
https://caracol.com.co/radio/2015/12/29/nacional/1451422348_228420.html
- SEMANA. (10 de SEP. de 2017). *SEMANA SOSTENIBLE*. Obtenido de
<https://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/invasiones-en-bogota-unproblema-preocupante-y-de-inseguridad/38603>

Sostenible, M. d. (20 de oct. de 2019). *Ministerio de Ambiente*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=428:planta-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-23#documentos>

Bolivariana, U. P. (2009). *copaso*. Obtenido de copaso: <http://copaso.upbbga.edu.co/>
CAR, C. A. (10 de feb. de 2016). *ambiente bogota*. Obtenido de http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=3e16bacc-61c0-4148-96b0-ac7fb213ee68&groupId=586236

ANEXOS

Anexo #1. Entrevista bombero forestal

Entrevista a Mauricio Navas, bombero forestal de la estación Alexander Martin Segura de la localidad novena de Bogotá.

- ¿Cuáles son las fases de un incendio forestal?
- ¿Porque es tan complejo enfrentar un incendio forestal?
- ¿Porque el tiempo de respuesta es demorado?
- ¿Porque no se usa más la vía aérea cuando apenas está en su fase extensión el incendio?
- ¿Cómo extinguen el fuego utilizan agua o retardantes de llama?
- ¿Qué herramientas manuales utilizan?
- ¿Cuál es la más difícil de usar?
- ¿Utilizan dispositivos en incendios forestales

Mientras se hacia la entrevista se hacían otras preguntas:

- ¿Cuáles son las especies vegetales más problemáticas y por qué?
- ¿Cuáles son los equipos de extensión utilizados en incendios forestales?
- ¿cuánto dura un incendio forestal en extinguirse.?

Anexo #2. Fichas técnicas

Fichas

Imagen del producto		Nombre	Imagen	Especificaciones	Características
				<p>Es un termoplástico amorfo con gran resistencia mecánica y rigidez. Eminger extruye semielaborados del polímero PEI en planchas y barras utilizando resina Ureem de Sabic. El termoplástico PEI es transparente y de color ámbar con excepcionales propiedades mecánicas, térmicas y eléctricas. En las variantes aditivadas, el refuerzo con fibra de vidrio.</p>	<p>Elevada temperatura de servicio continuado (170 °C) Gran resistencia mecánica Gran rigidez Muy buena resistencia a la hidrólisis (adecuados para esterilización retenida con vapor)</p>
				<p>No se corroe, es reflectivo y buen conductor térmico, no es magnético, ni tóxico al organismo humano, se puede fundir, maquinarse, laminar, forjar, extruir, y soldar, además de ser 100% reciclable. El aluminio se usa en muchas industrias.</p>	<p>Acabado superficial: De conformidad con EN 10163-2 Clase B3. Las piezas cortadas de bobina se entregan en acabado negro.</p>
				<p>No se corroe, es reflectivo y buen conductor térmico, no es magnético, ni tóxico al organismo humano, se puede fundir, myectar, maquinarse, laminar, forjar, extruir, y soldar, además de ser 100% reciclable. El aluminio se usa en muchas industrias, tales como las de transporte, refrigeración, eléctrica, envases.</p>	<p>Coefficiente de Poisson: 0.34 Módulo de elasticidad: 6.900 kg/mm² Módulo de torsión: 2.700 kg/mm²</p>

