SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE

RETO DE INNOVACIÓN ABIERTA: COMUNICACIÓN DEL RIESGO TERRITORIAL MEDIANTE IMPRESIÓN 3D Y FOTOGRAMETRÍA EN EL CAÑÓN DEL COMBEIMA

Proyecto Finalizado

AUTORES:

LUIS ALEJANDRO CÓRDOBA

JULIANA ANDREA LÓPEZ ARANGO

JOHAN SEBASTIÁN MÚNERA GUTIERREZ

JULIÁN DAVID JARAMILLO ÁLVAREZ

CARLOS DANIEL TABORDA RESTREPO

JUAN CARLOS ÁLVAREZ PÉREZ

JUAN JOSÉ MATIZ GUALTEROS

MARISOL MUÑOZ SALDARRIAGA

JOSE ALEJANDRO MUÑOZ LOPEZ

DEBORA CASTAÑO LONDOÑO

INSTRUCTOR:

Msc. ERICK ALEJANDRO MONTOYA ARAQUE

CENTRO TECNOLÓGICO DEL MOBILIARIO

SENA REGIONAL ANTIOQUIA

TECNOLOGÍA EN DECORACIÓN DE ESPACIOS INTERIORES Y TECNOLOGÍA EN DIBUJO Y MODELADO DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA

ITAGUI 2026

Introducción

El Hub de Innovación de la regional Antioquia SENA, participa como constructor de retos de innovación abierta, en donde empresas o entidades gubernamentales participan como retadores de situaciones a resolver; siendo para esta ocasión, aprendices del Centro Tecnológico del Mobiliario los solucionadores. Para la edición 2026, la entidad retadora Corporación Ambiental del Tolima (Cortolima), planteó un escenario problema, en el que la zona geográfica y geológica perteneciente al cañón del Combeima y sus habitantes, conviven en situaciones de riesgo permanente debido a los flagelos ambientales, mismos que históricamente ya han ocasionado múltiples tragedias documentadas. Esta situación es de pleno conocimiento de las autoridades locales, sin embargo, la complejidad socioeconómica del sector ha conflictuado una solución permanente.

El reto planteó que los solucionadores puedan comunicar el riesgo a las autoridades locales, con la finalidad de tomar decisiones con mayor precisión y contundencia, por medio de fotogrametría e impresión 3D; teniendo como apoyo técnico a empresas como Acoplásticos y Polymasters, quienes apoyaron desde capacitación en temas de impresión 3D, recorridos por su planta de producción y recomendaciones en el desarrollo del modelo 3D e interacción con el software BambuStudio. Los solucionadores son aprendices de programas tecnológicos como Decoración de espacios interiores y Dibujo y Modelado de arquitectura e ingeniería; además, también algunos de ellos son miembros activos del semillero de investigación 3D Maker.

Como incentivo para los solucionadores, El Hub de innovación, a través de la cámara de Comercio Aburrá Sur, otorgó una premiación de una impresora 3D Creality Ender 3 Ve SE para cada uno de los miembros del equipo ganador y el Centro Tecnológico del Mobiliario, otorgó asesoría técnica en temas de emprendimiento y empresarismo. Se utilizó la metodología Design Thinking para el desarrollo técnico y teórico del proyecto, así como el acompañamiento de expertos externos en temas de geología, geotecnia y comportamiento de taludes de tierra y prevención del riesgo.

El proyecto fue desarrollado por cuatro grupos de trabajo; donde cada grupo desarrolló una sistematización de su investigación, propuesta técnica y evidencia de su proceso material.

Tabla de Contenido

Introducción 2

Tabla de Contenido 4

Tabla de Ilustraciones 7

Tabla de Tablas 10

1. Planteamiento del Problema y Justificación 11

2. Antecedentes 14

3. Objetivos 18

3.1. Objetivo General 18

3.2. Objetivos Específicos 18

4. Marco Teórico 19

4.1 Herramientas y Técnicas 21

4.1.1 TinkerCAD 22

4.1.2 Tencent 22

4.1.3 MakerWorld 22

4.1.4 Fusion 360 22

4.1.5 NotebookLM 22

4.1.6 ClaudIA 23

4.1.7 QGIS 23

4.1.8 BambuLab 23

4.2. La Tragedia de Armero 23

5. Metodología 25

5.1. Empatizar 26

5.1.1. Grupo 1: Sebastián Múnera y Julián Jaramillo 26
5.1.2. Grupo 2: Daniel Taborda, Juan Carlos Álvarez, Juan José Mátiz..... 26
5.1.3. Grupo 3: Marisol Muñoz, Alejandro Muñoz, Debora Castaño..... 26
5.1.4. Grupo 4: Luis Alejandro Córdona y Juliana Arango..... 27
5.2. Definir..... 27
5.2.1. Grupo 1: Sebastián Múnera y Julián Jaramillo 27
5.2.2. Grupo 2: Daniel Taborda, Juan Carlos Álvarez, Juan José Mátiz..... 28
5.2.3. Grupo 3: Marisol Muñoz, Alejandro Muñoz, Debora Castaño..... 28
5.2.4. Grupo 4: Luis Alejandro Córdona y Juliana Arango..... 29
5.3. Idear..... 29
5.3.1. Grupo 1: Sebastián Múnera y Julián Jaramillo: 29
5.3.2. Grupo 2: Daniel Taborda, Juan Carlos Álvarez, Juan José Mátiz..... 30
5.3.3. Grupo 3: Marisol Muñoz, Alejandro Muñoz, Debora Castaño..... 30
5.3.4. Grupo 4: Luis Alejandro Córdona y Juliana Arango..... 30
5.4. Prototipar 31
5.4.1. Grupo 1: Sebastián Múnera y Julián Jaramillo: 31
5.4.2. Grupo 2: Daniel Taborda, Juan Carlos Álvarez, Juan José Mátiz..... 31
5.4.3. Grupo 3: Marisol Muñoz, Alejandro Muñoz, Debora Castaño..... 32
5.4.4. Grupo 4: Luis Alejandro Córdona y Juliana Arango..... 32
5.5. Testear..... 33
5.5.1. Grupo 1: Sebastián Múnera y Julián Jaramillo: 33
5.5.2. Grupo 2: Daniel Taborda, Juan Carlos Álvarez, Juan José Mátiz..... 33
5.5.3. Grupo 3: Marisol Muñoz, Alejandro Muñoz, Debora Castaño..... 34
5.5.4. Grupo 4: Luis Alejandro Córdona y Juliana Arango..... 34
6. Resultados..... 35

6.1. Grupo 1: Sebastián Múnera y Julián Jaramillo: 35
6.2. Grupo 2: Daniel Taborda, Juan Carlos Álvarez, Juan José Mátiz 40
6.3 Grupo 3: Marisol Muñoz, Alejandro Muñoz, Debora Castaño 44
6.4. Grupo 4: Luis Alejandro Córdona y Juliana Arango 49
6.5. Reconocimiento a Ganadores 58
7. Conclusiones 62
8. Cronograma 64
11. Bibliografía 65
12. Anexos 69
13. Información para Registro CvLAC 70
14. Grupo de Investigación 71

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1 Amenaza alta por remoción en masa de los corregimientos de Ibagué 13
Ilustración 2 Estudio de riesgo en el cañón guía para ajuste del POT en el sector 13
Ilustración 3 Zona de estudio, área inicial de 3810.23 m2 15
Ilustración 4 Impresión de pantalla con base en datos de fotogrametría con drones, Software Agisoft PhotoScan 15
Ilustración 5 Diferentes acercamientos a la visualización del modelo 3D en IdeaMaker. 16
Ilustración 6 Modelo impreso en 3D de la zona del río objeto de estudio (formato cuadrado) 18
Ilustración 7 Inundaciones de la llanura de inundación para diferentes períodos de retorno 18
Ilustración 8 Metodología Design Thinking 25
Ilustración 9 Visita a POLIMASTER para conocer diferentes softwares de diseño 35
Ilustración 10 Vista superior del prototipado de los modelos del Cañón del Combeima 37
Ilustración 11 Vista inferior del prototipado de los modelos del Cañón del Combeima 37
Ilustración 12 Prototipo del modelo a escala en 1:1500 del Cañón del Combeima 37
Ilustración 13 Modelo de piezas adicionales, pluviómetro 39
Ilustración 14 Modelado de las diferentes piezas del Cañón del Combeima en BambuStudio 39
Ilustración 15 Resultado prototipo final 39
Ilustración 16 Especificaciones de impresión Bambú Carbón X1 39
Ilustración 17 Presupuesto de prototipo y bengala 40

Ilustración 18 Selección del área de estudio en la plataforma TouchTerrain para la generación del modelo digital del terreno 42
Ilustración 19 Modelo tridimensional del terreno ajustado para continuar con el proceso de diseño 43
Ilustración 20 Visualización del modelo digital del terreno del proceso de revisión de la topografía 43
Ilustración 21 Integración de edificaciones y elementos representativos del centro poblado sobre el modelo del terreno 43
Ilustración 22 Preparación del modelo para el proceso de impresión 3D 43
Ilustración 23 Resultado Final Prototipo 44
Ilustración 24 Resultado Final Prototipo 44
Ilustración 25 Definición de los requerimientos 44
Ilustración 26 Terreno Georreferenciado 44
Ilustración 27 Visualización de terreno 3D 45
Ilustración 28 Vista de terreno con relieve 45
Ilustración 29 Terreno elegido 45
Ilustración 30 Visualización en modelado 3D 46
Ilustración 31 Visualización terreno Bambustudio 47
Ilustración 32 Primeras ideas 48
Ilustración 33 Demostración de circuito LED 48
Ilustración 34 Prototipo real impreso en Filamento transparente 49
Ilustración 35 Distribución de la Fragilidad Social por Centro Poblado 50
Ilustración 36 Personajes Te Fiti. 51
Ilustración 37 Personaje Te ka 51
Ilustración 38 Diseño conceptual y visual de "El Guardián del Combeima" 52
Ilustración 39 Diseño conceptual y visual de "La Madre Agua del Combeima" .. 54
Ilustración 40 Diseño conceptual y visual de "El campesino centinela" 55
Ilustración 41 Proceso de prototipado 56
Ilustración 42 Preparación prototipo 2 57
Ilustración 43 Prototipo Final 57
Ilustración 44 Criterios de Evaluación 58

Ilustración 45 Sustentación prototipos 59
Ilustración 46 Póster de investigación Grupo 2 59
Ilustración 47 Póster de investigación Grupo 1 59
Ilustración 48 Póster de investigación Grupo 4 60
Ilustración 49 Póster de investigación grupo 3 60
Ilustración 50 Reconocimiento de Grupo ganador 61

Tabla de Tablas

Tabla 1 Selección de propuestas 40
Tabla 2 Relación de Residencia y Percepción del Riesgo en Juntas 50
Tabla 3 Cronograma 64
Tabla 4 Registro CvLAc 70
Tabla 5 Línea de Investigación 71

1. Planteamiento del Problema y Justificación

El Cañón del Combeima es una zona rural ubicada en el municipio de Ibagué, departamento del Tolima. Está conformado por corregimientos y veredas como Villa Restrepo, Juntas, Llanitos, Pastales y Cay. El río Combeima nace en el Nevado del Tolima y recorre una zona montañosa con quebradas, afluentes y pendientes pronunciadas. El Cañón se encuentra en el costado oriental de la cordillera central entre los 1400 y los 4200 m.s.n.m., características que le dan una gran importancia ambiental, pero que también lo convierten en un territorio expuesto a deslizamientos y avenidas torrenciales (Gobernación del Tolima, 2025). Este cañón presenta un relieve montañoso con pendientes pronunciadas, una compleja red hidrográfica y numerosas microcuencas que desembocan en el río Combeima; entre ellas, se destaca la quebrada El Guamal, que ha sido escenario de importantes procesos de remoción en masa y flujos torrenciales. GEOTEC-GROUP (2012) indica que estas características geográficas favorecen la ocurrencia de avenidas torrenciales, movimientos en masa, inundaciones y caída de rocas, mientras que la influencia del Nevado del Tolima también incorpora escenarios de amenaza por lahares volcánicos y actividad sísmica.