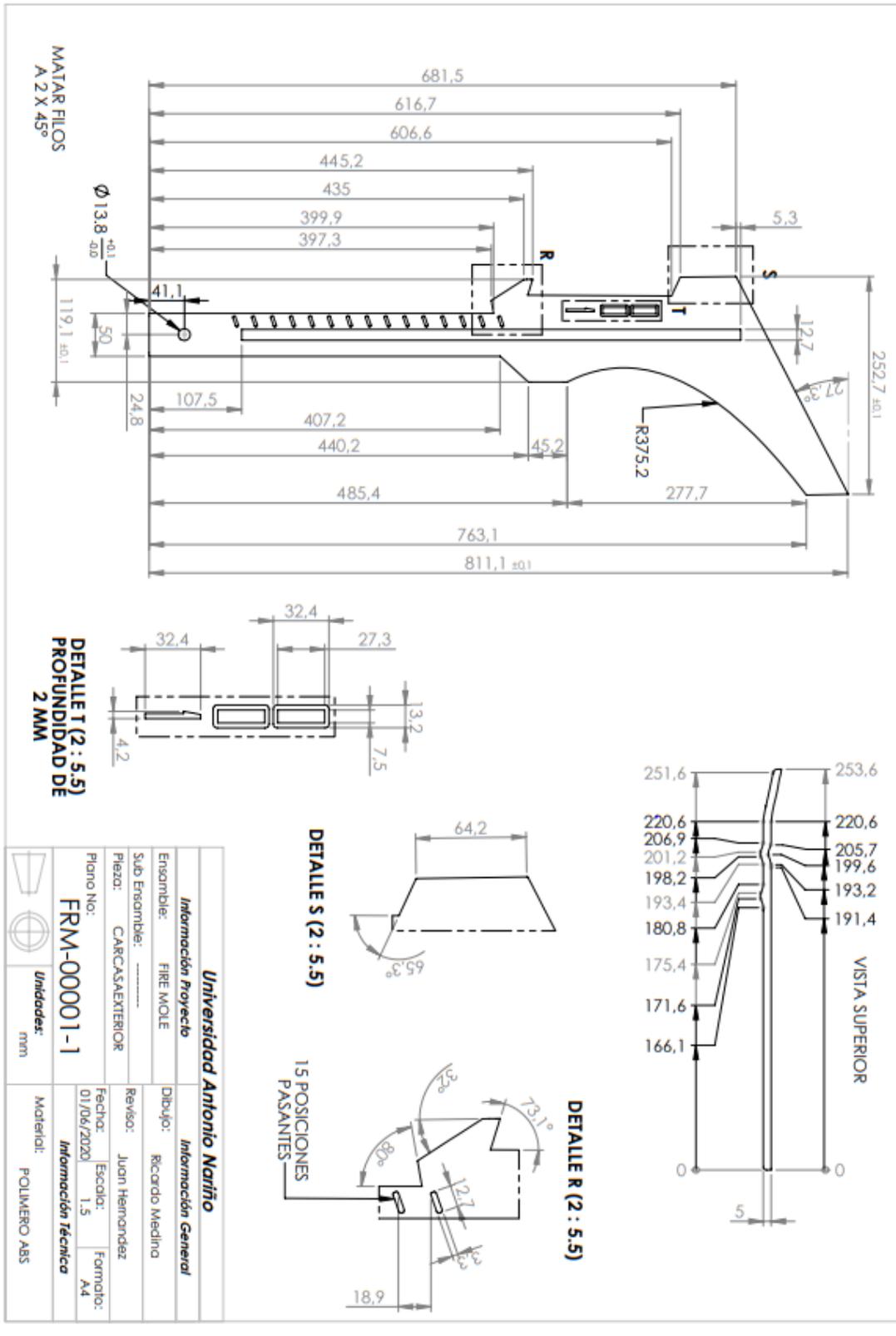
Tabla

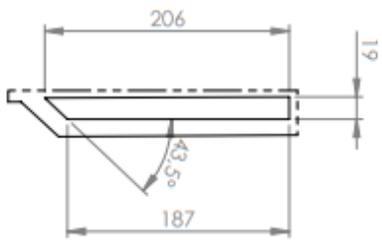
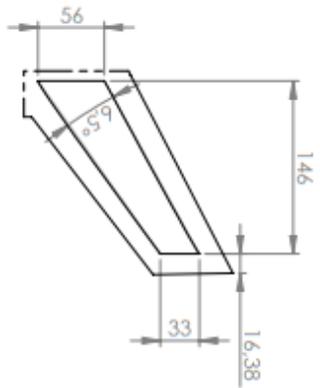
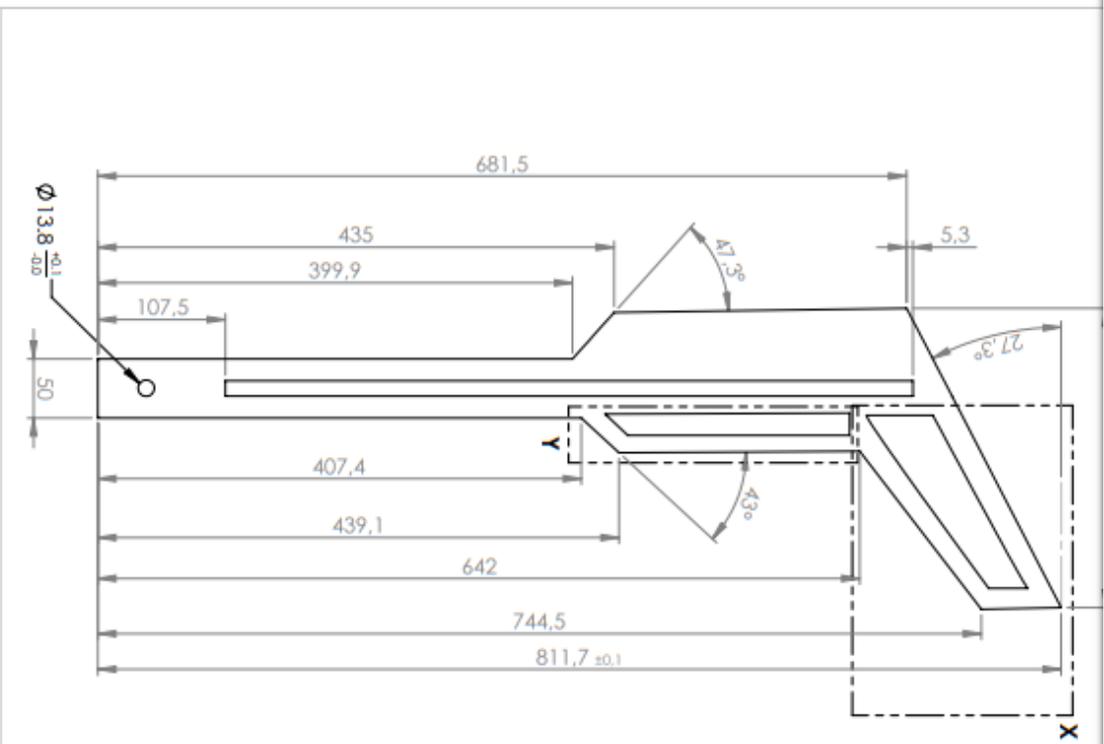
EMPRESA: FIRE MOLE		LÍNEA: AGRICOLA	
Artículo	00001	Opciones de colores	
Referencia	Cuerpo de bombero		PANTONE Primrose yellow
Aceros	Ursa 690, Aluminio 8025		PANTONE Sharkskin
Composición	Fibra de Carbono		PANTONE Black C

Combinación de colores			
Base	Forrería	Avios y herrajes	
Negro	Si	Negro a tono	
Gris	No	Gris a tono	
Amarillo	No	-	
 Fibra de Carbono			

Tabla

Anexo #3. Planos técnicos

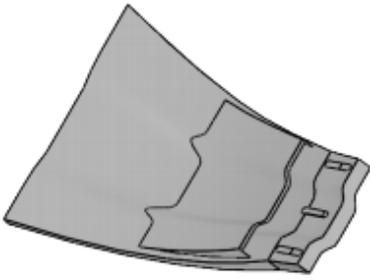
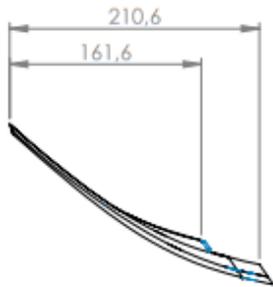
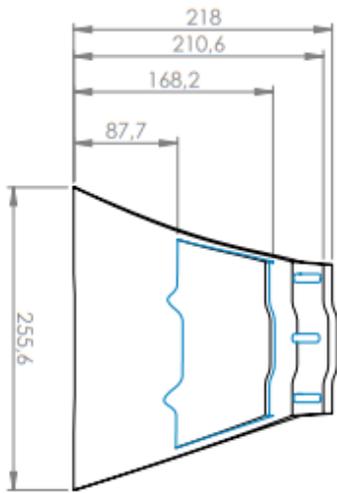
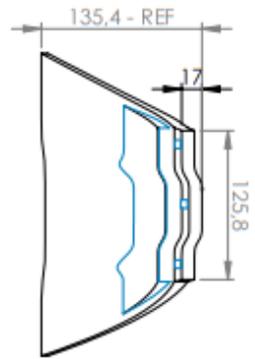




MATAR FILOS
A 2 X 45°

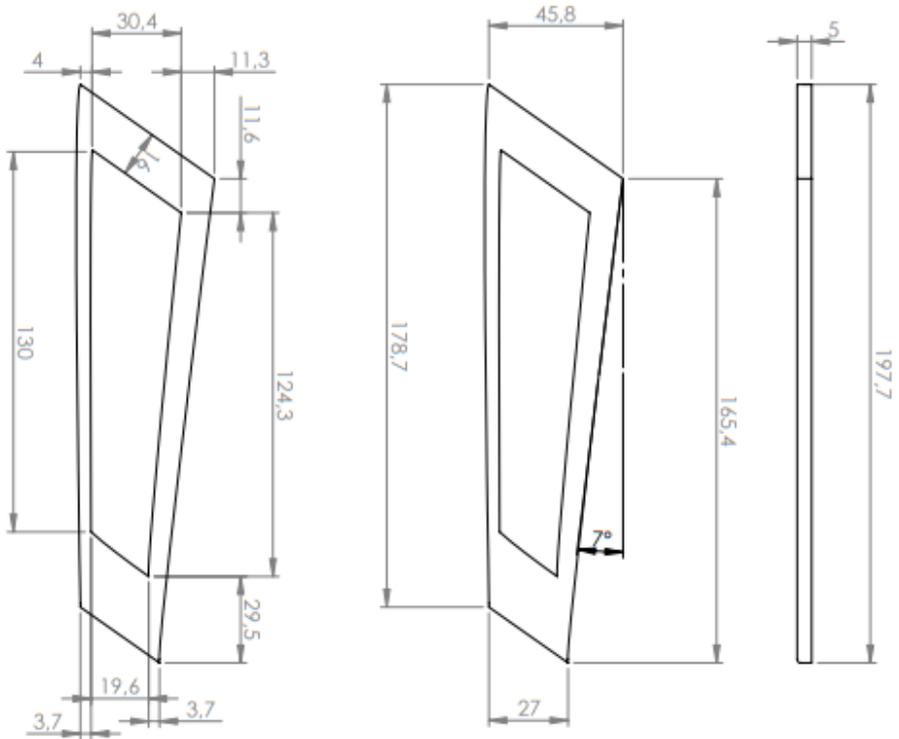
Universidad Antonio Nariño	
Información Proyecto	Información General
Ensamble: FIRE MOLE	Dibujo: Ricardo Medina
Sub Ensamble: _____	Revisó: Juan Hernandez
Pieza: CARCASA EXTERIOR	Fecha: 01/06/2020
Plano No: FRM-00001-2	Escala: 1.5
	Formato: A4
	Información Técnica
	Materia: POLIMERO ABS