Actualmente, la zona del río Combeima y del cañón habitan entre 3.600 y 4.500 personas (Telencuestas, 2026), constituido principalmente por familias campesinas que, durante varias generaciones, han desarrollado actividades relacionadas con la agricultura, la ganadería a pequeña escala, el comercio local y el ecoturismo. La economía del sector depende principalmente de cultivos como café, plátano, mora y lulo, así como de los servicios turísticos asociados al ingreso al Parque Nacional Natural Los Nevados y al Nevado del Tolima. Según (CORTOLIMA, 2013), estas actividades representan la principal fuente de ingresos para gran parte de la comunidad. Además de su importancia económica, el Cañón del Combeima constituye un territorio estratégico para el municipio de Ibagué, debido a que abastece gran parte del sistema de acueducto de la ciudad. Por esta razón,

cualquier fenómeno natural que afecte la cuenca tiene repercusiones directas sobre el suministro de agua potable, la movilidad, el turismo y las actividades productivas del territorio (CORTOLIMA, 2013).

En la cuenca del río Combeima se han identificado riesgos relacionados a inundaciones, movimientos en masa y, en algunos sectores, a la actividad volcánica debido a las características geológicas y climáticas del territorio, donde la temperatura promedio es de 17°C. Según el Servicio Geológico Colombiano, factores como la geología, la geomorfología, la vegetación de la zona y el uso del suelo influyen en la estabilidad del terreno, mientras que las lluvias intensas y los sismos son los causantes de deslizamientos (Umaña G., 2025). Además, mediante herramientas de georreferenciación y análisis topográfico se han identificado las zonas con mayor amenaza por inundación y remoción en masa dentro del municipio de Ibagué (Troncoso Rodríguez & Acosta Rincón, 2023).

La *Figura 1* presenta las áreas con amenaza alta por remoción en masa identificadas por la Secretaría de Planeación Municipal. Entre ellas se encuentran Villa Restrepo, Cay y Juntas, sectores que hacen parte del área de estudio de este proyecto.



Ilustración 1
Amenaza alta por remoción en masa de los corregimientos de Ibagué

De esta manera, el problema que esta investigación aborda está relacionada con las condiciones naturales del territorio y con la ubicación de algunos asentamientos cerca del río y de las laderas; las fuertes pendientes, el clima húmedo y las lluvias frecuentes hacen que en esta zona se presenten deslizamientos y avenidas torrenciales, lo que representa una amenaza para las personas que viven allí y para la infraestructura de la región (Garzón Roa, 2015). Una situación que, a lo largo de los años, ha dejado pérdidas humanas y daños en viviendas, cultivos, vías y otros bienes; aunque existen estudios que permiten identificar las zonas con mayor amenaza, no es posible predecir el momento exacto en que ocurrirá un nuevo deslizamiento o una avenida torrencial.

Como se observa en la *ilustración 2*, algunos estudios recomiendan la reubicación de 148 predios ubicados en Villa Restrepo, Cay, Pastales, Pico de Oro, Juntas y Llanitos,

Nota: *Secretaría de Planeación Municipal con base al Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Ibagué – Decreto 1000 – 0823 de 23 de diciembre del 2014. Tomado de (Troncoso Rodríguez & Acosta Rincón, 2023)*

lo que hace aún más evidente la magnitud de esta problemática (Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2013).

Ilustración 2
Estudio de riesgo en el cañón guía para ajuste del POT en el sector

Centro Poblado	No. Predios a Reubicar
Juntas	4
Villa Restrepo	55
Cay	20
Llanitos	4
Pastales	26
Pico de Oro	39

Nota: *Estudio de riesgo en el cañón guía para ajuste del POT en el sector – CORTOLIMA. Tomado de (Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2013)*

Esta investigación se justifica por la necesidad de fortalecer la comprensión del riesgo territorial mediante estrategias de comunicación que acerquen la información técnica a las personas que lo necesiten. La gestión del riesgo requiere que las comunidades no sean únicamente receptoras de alerta, sino que también participen con la capacidad de comprender las amenazas de su entorno para tomar las decisiones oportunas, lo cuál de lograrse, se podría avanzar a un acercamiento para prevenir riesgos, prevenir

amenazas y reducir vulnerabilidades, llegando a evitar un escenario lamentable como el vivido en el municipio de Armero.

2. Antecedentes

Desde lo local, el estudio de Amenaza Natural, Vulnerabilidad y Escenarios de Riesgo en los Centros Poblados de Juntas, Villarestrepo, Pastales, Llanitos, Pico de Oro y las bocatomas Combeima y Cay**,** desarrollado por el Consorcio GEOTEC GROUP para la Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA, 2013) y la Alcaldía de Ibagué**,** en cumplimiento de las estrategias establecidas en el Documento CONPES 3570 de 2009; documento que tuvo como finalidad identificar las amenazas naturales, evaluar la vulnerabilidad física y socioeconómica y definir escenarios de riesgo para los principales centros poblados de la cuenca del río Combeima, para orientar la planificación territorial y la implementación de medidas de reducción del riesgo.

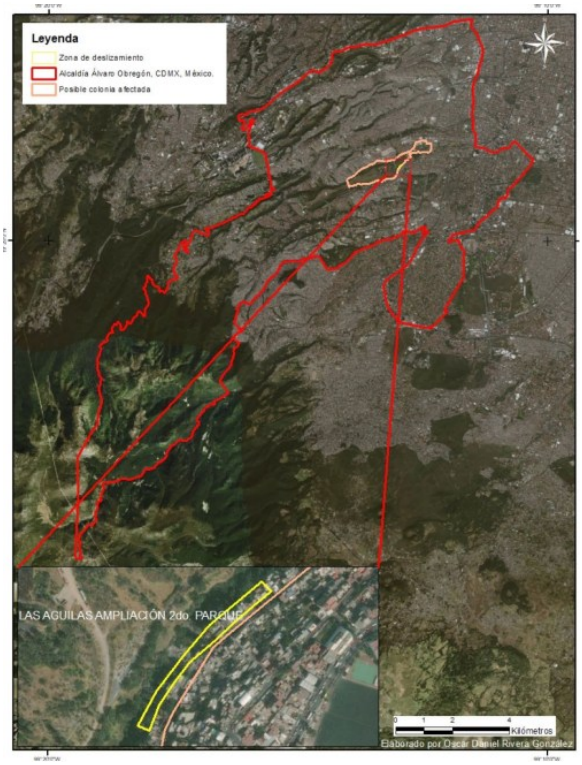
Para ello se realizaron levantamientos topográficos de alta precisión, estudios geológicos, geomorfológicos, geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos, además de cartografía temática detallada y evaluación de escenarios de riesgo; los resultados permitieron delimitar zonas de amenaza por movimientos en masa y avenidas torrenciales, clasificar áreas con riesgo mitigable y no mitigable e identificar medidas estructurales y no estructurales para disminuir la vulnerabilidad del territorio. Este estudio constituye el principal antecedente de la presente investigación, ya que proporciona la información geoespacial utilizada para el desarrollo del modelo tridimensional y la representación física del territorio mediante impresión 3D.

Como complemento, el Estudio de Zonificación de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo del Centro Poblado de Villarestrepo, elaborado por el mismo consorcio en 2012, amplió el análisis técnico sobre otro de los sectores con mayor exposición a fenómenos naturales dentro de la cuenca del río Combeima. La investigación aplicó la misma metodología empleada en Juntas, basada en levantamientos cartográficos, caracterización geológica y geomorfológica, estudios hidrológicos e hidráulicos, análisis geotécnicos y evaluación de la vulnerabilidad. Sus resultados permitieron identificar las principales

microcuencas generadoras de amenaza, establecer escenarios de riesgo y priorizar acciones de mitigación para fortalecer los instrumentos de ordenamiento territorial.

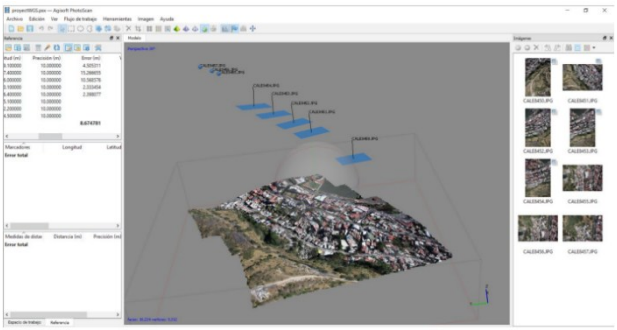
Desde lo regional, Rivera González (2020) aplicó fotogrametría aérea con drones en la alcaldía Álvaro Obregón (Ciudad de México) para evaluar la inestabilidad en laderas volcánicas. El autor combinó imágenes de alta resolución con datos de infraestructura para generar un modelo computacional preventivo. Este trabajo demuestra la utilidad de los drones para levantar topografías precisas en zonas montañosas, insumo necesario para procesar las mallas digitales antes de su modelado e impresión 3D (Rivera, 2020).

Ilustración 3
Zona de estudio, área inicial de 3810.23 m2



Nota: *Tomado de (Rivera, 2020)*

Ilustración 4
Impresión de pantalla con base en datos de fotogrametría con drones, Software Agisoft PhotoScan

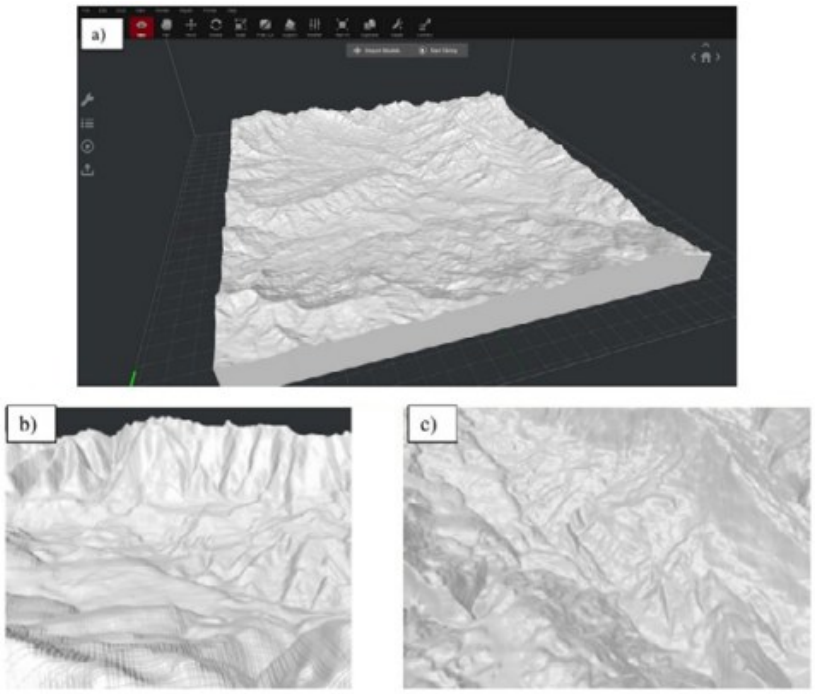


Nota: *Tomado de (Rivera, 2020)*

Por otra parte, León Villalobos et al. (2023) desarrollaron el Manual de mapeo participativo con proyecciones aumentadas en 3D (PA3D) con la UNAM y CentroGeo en México. Los autores integraron la impresión 3D de maquetas topográficas con la proyección digital de datos de amenaza durante talleres comunitarios. La investigación

evidenció que la representación física del relieve facilita la interpretación de datos cartográficos y estimula la memoria territorial (León Villalobos y otros, 2023).