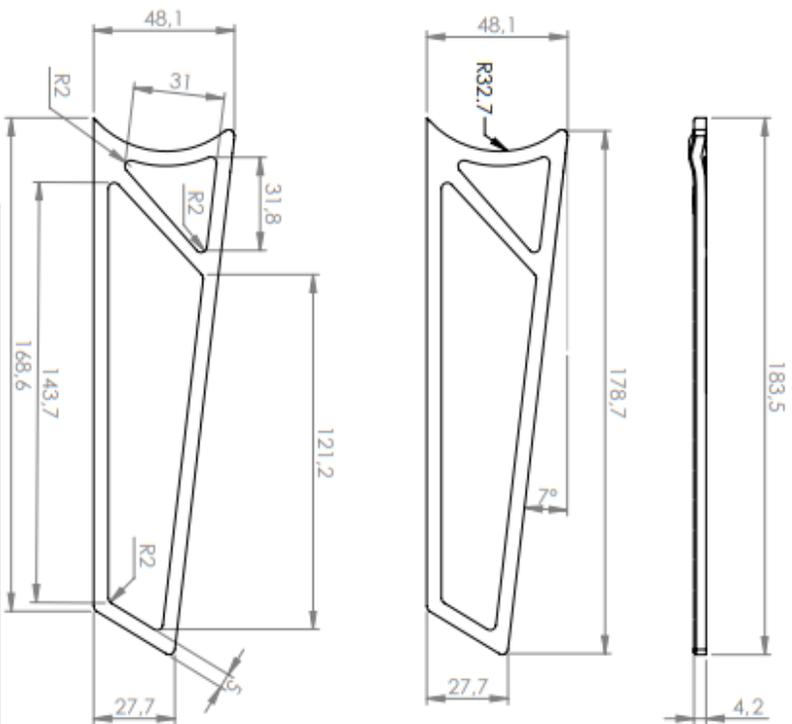
MATARFILOS
A 2 X 45°

Universidad Antonio Nariño	
<i>Información Proyecto</i>	<i>Información General</i>
Ensamble: FIRE MOLE	Dibujo: Ricardo Medina
Sub Ensamble: PALA	Revisó: Juan Hernandez
Plazo: PALA	Fecha: 01/06/2020
Plano No: FRM-00001-3	Escala: 1.5
Undades: mm	Formato: A4
	<i>Información Técnica</i>
	Material: ACERO INOX 304



MATAR FIOS
A 2 X 45°

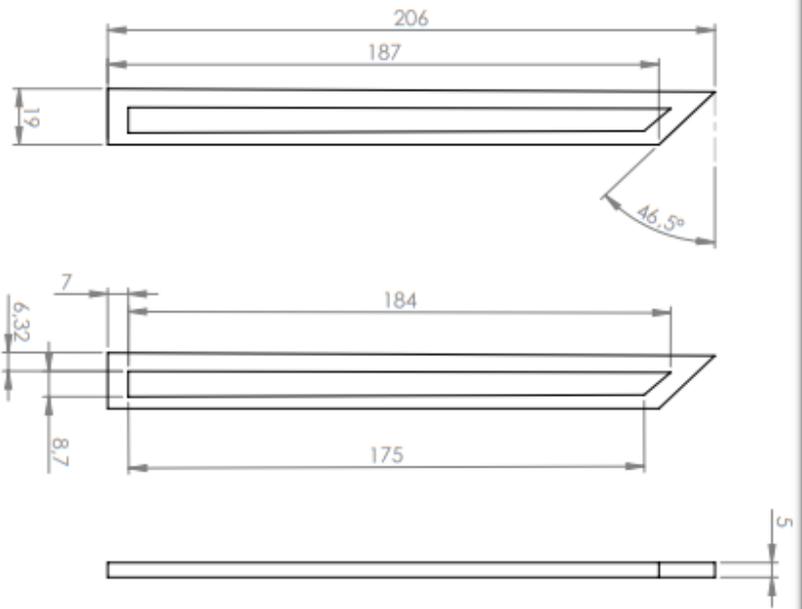
CARCASA INTERIOR CAJA



MATAR FIOS
R2 DE mm

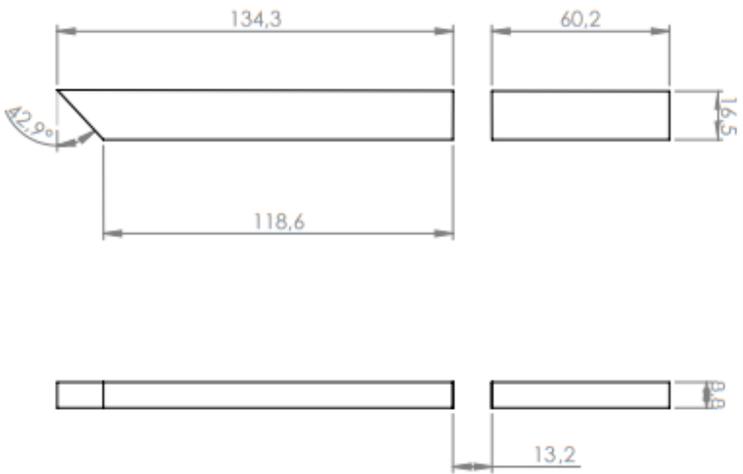
CARCASA INTERIOR
LETRERO

Universidad Antonio Nariño	
<i>Información Proyecto</i>	<i>Información General</i>
Ensamble: FIRE MOLE	Dibujo: Ricardo Medina
Sub Ensamble: -----	Reviso: Juan Hernandez
Plazo: CARCASA INTERIOR	Fecha: 01/06/2020
Piano No.: FRM-00001-4	Escala: 1:5
	Formato: A4
<i>Unidades:</i> mm	<i>Información Técnica</i>
	Material: POLIMERO ABS



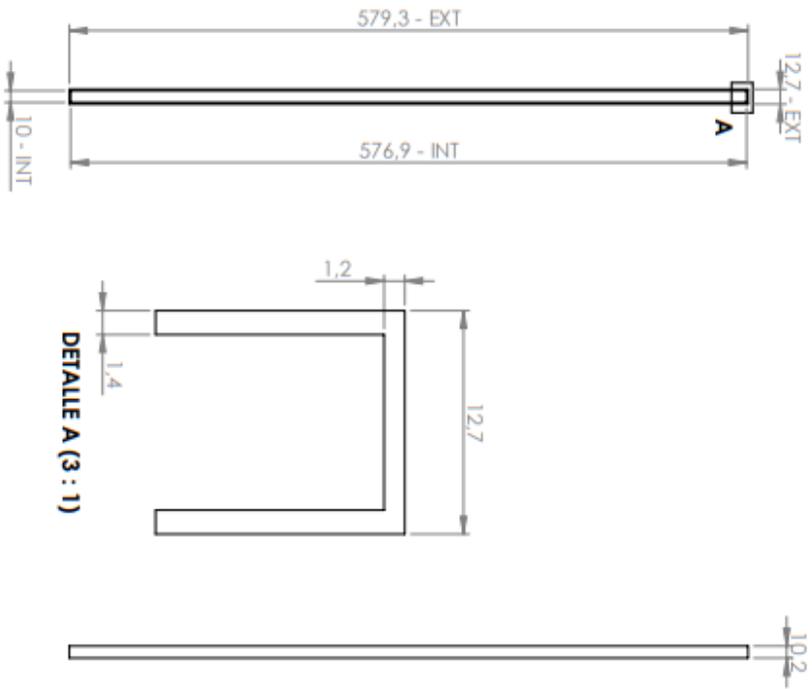
MATAR FILOS
A 2 X 45°

CARCASA INTERIOR MEDIDAS



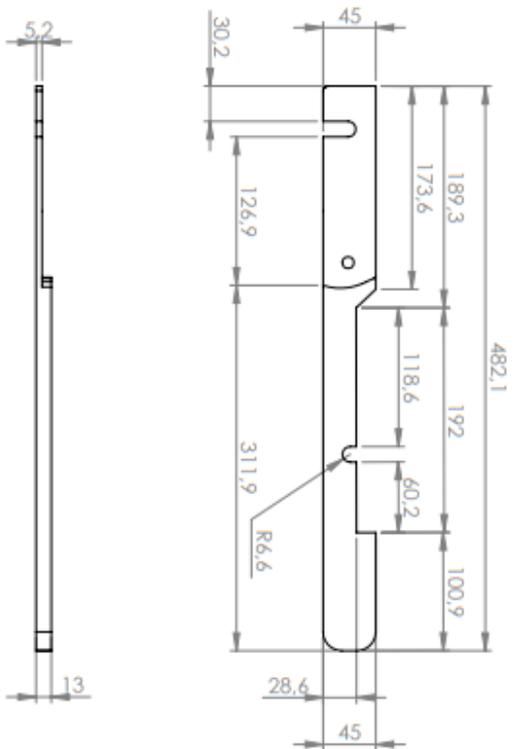
CARCASA INTERIOR
SOPORTE

Universidad Antonio Naríño	
Información Proyecto	Información General
Ensamble: FIRE MOLE	Dibujo: Ricardo Medina
SUB Ensamble: -----	Revisó: Juan Hernandez
Pieza: CARCASA	Fecha: 01/06/2020
Plano No: FRM-00001-5	Escala: 1.5
	Formato: A4
	Información Técnica
Unidades: mm	Materia: POLIMERO ABS