Ilustración 5
Diferentes acercamientos a la visualización del modelo 3D en IdeaMaker.



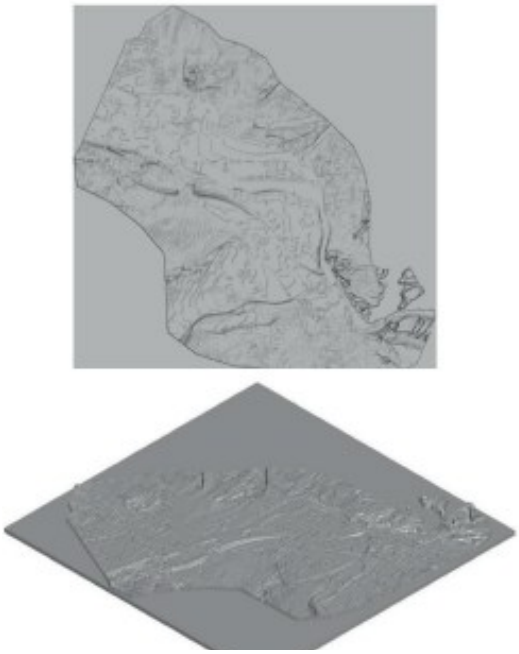
Nota: *Tomado de (León Villalobos y otros, 2023)*

Desde lo internacional, el proyecto TANAW, en Filipinas planteó importantes desafíos para la gestión del riesgo de desastres y la planificación urbana sostenible, debido a la ausencia de herramientas interactivas avanzadas para el análisis geoespacial y la evaluación de infraestructuras; para abordar esta brecha en la investigación, el Proyecto empleó una metodología innovadora que combina impresión 3D, realidad aumentada (RA) y tecnologías geoespaciales para optimizar los procesos de planificación urbana.

Mediante herramientas como SketchUp Pro, software SIG y sistemas de RA, el proyecto desarrolló modelos urbanos 3D de alta precisión (± 5%) adaptados a la ciudad de Catbalogan, Samar, Filipinas, identificando 15 vulnerabilidades críticas de infraestructura y delimitaron 10 zonas de alto riesgo.

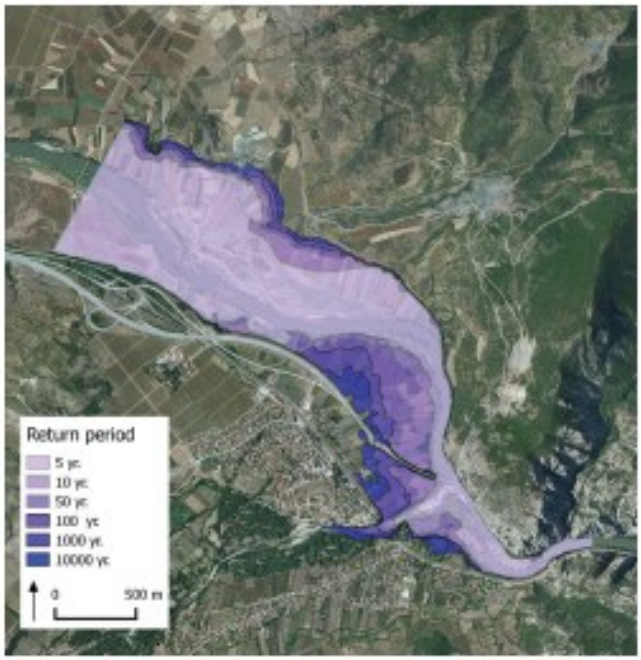
Realizaron un análisis cuantitativo de talleres de participación de las partes interesadas, con más de 200 participantes, revelando un índice de satisfacción del 93% con la usabilidad y la eficacia de la tecnología; resultados que destacaron el potencial de TANAW para mejorar la visualización, la evaluación de riesgos y la toma de decisiones, en consonancia con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 11, que promueve entornos urbanos sostenibles y resilientes. Las líneas de trabajo futuras incluyen la ampliación de los conjuntos de datos, el perfeccionamiento de las herramientas y la aplicación de metodologías a contextos urbanos más amplios, garantizando la adaptabilidad y la escalabilidad (Tabiongan et al., 2025).

Por último, Burian et al. (2020) desarrollaron en la cuenca del río Vardar (Macedonia del Norte) un modelo de relieve tridimensional mediante impresión 3D para la visualización de amenazas hídricas, publicado en DIE ERDE - Journal of the Geographical Society of Berlin. Los autores abordaron la dificultad de comunicar hidráulicamente los "periodos de retorno" (probabilidad de ocurrencia de inundaciones a 10, 50 o 100 años), dado que en la cartografía 2D convencional la superposición de estas isolíneas genera una saturación o "caos visual" ilegible para actores no expertos. Para resolver esta limitación, transformaron Modelos Digitales de Elevación (DEM) y distribuciones de probabilidad hidrológica en una maqueta topográfica física equipada con capas transparentes acoplables, permitiendo visualizar la progresión del agua sin saturar la memoria de trabajo.



Nota: *Tomado de (Burian, 2020)*

Ilustración 7
Inundaciones de la llanura de inundación para diferentes períodos de retorno.



Nota: *Tomado de (Burian, 2020)*

Ilustración 6
Modelo impreso en 3D de la zona del río objeto de estudio (formato cuadrado)

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Hacer comprensible el riesgo territorial para facilitar la toma de decisiones usando la impresión 3D como tecnología de apoyo.

3.2. Objetivos Específicos

- Interpretar la información suministrada por CorTolima–Hub de innovación identificando la ontología territorial de Cañón de Combeima y las situaciones de riesgo bajo las que convive.
- Explorar nuevas formas de representación territorial que permitan traducir información geoespacial complejas en herramientas físicas más intuitivas, accesibles y comprensibles, capaces de facilitar procesos de análisis, comunicación y comprensión de riesgo territorial.
- Desarrollar propuestas aplicadas que integren representación física, diseño, interpretación espacial y tecnologías de impresión 3D como herramientas de apoyo para la gestión de riesgo

4. Marco Teórico

La presente investigación integra conceptos propios de la gestión del riesgo de desastres y de las tecnologías de fabricación digital, los cuales constituyen la base para comprender el desarrollo de la propuesta orientada a la representación física del territorio mediante impresión 3D.

En Colombia, la gestión del riesgo de desastres se entiende como un proceso social orientado al conocimiento del riesgo, su reducción y el manejo de desastres, con el propósito de proteger la vida, los bienes, la infraestructura y el ambiente, contribuyendo al desarrollo sostenible (Congreso de Colombia, 2012). En este contexto, el riesgo no depende únicamente de la ocurrencia de un fenómeno natural, sino de la interacción entre la amenaza, la vulnerabilidad y la exposición de los elementos presentes en un territorio.

De acuerdo con este enfoque, una amenaza corresponde a la probabilidad de que ocurra un fenómeno físico potencialmente peligroso (Congreso de Colombia, 2012), mientras que la vulnerabilidad hace referencia a la susceptibilidad que tienen las personas, la infraestructura, los sistemas productivos y los ecosistemas para sufrir daños cuando dicho fenómeno se materializa (Congreso de Colombia, 2012). Como resultado de la interacción entre ambos factores se configura el riesgo de desastres, cuya magnitud depende tanto de las condiciones naturales como de las características sociales, económicas y ambientales del territorio. (Congreso de Colombia, 2012)

En el área de estudio, ubicada en el centro poblado de Juntas, predominan amenazas de origen natural como las avenidas torrenciales, los movimientos en masa, los deslizamientos y los lahares volcánicos asociados al Nevado del Tolima. Las avenidas torrenciales se caracterizan por el rápido desplazamiento de agua, sedimentos, rocas y

material vegetal a través de quebradas y cauces de montaña (Alcaldia de Medellin, s.f.), mientras que los movimientos en masa comprenden el desplazamiento de suelo o roca por efecto de la gravedad (IDEAM, 2024). Por su parte, los lahares son flujos de agua, ceniza volcánica y fragmentos de roca que pueden recorrer grandes distancias siguiendo los cauces de los ríos y generar graves afectaciones sobre las poblaciones asentadas en la cuenca del río Combeima (Servicio Geológico Colombiano, 2023). Estas amenazas constituyen el principal escenario de análisis de la presente investigación.

Para comprender y analizar estas condiciones del territorio se emplea información geoespacial, obtenida mediante modelos digitales de elevación, técnicas de captura de información espacial como la fotogrametría y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), herramientas que permiten representar y analizar las características físicas del territorio (Pix4D., 2024). Estas tecnologías permiten representar con precisión las características topográficas, hidrológicas y geomorfológicas del territorio, facilitando la identificación de zonas con diferentes niveles de amenaza y riesgo (ESRI, 2024). Sin embargo, su interpretación suele requerir conocimientos especializados, razón por la cual surge la necesidad de desarrollar estrategias que permitan comunicar esta información de manera más clara y accesible.

Con el propósito de facilitar esta interpretación, la investigación incorpora tecnologías de manufactura aditiva, conocidas comúnmente como impresión 3D. Este proceso consiste en fabricar objetos físicos mediante la deposición sucesiva de material capa por capa a partir de un modelo digital tridimensional (Mecalux, 2021). Para ello se desarrolla previamente un modelo 3D utilizando software de diseño asistido por computador (CAD), el cual es exportado en formato STL (Standard Tessellation Language), uno de los formatos más utilizados para la fabricación mediante impresión 3D por describir la geometría superficial del objeto. (Servitec 3D, 2026)

La fabricación del prototipo propuesto utiliza filamentos termoplásticos, principalmente ácido poliláctico (PLA), debido a su facilidad de impresión, estabilidad dimensional y menor impacto ambiental frente a otros materiales (American Filament, 2026). En aplicaciones donde se requieren mayores propiedades mecánicas también puede emplearse acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), material ampliamente utilizado en

la fabricación de piezas funcionales por su resistencia al impacto y a la deformación (Mastoner, 2021).

Los conceptos descritos anteriormente constituyen la base sobre la cual se desarrolla esta investigación, la cual consiste en transformar información geoespacial compleja en una maqueta modular interactiva impresa en 3D. Mediante esta herramienta es posible representar el relieve del Cañón del Combeima, identificar zonas de amenaza mediante códigos de color y simular escenarios antes y después de un evento natural, facilitando la comunicación del riesgo y fortaleciendo la comprensión del territorio por parte de estudiantes, comunidades, instituciones y tomadores de decisiones.

De manera similar, se revisaron investigaciones relacionadas con la impresión 3D y el modelado del terreno. Entre ellas el estudio sobre el Mapeo Participativo Tridimensional (P3DM), realizado en Filipinas, el cual mostró que las maquetas ayudan a que las personas comprendan mejor el territorio y participen más activamente en la comprensión de los riesgos y de los recursos de la comunidad (Gaillard & Maceda, 2009).

Además, otros estudios realizados en el Cañón del Combeima muestran que las zonas con mayores pendientes y niveles de precipitación tienen una mayor probabilidad de deslizamientos, lo que nos reafirma la importancia de seguir desarrollando herramientas que faciliten la comprensión de estas condiciones del territorio (Leal Villamil & Lozano Botache, 2012).

Finalmente, también se revisaron investigaciones relacionadas con los deslizamientos y las características del terreno. Uno de ellos señala que analizar las dimensiones y la forma de los deslizamientos aporta información útil para entender su comportamiento y evaluar el nivel de riesgo (Santa Ramírez & Cuevas González, 2019).

4.1 Herramientas y Técnicas

Durante el desarrollo del proyecto se utilizaron diferentes programas y herramientas digitales, algunas de ellas con funciones de inteligencia artificial, como apoyo para visualizar ideas iniciales y explorar posibles formas para el diseño del modelo y del prototipo. Estas herramientas se utilizaron como apoyo durante la etapa de ideación, más no como sustituto del proceso de diseño desarrollado en el proyecto. Las principales fueron las siguientes:

4.1.1 TinkerCAD

Es un programa de diseño 3D que también permite simular circuitos electrónicos y realizar programación básica. En este proyecto se utilizó para diseñar algunas piezas del modelo y desarrollar el prototipo (Autodesk, 2026).

4.1.2 Tencent

Esta tecnología permite a los diseñadores y desarrolladores crear modelos 3D y entornos completos de alta fidelidad a partir de una sola imagen en 2D o instrucciones de texto. Tencent se utilizó para tener una idea inicial de cómo podría verse tanto el prototipo como el modelado 3D, facilitando la exploración de diferentes alternativas de diseño antes de llevar a cabo la versión final (Tencent, 2026).

4.1.3 MakerWorld

Es una plataforma colaborativa y un repositorio de modelos 3D en línea impulsada por Bambu Lab. Sirve para descargar, compartir y personalizar diseños destinados a la impresión 3D. En este proyecto se utilizó para consultar diseños de referencia y conocer diferentes alternativas que apoyaran el proceso de modelado e impresión 3D (MakerWorld, 2025).

4.1.4 Fusion 360

Software integral basado en la nube que combina diseño asistido por computadora (CAD), manufactura (CAM) e ingeniería (CAE). Es ampliamente utilizado en el diseño industrial, la ingeniería mecánica y el modelado paramétrico para fabricación (Autodesk, 2026).

4.1.5 NotebookLM

Asistente de investigación virtual basado en inteligencia artificial y desarrollado por Google. Permite organizar, resumir y sintetizar información compleja a partir de documentos y fuentes específicas cargadas por el usuario, respaldado por el modelo de lenguaje Gemini (Google Notebook, s. f.).

4.1.6 ClaudIA

Claude es un Software de computadora conocido por ser un asistente de inteligencia artificial y modelo de lenguaje de gran tamaño (LLM) enfocado en la seguridad y la utilidad. Facilita el procesamiento de lenguaje natural, análisis de datos, redacción y asistencia en la resolución de problemas complejos (Anthropic, s. f.).

4.1.7 QGIS

Anteriormente llamado también Quantum GIS) es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de software libre para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android. Fue uno de los primeros ocho proyectos de la Fundación OSGeo y en 2008 oficialmente superó la fase de incubación. Permite manejar formatos raster y vectoriales a través de la biblioteca GDAL (GADL/OGR), así como bases de datos. Algunas de sus características son:

- Soporte para la extensión espacial de PostgreSQL, PostGIS.
- Manejo de archivos vectoriales Shapefile, ArcInfo coverages, MapInfo, GRASS GIS, DXF, etc.
- Soporte para un importante número de tipos de archivos ráster (GRASS GIS, GeoTIFF, TIFF, JPG, etc.) (Wikipedia, s. f.)

4.1.8 BambuLab

Bambu Studio es un software de computadora conocido por ser de laminado (slicer) de última generación diseñado específicamente para preparar y optimizar modelos 3D antes de la impresión. Destaca por su gestión avanzada de múltiples colores y compatibilidad con impresoras 3D de alta velocidad (Bambu Lab, 2026).

4.2. La Tragedia de Armero

La tragedia de Armero ocurrió el 13 de noviembre de 1985, es considerada el desastre natural más grande en la historia de Colombia. La erupción del volcán Nevado del Ruiz provocó una avalancha de lodo, piedras y agua que destruyó por completo el municipio de

Armero, en el departamento del Tolima. Este hecho dejó miles de víctimas y marcó un antes y un después en la forma en que el país enfrenta los riesgos naturales. (U.S. Geological Survey, 2015)

A 40 años de la tragedia, este acontecimiento sigue siendo muy importante para la sociedad ya que ayuda con la prevención, la preparación y la gestión del riesgo. (U.S. Geological Survey, 2015)

Armero era uno de los municipios más importantes del Tolima gracias a su producción agrícola y a la fertilidad de sus tierras. Sin embargo, se ubicaba en una zona de gran riesgo causado por el volcán Nevado del Ruiz. (U.S. Geological Survey, 2015)

En los meses previos al desastre, científicos y expertos detectaron señales de actividad volcánica. Incluso se elaboraron mapas de amenaza que advertían el peligro de una posible avalancha causada por el deshielo del volcán. A pesar de estas advertencias, las medidas de prevención y evacuación no fueron suficientes y muchas personas permanecieron en sus hogares cuando ocurrió la emergencia.

Durante la noche del 13 de noviembre de 1985, el Nevado del Ruiz hizo erupción. Aunque la explosión no fue extremadamente grande, el calor derritió parte del glaciar que cubría la montaña. El agua mezclada con ceniza, rocas y tierra descendió rápidamente por los cauces de los ríos formando enormes flujos de lodo conocidos como lahares. Horas después, estas avalanchas llegaron hasta Armero y sepultaron la ciudad mientras la mayoría de sus habitantes dormía (J.W. Ewert, 1993).

En pocas horas desaparecieron barrios enteros, calles, hospitales, colegios y cultivos. Se calcula que murieron más de 25.000 personas, convirtiéndose en una de las mayores tragedias volcánicas del mundo (U.S. Geological Survey, 2015).

La tragedia de Armero se documentó como precedente del actual proyecto de investigación, pues el propósito de comunicar el riesgo a través de impresión 3D para las autoridades territoriales, es la prevención y repetición de actos como los sucedidos allí.

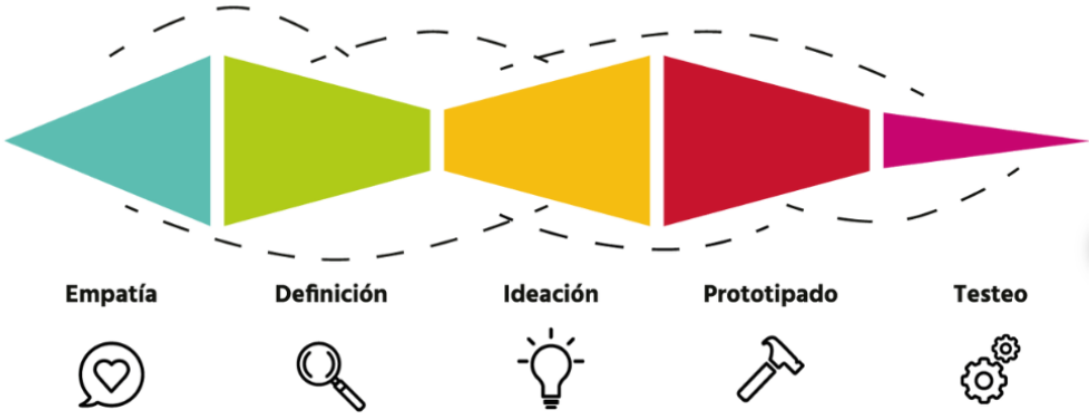
5. Metodología

Como requerimiento del reto de innovación abierta, la metodología que se debió implementar era Design Thinking

> *Consiste en un proceso que se compone de **cinco fases**. Es un proceso iterativo, no es lineal, puesto que es un proceso que sirve para abordar retos complejos compuestos por los llamados wicked problems o «problemas perversos», problemas que son complejos de definir y resolver* (Design Thinking en Español, 2026)

Estas fases estarían descritas en la siguiente ilustración.

Ilustración 8
Metodología Design Thinking



Nota: Tomado de (Design Thinking en Español, 2026)

Recordando que el proyecto se elaboró en 4 grupos de trabajo, cada grupo tuvo una metodología propia que propuso de la siguiente manera

5.1. Empatizar

5.1.1. Grupo 1: Sebastián Múnera y Julián Jaramillo

El grupo realizó una revisión de información relacionada con el Cañón del Combeima y los riesgos presentes en el territorio, consultaron estudios y documentos de entidades como CORTOLIMA, el Servicio Geológico Colombiano, la Alcaldía de Ibagué y otras fuentes relacionadas con los riesgos del Cañón del Combeima. Esta información permitió comprender mejor las características del territorio y plantear diferentes alternativas para representar las zonas de riesgo y comunicar esta información de una manera más sencilla.

Los instrumentos utilizados en esta etapa fueron principalmente la revisión documental y la recopilación de información existente, tomando como referencia estudios sobre amenazas, movimientos en masa, avenidas torrenciales y características geográficas del Cañón del Combeima.

5.1.2. Grupo 2: Daniel Taborda, Juan Carlos Álvarez, Juan José Mátiz

El grupo orientó la primera fase al análisis e interpretación del territorio, mediante el estudio de la información geoespacial suministrada por Cortolima, el Hub de Innovación y el acompañamiento Fab Lab, con el propósito de comprender las características físicas del área de estudio, identificar las condiciones de riesgo presentes y organizar la información necesaria para el desarrollo de la investigación.

5.1.3. Grupo 3: Marisol Muñoz, Alejandro Muñoz, Debora Castaño

En esta primera fase del proyecto estuvo orientada a la identificación y compresión del contexto territorial que dieron origen a la propuesta. Para esto se realizó una revisión documental de fuentes académicas, documentos técnicos y publicaciones institucionales relacionadas con la gestión del riesgo de desastres, la comunicación del riesgo y características físicas del cañón del Combeima, todas estas anteriormente puestas y

citadas a lo largo del documento. Asimismo, se analizaron estudios analizados por CORTOLIMA y la Alcaldía de Ibagué, los cuales permitieron identificar las principales amenazas naturales presentes en la zona y reconocer la importancia de fortalecer estrategias que facilitaran la comprensión del territorio por parte de la comunidad.

De manera complementaria se recopilo información cartográfica y geográfica del área de estudio con el propósito de identificar los elementos territoriales que posteriormente serian representados en el prototipo. Esta información nos permitió definir que requerimientos funcionales y de diseño del proyecto íbamos a necesitar, estableciendo que la herramienta debía representar el relieve del cañón del Combeima, integrar información relacionada con amenazas naturales e incorporar recursos interactivos que facilitaran la consulta y comprensión del territorio.

5.1.4. Grupo 4: Luis Alejandro Córdona y Juliana Arango

Esta etapa comprende la recopilación y el análisis de estudios socio-territoriales y biofísicos preexistentes sobre la cuenca del río Combeima. Se examina la caracterización de la demanda elaborada por la Universidad del Tolima (2021), evaluando los resultados de su encuesta en línea a 282 visitantes y los hallazgos de sus 22 diálogos estructurados con actores locales. Asimismo, se integran las bases de datos de vulnerabilidad social y los registros históricos de percepción del riesgo consolidados por el Consorcio Geotec Group (2012) para CORTOLIMA. Los investigadores realizan recorridos de observación de campo bajo el enfoque de flâneur para reconocer la distribución espacial de los puntos expuestos (CERE, 2021).

5.2. Definir

5.2.1. Grupo 1: Sebastián Múnera y Julián Jaramillo

En esta segunda etapa se organizó y filtró la información recopilada durante la investigación para seleccionar aquella que aportaba más valor al desarrollo de la propuesta. A partir de este proceso se identificaron las zonas con mayor riesgo y los elementos que debían representarse en la maqueta, como el relieve del terreno, las montañas, el río Combeima y los sectores con antecedentes de deslizamientos.