MATAR FILOS
A 2 X 45°

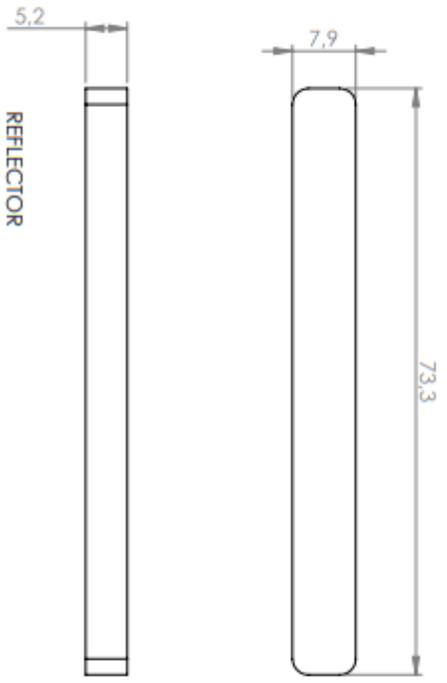
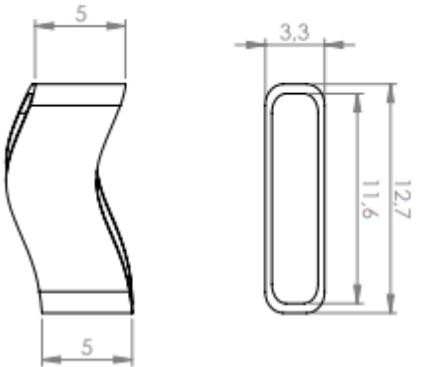
MEDIDAS



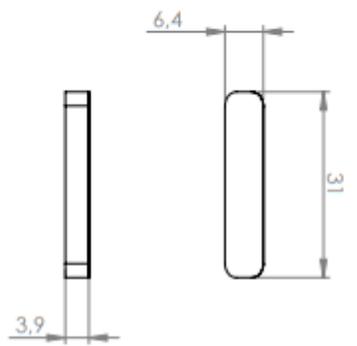
SOPORTE 1

Universidad Antonio Nariño	
<i>Información Proyecto</i>	<i>Información General</i>
Ensamble: FIRE MOLE	Dibujo: Ricardo Medina
Sub Ensamble: -----	Revisó: Juan Hernández
Pieza: MEDIDAS / SOPORTE	Fecha: 01/06/2020
Plano No: FRM-00001-6	Escala: 1.5
	Formato: A4
	<i>Información Técnica</i>
Unidades: mm	Materia: POLIMERO ABS / ACERO INOX 304