Con base en esta información también se estableció que la propuesta debía servir como una herramienta de apoyo para explicar las características del territorio y facilitar la comprensión de la información relacionada con la gestión del riesgo. Para ello, se tuvieron en cuenta los objetivos del proyecto y los elementos que podían ser representados mediante una maqueta.

5.2.2. Grupo 2: Daniel Taborda, Juan Carlos Álvarez, Juan José Mátiz

Una vez comprendidas las condiciones del territorio y organizadas las relaciones entre sus diferentes componentes, la segunda fase se orienta al desarrollo conceptual de la propuesta de representación territorial. Para ello se explorarán diferentes estrategias de representación física, estableciendo criterios de diseño que permitan transformar la información geoespacial en un recurso más accesible para comunidades, estudiantes y demás actores involucrados en la gestión del riesgo.

5.2.3. Grupo 3: Marisol Muñoz, Alejandro Muñoz, Debora Castaño

A partir de los requerimientos establecidos durante la fase de identificación del problema, se desarrolló una propuesta de diseño orientada a crear una herramienta física e interactiva que permitiera representar el territorio del cañón del Combeima y facilitar la comprensión de sus principales características geográficas y zonas asociadas al riesgo.

La decisión de desarrollar una maqueta física respondió a la necesidad de ofrecer un medio de representación accesible para usuarios con diferentes niveles de conocimiento técnico. A diferencia de una visualización exclusivamente digital, una maqueta permite observar simultáneamente el relieve, la relación entre montañas, valles, ríos y centros poblados para así comprender de manera más intuitiva la configuración espacial del territorio.

Se opto por una representación tridimensional porque el relieve constituye uno de los factores más influyentes en la ocurrencia de fenómenos como movimientos en masa y avenidas torrenciales. La visualización volumétrica del terreno permite evidenciar pendientes, cuencas, causes y diferencias altitudinales que son difíciles de interpretar únicamente mediante cartografía plana.

5.2.4. Grupo 4: Luis Alejandro Córdona y Juliana Arango

Esta fase sistematiza los datos de las fuentes secundarias para delimitar la problemática de comunicación territorial. Se contrastan las variables de estabilidad de laderas calculadas por Geotec Group - bajo escenarios de saturación hídrica (Ru=0.1) y aceleración sísmica (Ah=0.13g) - con el índice de desconocimiento ecológico evidenciado por la Universidad del Tolima (2021), donde el 60.4% de los visitantes ignora la presencia de áreas protegidas. El análisis cualitativo y cuantitativo define como problema central la "vulnerabilidad cognitiva" de los usuarios, ocasionada por la dificultad para interpretar la cartografía bidimensional técnica tradicional. Se establecen los requerimientos de diseño para realizar una traducción digital-física del territorio, priorizando la reducción de la carga cognitiva mediante el relieve táctil (Group, 2012).

5.3. Idear

5.3.1. Grupo 1: Sebastián Múnera y Julián Jaramillo:

Las ideas del proyecto surgieron a partir de la información recopilada sobre el Cañón del Combeima, las retroalimentaciones recibidas durante las sesiones de clase y la exploración de diferentes alternativas de diseño. También se tuvieron en cuenta las orientaciones del Reto 3D-Fest y el contexto de trabajo con herramientas de fabricación digital y modelado 3D.

Durante esta etapa se analizaron diferentes formas de representar la información del territorio de una manera más clara y fácil de comprender. Entre las alternativas consideradas estuvo el uso de la fotogrametría para obtener imágenes del terreno y generar un modelo digital (STL) que luego pudiera imprimirse en 3D. Además, se utilizaron herramientas digitales para desarrollar y visualizar las primeras ideas del modelo y del prototipo.

Como apoyo en el proceso de diseño se utilizaron programas como TinkerCAD para crear y modificar el modelo 3D del prototipo, Tencent para generar ideas iniciales y visualizar posibles diseños y MakerWorld para consultar modelos de referencia relacionados como impresión 3D. Estas herramientas facilitaron la exploración de diferentes alternativas o referentes antes de definir el diseño final.

5.3.2. Grupo 2: Daniel Taborda, Juan Carlos Álvarez, Juan José Mátiz

En esta etapa se realizará la revisión de diferentes estrategias de representación territorial con el propósito de identificar aquellas que permitan comunicar de manera clara las características del territorio y las condiciones de riesgo presentes en el área de estudio. Este proceso permitirá reconocer distintas posibilidades de representación física que puedan adaptarse a las necesidades de la investigación.

5.3.3. Grupo 3: Marisol Muñoz, Alejandro Muñoz, Debora Castaño

Con el fin de fortalecer la comunicación visual se incorporó un sistema de iluminación LED destinado a resaltar zonas de interés y facilitar la identificación de sectores específicos durante las actividades de explicación y demostración del prototipo. La iluminación se concibió como un recurso de apoyo para orientar la atención del usuario hacia elementos relevantes del territorio sin alterar la representación física del relieve.

Así mismo, Como parte de la estrategia de comunicación del riesgo, se diseñó una plataforma digital accesible mediante códigos QR incorporados en la maqueta. Esta plataforma se concibió como un complemento al modelo físico, permitiendo presentar información ampliada a través de recursos audiovisuales organizados por temáticas de interés para residentes y visitantes.

Finalmente, se contempló la incorporación de componentes electrónicos programables, con el propósito de controlar el sistema de iluminación y permitir la automatización de las secuencias de activación. Esta decisión busco mejorar la interacción con el prototipo y facilitar futuras actualizaciones o ampliaciones funcionales del sistema sin modificar la estructura física de la maqueta necesariamente.

5.3.4. Grupo 4: Luis Alejandro Córdona y Juliana Arango

Se ejecutan sesiones de Co-creación y talleres de diseño con los integrantes. Las propuestas responden al pliego de condiciones de CORTOLIMA (2026), el cual exige explorar representaciones físicas del terreno e interacción táctil con maquetas. Se aplica la técnica de lluvia de ideas para estructurar alternativas volumétricas basadas en el eje

integrador "Naturaleza-Cultura". Herramientas de inteligencia artificial operan como soporte técnico para la generación rápida de bocetos visuales y la evaluación de la viabilidad formal de las propuestas. Las opciones resultantes se someten a una matriz de selección multicriterio para ponderar variables de interactividad didáctica, viabilidad de impresión modular, representatividad identitaria regional y resistencia climática. Este filtro de ponderación define la viabilidad conceptual antes de pasar al desarrollo técnico.

5.4. Prototipar

5.4.1. Grupo 1: Sebastián Múnera y Julián Jaramillo:

En esta etapa se procesaron las imágenes obtenidas mediante fotogrametría, la cual es “una tecnología de medición y digitalización 3D” (Fovea, 2026). A partir de estas imágenes se generó el modelo digital del terreno, el cual luego fue preparado para su impresión en 3D con el fin de obtener una maqueta física del Cañón del Combeima.

Con base en lo diseños definidos durante la etapa de ideación, se inició la construcción del prototipo utilizando programas como TinkerCAD, Tencent y MakerWorld para realizar los ajustes finales antes de la impresión. Estas herramientas permitieron desarrollar los primeros diseños, realizar ajustes y definir la distribución de las diferentes piezas que hacen parte de la propuesta. Durante esta etapa también se realizaron pruebas y modificaciones al modelo digital para verificar que las piezas pudieran imprimirse y ensamblarse correctamente. De esta forma se ajustó el tamaño, la forma y la ubicación de algunos componentes antes de obtener la versión final del prototipo.

El proceso de prototipado permitió pasar de las ideas iniciales a una propuesta más concreta, facilitando la visualización del funcionamiento de la maqueta y del prototipo de apoyo al sistema de alerta temprana.

5.4.2. Grupo 2: Daniel Taborda, Juan Carlos Álvarez, Juan José Mátiz

A partir de los criterios definidos se desarrollarán diferentes alternativas de representación territorial que permitan explorar distintas formas de comunicar la información analizada. Este proceso facilitó la comparación entre las diferentes propuestas y permitió seleccionar aquella que mejor responda a los objetivos planteados en la investigación.

5.4.3. Grupo 3: Marisol Muñoz, Alejandro Muñoz, Debora Castaño

Una vez definida la propuesta conceptual y la estructura del sistema, se procedió al desarrollo del modelo digital tridimensional del Cañón del Combeima. Para ello se emplearon herramientas de modelado asistido por computador y software especializado para el procesamiento de información geográfica y la preparación de modelos para fabricación aditiva.

Durante esta etapa se realizó el procesamiento del relieve, el ajuste de la escala del modelo, la optimización de la geometría y el diseño de las piezas que conformarían la maqueta. Asimismo, se verificó la compatibilidad entre los componentes estructurales y los espacios requeridos para la incorporación del sistema electrónico y de iluminación, garantizando que el modelo pudiera ser fabricado mediante impresión 3D y ensamblado posteriormente sin afectar la precisión de la representación territorial.

5.4.4. Grupo 4: Luis Alejandro Córdona y Juliana Arango

La materialización de la solución integra geomática, diseño CAD y manufactura industrial mediante cuatro pasos técnicos consecutivos de investigación aplicada:

- Tratamiento Geoespacial: Se realiza la limpieza, remuestreo y procesamiento de los Modelos Digitales de Elevación (MDE) y nubes de puntos de fotogrametría aérea suministradas por CORTOLIMA en software de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Este proceso garantiza la precisión geométrica de las 13 microcuencas críticas representadas en el mapa base regional.
- Modelado CAD: Se ejecuta la conversión de las mallas topográficas complejas en una geometría sólida editable utilizando software Fusion 360. El diseño estructural modular por capas incorpora tolerancias de acople mecánico por gravedad, de manera que permite desmontar las laderas críticas manualmente y sin necesidad de adhesivos químicos.
- Segmentación (Slicing): Se preparan y rebanan los archivos vectoriales tridimensionales (STL/3MF) mediante un software laminador técnico. El procedimiento configura espesores de pared, densidades de relleno (infill) y alturas de capa optimizadas para su exposición a la intemperie.

- Impresión 3D e Integración Sensorial: Se fabrican los componentes didácticos por Modelado por Deposición Fundida (FDM). La producción utiliza filamento PLA reciclado para las zonas de relieve topográfico, y polímeros de alta resistencia mecánica y estabilidad UV (PETG y ASA) para el chasis de soporte interno montado sobre una perfilería metálica galvanizada.

5.5. Testear

5.5.1. Grupo 1: Sebastián Múnera y Julián Jaramillo:

En esta última etapa de evaluación se revisaron los resultados obtenidos con la maqueta y el prototipo, teniendo en cuenta los objetivos planteados para el proyecto, se verificó si se representa de manera adecuada las principales características del Cañón del Combeima y si facilita la explicación de las zonas con mayor riesgo y de esta manera comprobar si puede servir como una herramienta de apoyo para que la comunidad comprenda mejor las condiciones del territorio y los riesgos presentes en él.

En el caso del prototipo, se evaluó si la propuesta responde a la necesidad identificada y si puede funcionar como un complemento para los Sistemas de Alerta Temprana existentes en el Cañón del Combeima.

Los resultados de esta evaluación permitieron identificar posibles ajustes o mejoras antes de presentar la propuesta final. Finalmente, esta etapa permitió saber si tanto la maqueta como el prototipo cumplen con el propósito de facilitar la compresión del territorio y complementar la información relacionada con la gestión del riesgo.

5.5.2. Grupo 2: Daniel Taborda, Juan Carlos Álvarez, Juan José Mátiz

El desarrollo de esta fase se apoyó por diferentes herramientas digitales utilizadas para el procesamiento de información geoespacial, el modelado tridimensional y la preparación de archivos para impresión 3D. Estas herramientas permitieron transformar la información analizada durante la primera fase en una propuesta de representación territorial acorde con los objetivos de la investigación.

5.5.3. Grupo 3: Marisol Muñoz, Alejandro Muñoz, Debora Castaño

Una vez fabricadas las piezas y desarrollados los sistemas electrónicos, se realizó el ensamblaje del prototipo integrando la estructura física, el modelo tridimensional del relieve, el sistema de iluminación y los elementos de interacción. Durante esta etapa se verificó el ajuste entre los componentes, procurando mantener la estabilidad estructural y la correcta distribución de los elementos electrónicos dentro de la maqueta.

Antes de la implementación definitiva, se realizaron pruebas de funcionamiento orientadas a verificar la respuesta del sistema electrónico frente a las secuencias programadas. Estas pruebas permitieron comprobar la correcta activación de los circuitos de iluminación, la transmisión de las señales de control y la integración entre la tarjeta programable y los componentes electrónicos del prototipo.

Se comprobó el funcionamiento de los mecanismos de interacción incorporados en la maqueta, verificando el acceso a la información digital mediante los códigos QR y la correcta respuesta de los recursos electrónicos implementados. Estas pruebas permitieron asegurar que los diferentes elementos del prototipo funcionaran de manera integrada y cumplieran con el propósito de facilitar la consulta de información complementaria por parte del usuario.

5.5.4. Grupo 4: Luis Alejandro Córdona y Juliana Arango

La evaluación funcional se traslada a un diseño de validación comparativa dentro del aula, adaptado a la naturaleza estrictamente física y morfológica del prototipo tridimensional impreso. Como prueba de control, se registra de forma retrospectiva la experiencia colectiva del grupo de estudio (compañeros de formación) al enfrentarse individualmente a la cartografía bidimensional plana provista por CORTOLIMA. Este ejercicio previo sirvió para documentar la barrera comprensiva del lenguaje técnico tradicional, donde la identificación de las 13 microcuencas y las laderas inestables resultó compleja y abstracta para los participantes, requiriendo de la intervención pedagógica de un geólogo especializado para su asimilación. Como prueba experimental, se plantea un test de usabilidad y legibilidad geométrica utilizando el volumen sólido del modelo físico

interactivo impreso. El protocolo evalúa si la transición del papel plano al relieve físico tangible permite que el mismo grupo de usuarios identifique de manera autónoma, intuitiva e inmediata la topografía de la cuenca, la ubicación de las laderas inestables y la única vía de evacuación del cañón, eliminando la dependencia de una instrucción técnica complementaria.

6. Resultados

A pesar de compartir un mismo reto, cada grupo planteó un proceso metodológico diferente, demostrando las aplicaciones de sus conocimientos y fortalezas individuales. Los diferentes grupos demostraron una capacidad competitiva alta, además de la intención de no relevar sus procedimientos a los grupos competidores, manteniendo un secreto metodológico, durante todo el proceso hasta el resultado final.

6.1. Grupo 1: Sebastián Múnera y Julián Jaramillo:

El grupo identificó que existe información técnica sobre los riesgos de la zona, pero que gran parte de esta se encuentra en mapas, informes y documentos técnicos que pueden ser difíciles de interpretar para personas que no tienen conocimientos especializados.

Además de la revisión documental, durante el desarrollo del proyecto se recibieron clases magistrales en cada uno de los avances realizados para la elaboración de los prototipos, especialmente en la estructuración y el modelado del mapa del Cañón del Combeima. También se realizó una visita a la fábrica de POLIMASTER, donde fue posible comprender mejor el proceso de modelado y conocer diferentes programas de diseño y modelado 3D que sirvieron como apoyo durante del desarrollo del proyecto.

Ilustración 9
Visita a POLIMASTER para conocer diferentes softwares de diseño

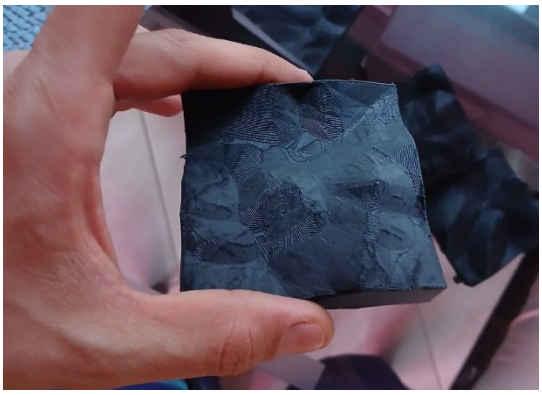


Nota: *Fotografía tomada por el grupo 1*

La principal orientación se recibió por parte del profesor de la asignatura de “Investigación” del Centro Tecnológico del Mobiliario, en el complejo del SENA de Calatrava - Itagüí, quien mediante sus retroalimentaciones semanales guio el avance tanto del modelado como del trabajo escrito. Estas asesorías permitieron mejorar la estructura del proyecto y orientar las decisiones tomadas durante el proceso.

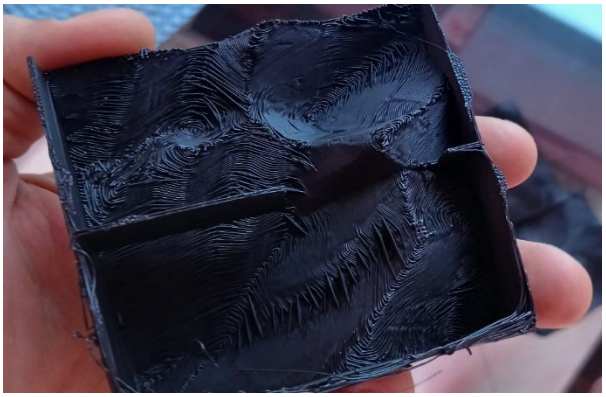
Asimismo, el encargado del área de emprendimiento de POLIMASTER nos brindó recomendaciones y orientaciones para fortalecer el aprendizaje en el manejo de diferentes programas especializados utilizados en el modelado y el prototipado con impresión 3D. Finalmente, para comprender la información suministrada por CORTOLIMA, se contó con el apoyo de un geólogo, quien nos explicó los principales conceptos necesarios para interpretar los estudios técnicos elaborados por la gobernación y la organización de control de la zona.

Ilustración 10
Vista superior del prototipado de los modelos del Cañón del Combeima



Nota: *Fotografía tomada por el grupo 1*

Ilustración 11
Vista inferior del prototipado de los modelos del Cañón del Combeima



Nota: *Fotografía tomada por el grupo 1*

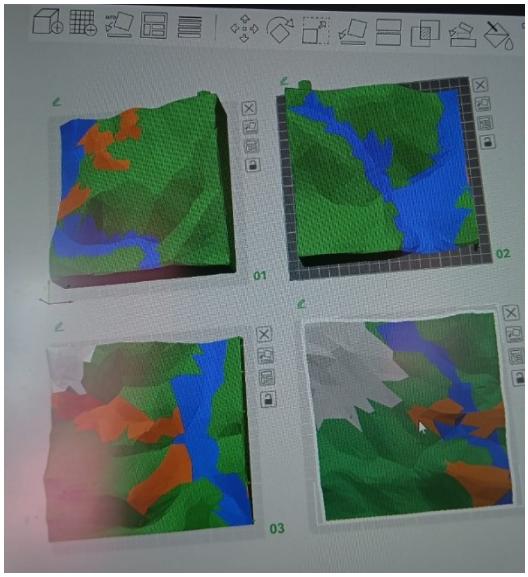
Ilustración 12
Prototipo del modelo a escala en 1:1500 del Cañón del Combeima



Nota: *Fotografía tomada por el grupo 1*

Como resultado de esta etapa se planteó el diseño de un prototipo como apoyo a un Sistema de Alerta Temprana. Para desarrollar este prototipo se planteó la construcción de una maqueta a escala reducida mediante impresión 3D utilizando material PLA. La propuesta consiste en una estación que reúne los principales componentes del sistema de alerta en un solo modelo, con el fin de facilitar su observación durante las demostraciones. Además, el prototipo se diseñó en 4 piezas independientes para facilitar tanto la impresión como el ensamblaje.

Ilustración 14
Modelado de las diferentes piezas del Cañón del Combeima en BambuStudio



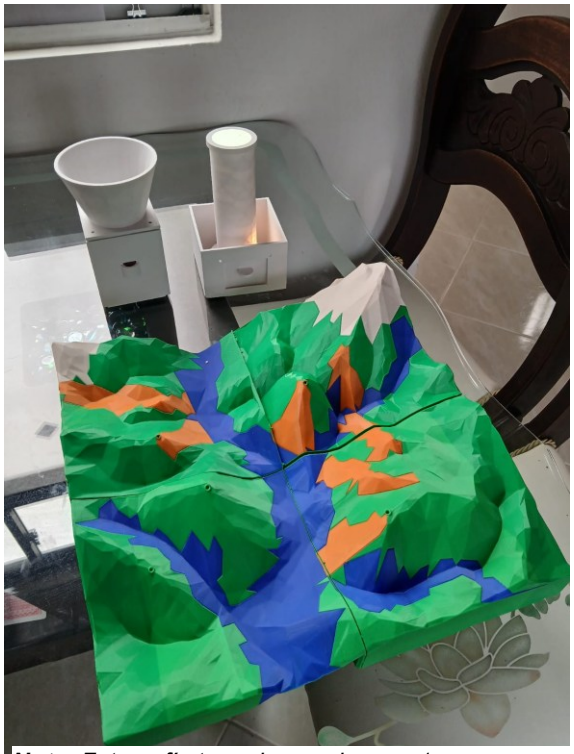
Nota: *Fotografía tomada por el grupo 1*

Ilustración 13
Modelo de piezas adicionales, pluviómetro



Nota: *Fotografía tomada por el grupo 1*

Ilustración 15
Resultado prototipo final



Nota: *Fotografía tomada por el grupo 1*

Ilustración 16
Especificaciones de impresión Bambú Carbón X1



Nota: *Fotografía tomada por el grupo 1*

Ilustración 17
Presupuesto de prototipo y bengala

PRESUPUESTO SAT: PROTOTIPO PLUVIÓMETRO & BENGALA REMOTA
Implementación en Campo e Innovación de Alerta Temprana - Cañón del Combeima (Excluye Maqueta Topográfica 3D)

COSTO TOTAL PROTOTIPO Y CAMPO (COP)	COSTO TOTAL EN DÓLARES (USD)
$4,966,500	$1,241.63

Componente / Fase	Costo Total (COP)	Costo Total (USD)	% del Presupuesto
1. Estación Pluviómetro SAT & Bengala Remota (IP67)	$2,420,000	$605.00	48.7%
2. Despliegue en Campo & Apropiación Social SAT	$2,310,000	$577.50	46.5%
SUBTOTAL DIRECTO	**$4,730,000**	**$1,182.50**	**95.2%**
Contingencias e Imprevistos (5%)	$236,500	$59.13	4.8%
TOTAL PROYECTO SAT	**$4,966,500**	**$1,241.63**	**100.0%**

COMPARATIVA DE ESPECIFICACIONES: LAB VS. CAMPO		
Criterio de Evaluación	**Prototipo de Laboratorio (Muestra)**	**Estación Certificada para**
Material Estructural Chasis	PLA Estándar (Deformación >50°C / Degradación UV)	Polímero ASA / PETG UV (Resistente UV y gradiente térmico)
Protección Electrónica	Circuito abierto / Protoboard / Sin sellado	Gabinete NEMA 4X / IP66 + Conformal Coating hidrófugo en PCB
Alimentación Eléctrica	Conexión USB / Fuente externa AC 110V	Panel Solar 10W Autónomo + Batería LiFePO4 12V/6Ah
Alarma de Emergencia Remota	LED local en soporte a 45°	Módulo RF LoRa (5-10 km) + Actuador de Bengala Remota SOLAS
Anclaje y Estabilidad	Exhibición sobre mesa	Mástil Acero Galvanizado 2,5m + Cimentación en Concreto en Cresta

Nota: *Realizado por el grupo 1*

6.2. Grupo 2: Daniel Taborda, Juan Carlos Álvarez, Juan José Mátiz

Con el fin de identificar la alternativa de representación más adecuada, se desarrolló un proceso de generación y evaluación de propuestas. Cada alternativa buscó resolver la problemática desde diferentes enfoques, considerando aspectos como la comprensión de la información, la viabilidad técnica de fabricación y las limitaciones del proceso de impresión 3D. La Tabla 2 resume las principales propuestas planteadas durante el desarrollo y la decisión tomada para cada una.