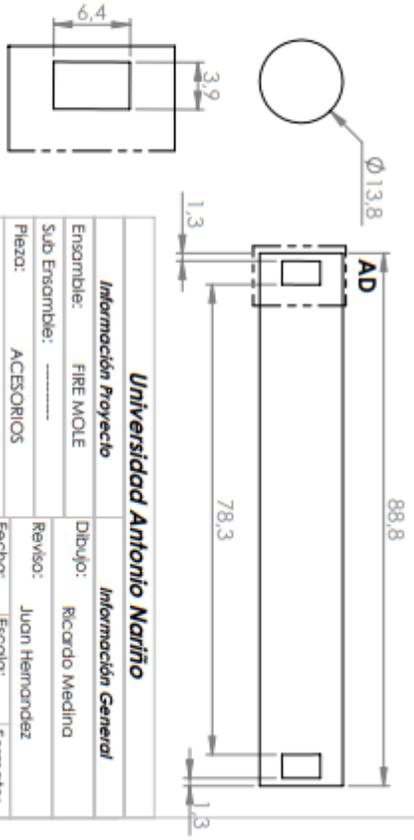
GUIA



SEGURO

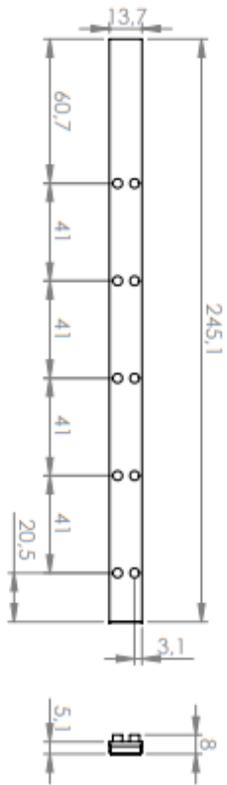
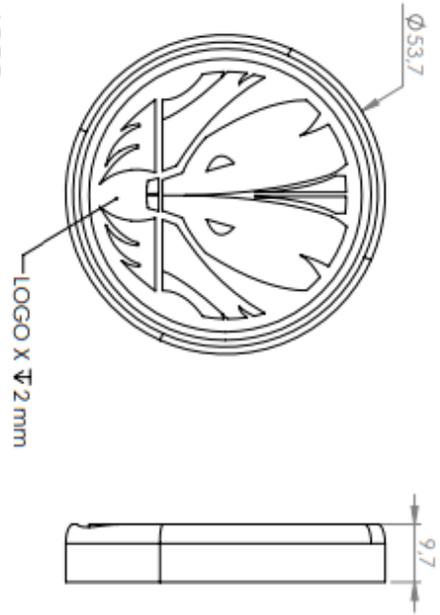


DETALLE AD (2 : 1)
PIN



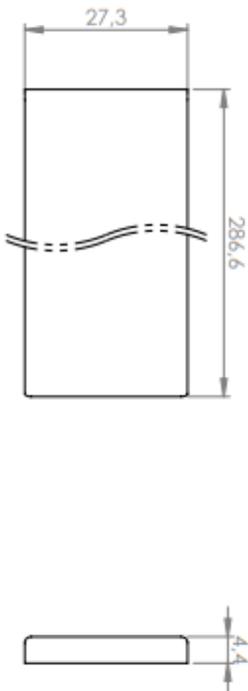
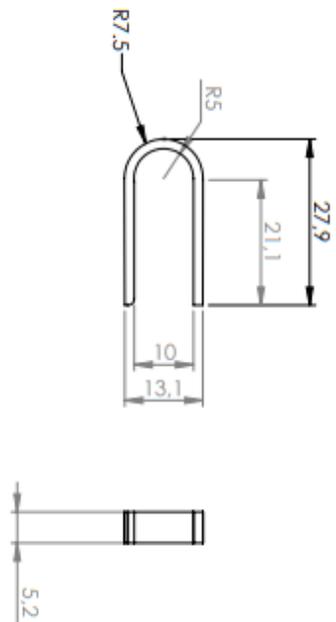
Universidad Antonio Nariño	
<i>Información Proyecto</i>	<i>Información General</i>
Ensamble: FIRE MOLE	Dibujo: Ricardo Medina
Sub Ensamble:	Reviso: Juan Hernandez
Pieza: ACESORIOS	Fecha: 01/06/2020
Plano No: FRM-00001-7	Escola: 1.5
	Formato: A4
	<i>Información Técnica</i>
Unidades: mm	Materia: POLIMERO ABS