Tabla 1
Selección de propuestas

Propuestas	Propuesto por	Decisión final
Representación del flujo de agua mediante una bomba integrada.	Juan José Matiz	Descartada por las limitaciones del material de impresión, ya que su porosidad podría ocasionar filtraciones de agua.

Maqueta modular con bloques intercambiables para representar escenarios antes y después del evento.	Carlos Daniel Taborda	Seleccionada como propuesta principal.
Representación de zonas de riesgo mediante códigos de color.	Juan Carlos Álvarez	Incorporada como estrategia complementaria.
Representación del riesgo mediante simbología física.	Carlos Daniel Taborda	Descartada por resultar redundante frente al uso de códigos de color, los cuales permitían comunicar la misma información de forma más clara y sencilla.

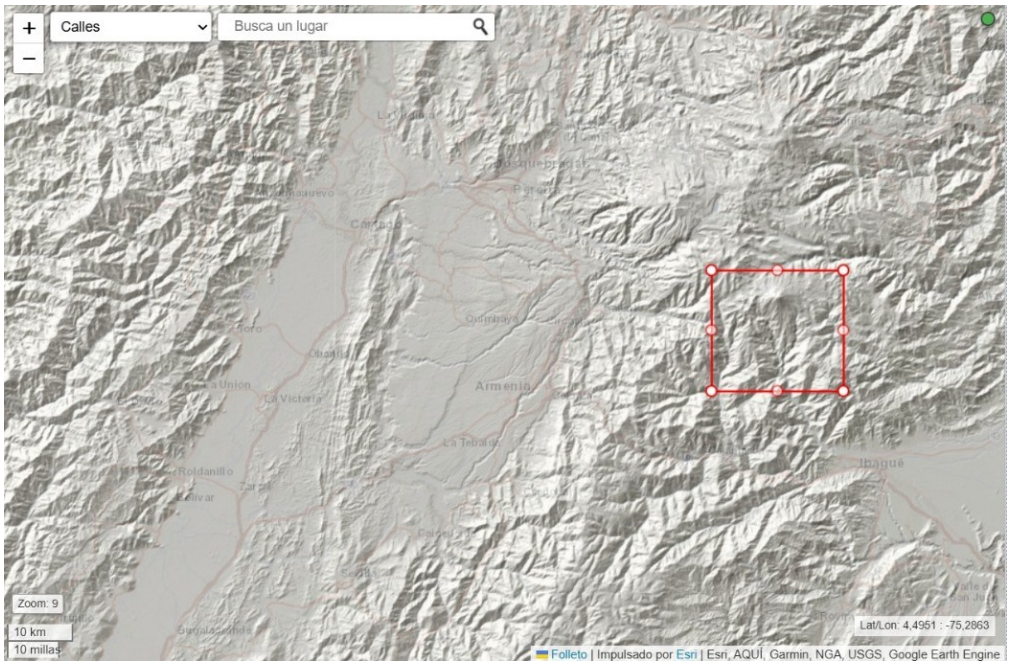
Nota: *Realizado por el grupo 2*

Como resultado de la primera fase metodológica se obtuvo un modelo tridimensional del relieve correspondiente al área de estudio, el cual sirvió como base para el desarrollo de la propuesta de representación física. Para ello se empleó la plataforma TouchTerrain, la cual permite transformar modelos digitales de elevación en archivos tridimensionales exportables para impresión 3D (Harding, 2021).

En esta fase del proyecto fue necesario delimitar cuidadosamente el área correspondiente al Cañón del Combeima, definiendo un recorte que incluyera las zonas de mayor interés para la investigación y que, al mismo tiempo, permitiera conservar el nivel de detalle requerido para representar las principales características del relieve. Asimismo, se realizaron diferentes pruebas relacionadas con la resolución del modelo y las dimensiones de exportación, buscando un equilibrio entre la calidad geométrica del terreno y las limitaciones propias del proceso de impresión 3D.

Como resultado de este procedimiento se obtuvo un modelo digital que conservó la topografía general del territorio y permitió identificar elementos como montañas, cauces principales y variaciones del relieve, constituyendo la base para las etapas posteriores del proyecto.

Ilustración 18
Selección del área de estudio en la plataforma TouchTerrain para la generación del modelo digital del terreno



Nota: *Captura de pantalla de TouchTerrain (Harding, C., Hasiuk, F., & Wood, A., 2021), Elaboración propia*

Una vez generado el modelo tridimensional, se realizó una evaluación de sus características geométricas con el propósito de verificar su compatibilidad con los procesos de fabricación digital. Durante esta etapa se analizaron aspectos relacionados con la resolución del relieve, la continuidad de las superficies y las dimensiones generales del modelo, identificando aquellos ajustes necesarios para garantizar una impresión adecuada.

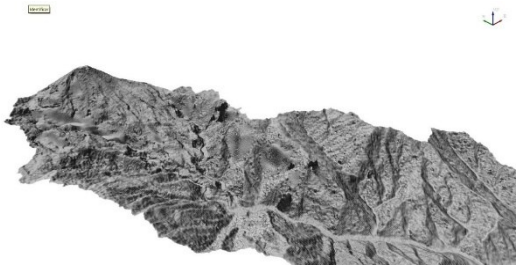
La revisión del archivo permitió comprobar que la representación topográfica mantenía las principales características del terreno, aunque fue necesario realizar grandes adaptaciones orientadas a mejorar la estabilidad del modelo y facilitar su posterior fabricación mediante SketchUp, software de modelado tridimensional (Trimble Inc, 2025). Estas modificaciones permitieron obtener una geometría más limpia y adecuada para las etapas de modelado y preparación del archivo de impresión.

El desarrollo de esta etapa dio lugar a un modelo tridimensional optimizado, listo para incorporar la información territorial correspondiente a las amenazas y demás elementos representativos del área de estudio.

Ilustración 20
Visualización del modelo digital del terreno del proceso de revisión de la topografía



Ilustración 19
Modelo tridimensional del terreno ajustado para continuar con el proceso de diseño



Nota: *Elaboración propia utilizando SketchUp (Trimble Inc, 2025).*

Ilustración 21
Integración de edificaciones y elementos representativos del centro poblado sobre el modelo del terreno

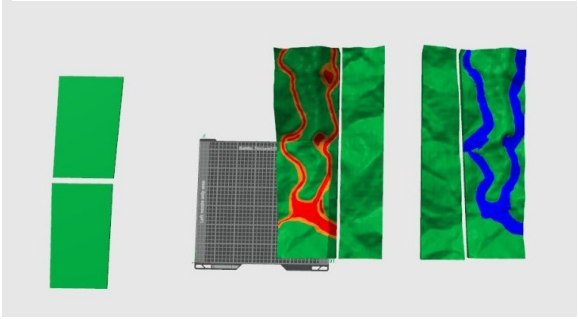
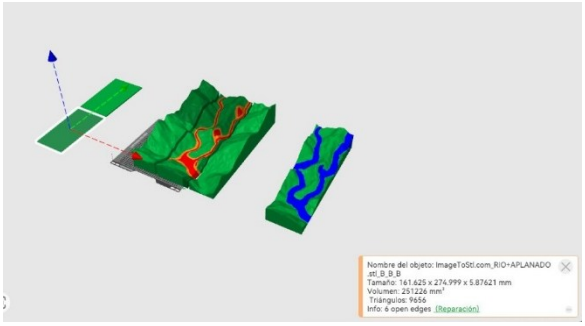


Ilustración 22
Preparación del modelo para el proceso de impresión 3D



Nota: *Elaboración propia utilizando Bambu Studio (Bambu Lab, 2025).*

Ilustración 24
Resultado Final Prototipo

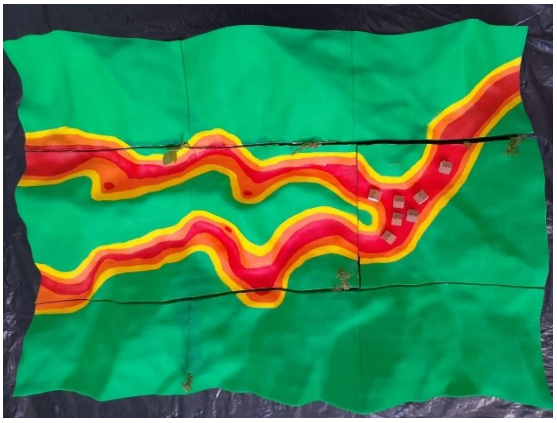


Ilustración 23
Resultado Final Prototipo



Nota: *Elaboración propia Grupo 2*

6.3 Grupo 3: Marisol Muñoz, Alejandro Muñoz, Debora Castaño

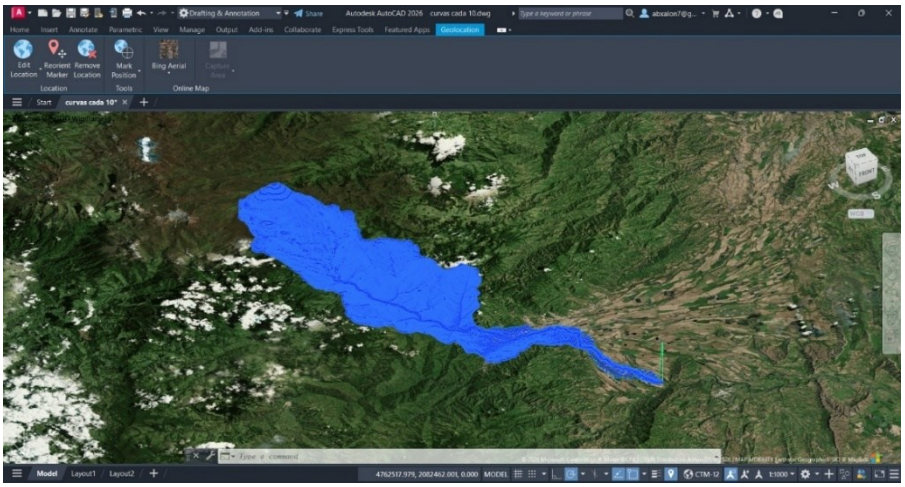
Con base en la revisión documental y el análisis del contexto territorial, se establecieron los criterios que debía cumplir la herramienta propuesta para responder a la problemática identificada. Estos requerimientos se definieron considerando que el prototipo no solo debía.