LOGO



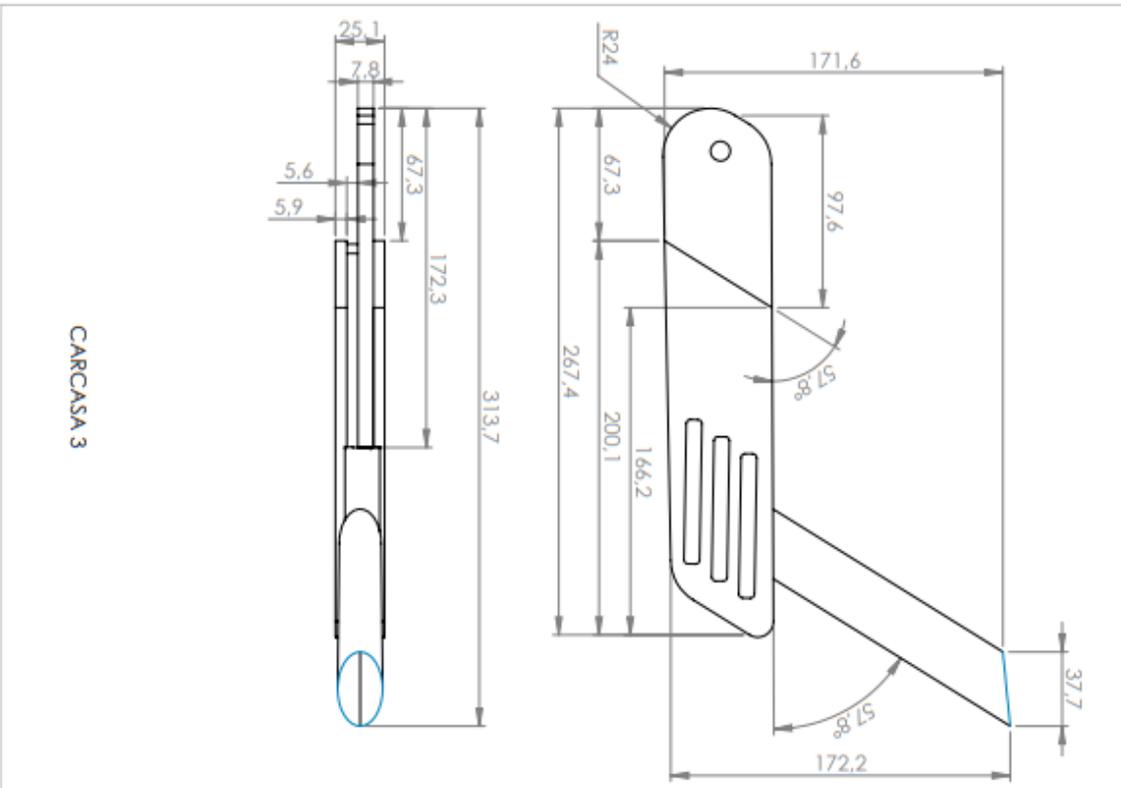
CARCASA 2

IMAN

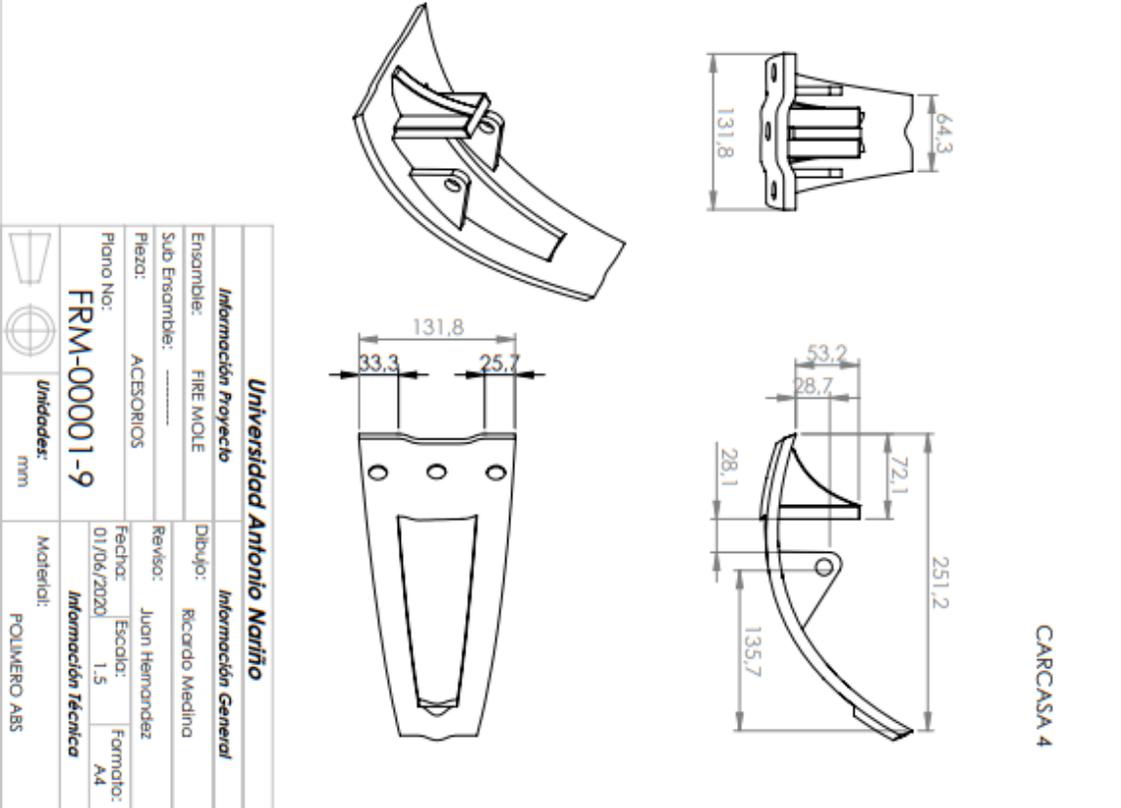


CARCASA 1

Universidad Antonio Naríño	
Información Proyecto	Información General
Ensamble: FIRE MOLE	Dibujo: Ricardo Medina
Sub Ensamble: -----	Reviso: Juan Hernandez
Plaza: ACESORIOS	Fecha: 01/06/2020
Plano No: FRM-00001-8	Escala: 1.5
	Formato: A4
Unidades: mm	Material: POLIMERO ABS
	Información Técnica



CARCASA 3



CARCASA 4

Universidad Antonio Nariño	
Información Proyecto	Información General
Ensamble: FIRE MOLE	Dibujo: Ricardo Medina
Subo Ensamble: -----	Reviso: Juan Hernandez
Pieza: ACESORIOS	Fecha: 01/06/2020
Plano No: FRM-00001-9	Escala: 1.5
	Formato: A4
	Información Técnica
Unidades: mm	Materia: POLIMERO ABS