Ilustración 25
Definición de los requerimientos

Requerimiento	Justificación
Representación tridimensional del relieve	Permitir una comprensión más intuitiva de la topografía del Cañón del Combeima y de la relación entre el relieve y las amenazas naturales.
Sistema de iluminación LED	Resaltar visualmente zonas de interés, amenazas o elementos específicos del territorio para facilitar su identificación durante la explicación del modelo.
Integración de códigos QR	Brindar acceso a información complementaria sin sobrecargar visualmente la maqueta, permitiendo ampliar el contenido mediante dispositivos móviles.
Sistema electrónico programable	Facilitar el control de la iluminación y permitir futuras actualizaciones o incorporación de nuevas funcionalidades sin modificar la estructura física del prototipo.

Nota: *Elaboración propia Grupo 3*

Ilustración 26
Terreno Georreferenciado



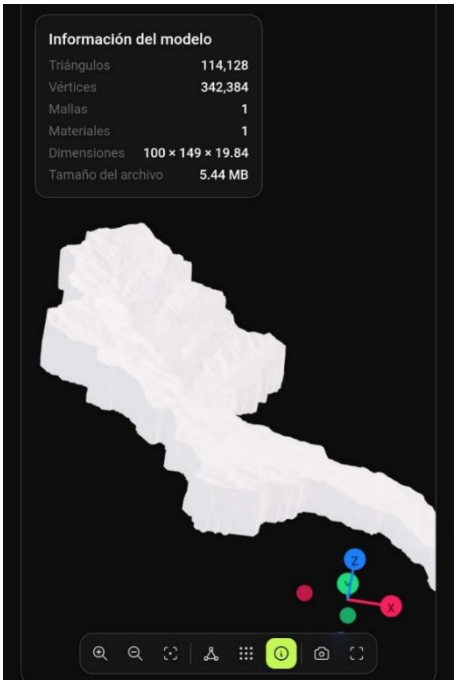
Nota: *Elaboración propia Grupo 3*

Ilustración 28
Vista de terreno con relieve



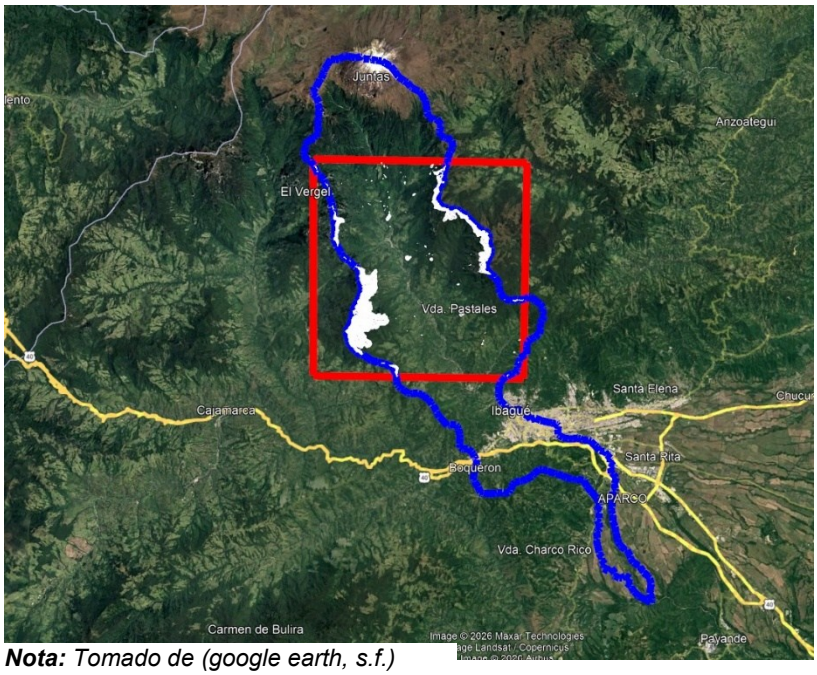
Nota: *Tomado de Fuente especificada no válida*

Ilustración 27
Visualización de terreno 3D



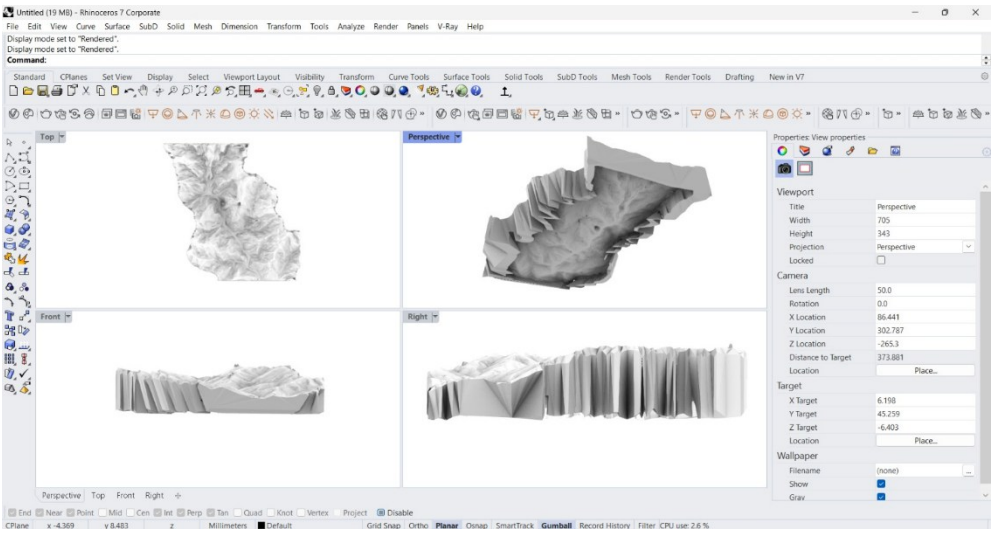
Nota: *Tomado de* ***Fuente especificada no válida***

Ilustración 29
Terreno elegido



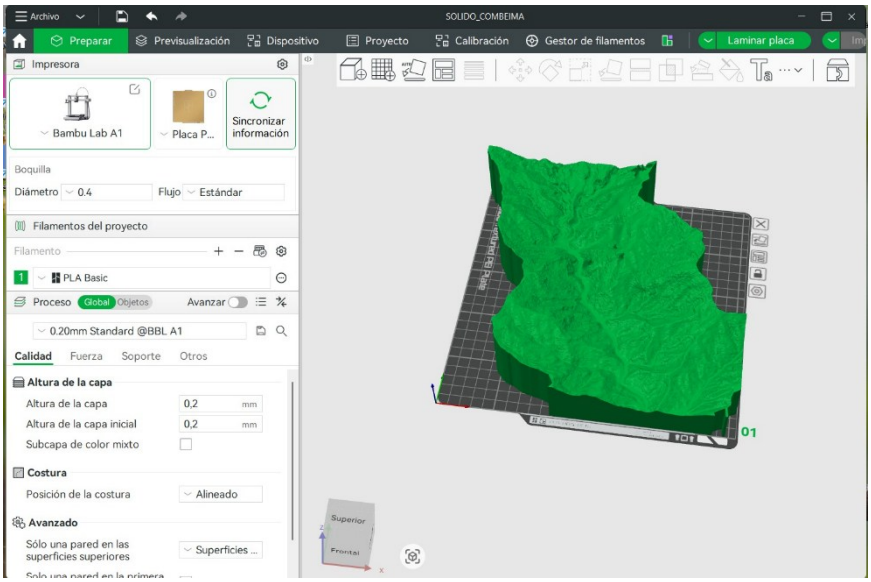
Nota: *Tomado de (google earth, s.f.)*

Ilustración 30
Visualización en modelado 3D



Nota: *Tomado de Rhinoceros 7, elaboración propia.*

Ilustración 31
Visualización terreno Bambustudio



Nota: *Tomado de Bambu studio con modelado 3D, Elaboración propia.*

Con el fin de fortalecer la comunicación visual se incorporó un sistema de iluminación LED destinado a resaltar zonas de interés y facilitar la identificación de sectores específicos durante las actividades de explicación y demostración del prototipo. La iluminación se concibió como un recurso de apoyo para orientar la atención del usuario hacia elementos relevantes del territorio sin alterar la representación física del relieve.

Así mismo, Como parte de la estrategia de comunicación del riesgo, se diseñó una plataforma digital accesible mediante códigos QR incorporados en la maqueta. Esta plataforma se concibió como un complemento al modelo físico, permitiendo presentar información ampliada a través de recursos audiovisuales organizados por temáticas de interés para residentes y visitantes.

Finalmente, se contempló la incorporación de componentes electrónicos programables, con el propósito de controlar el sistema de iluminación y permitir la automatización de las secuencias de activación. Esta decisión busco mejorar la interacción con el prototipo y facilitar futuras actualizaciones o ampliaciones funcionales del sistema sin modificar la estructura física de la maqueta necesariamente.

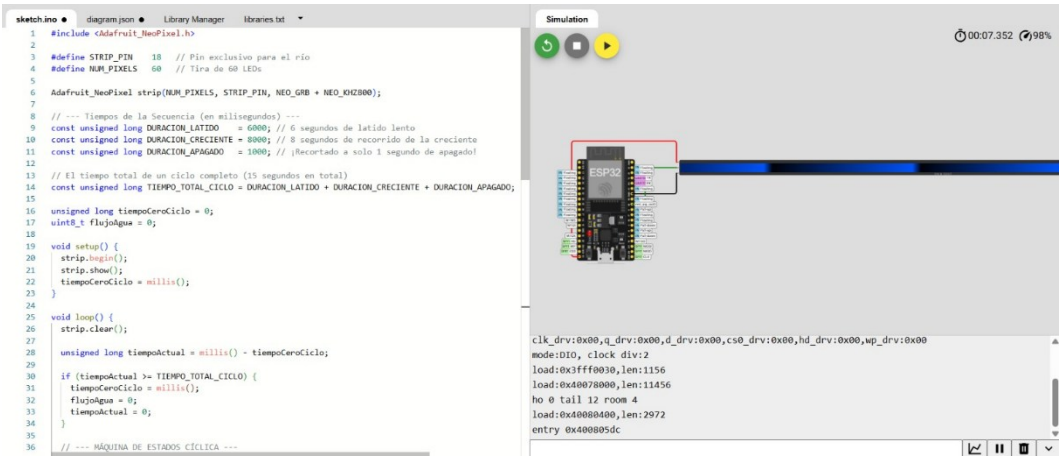
A continuación, se encuentra la simulación del concepto propuesto.

Ilustración 32
Primeras ideas



Nota: *Tomado de Gemini*

Ilustración 33
Demostración de circuito LED



Nota: *Tomado de Wokwi Simulator*

Ilustración 34
Prototipo real impreso en Filamento transparente



***Nota**: Realización propia grupo 3*

6.4. Grupo 4: Luis Alejandro Córdona y Juliana Arango

La inmersión documental en la realidad social del Cañón del Combeima evidenció una fractura latente en la transmisión de la memoria histórica del riesgo. Para estructurar el alcance de la propuesta física, se examinaron los diagnósticos de CORTOLIMA y del documento Diagnostico y Caracterización de la Universidad del Tolima (2021) bajo cinco preguntas orientadoras de investigación secundarias

Preguntas de Orientación para la Investigación:

- ¿Qué tanto conoce el habitante nuevo (menos de 10 años) sobre la creciente de 1959?
- ¿Cómo interpreta la comunidad los mapas de amenaza a escala 1:2.000?

- ¿Qué elementos del paisaje (río, montaña, nubes) disparan una sensación de alerta?
- ¿Existe una relación directa entre el grado de arraigo territorial y la disposición a evacuar ante una emergencia?
- ¿Qué medios físicos no digitales prefiere la comunidad para recibir información técnica sobre el riesgo?

Ilustración 35
Distribución de la Fragilidad Social por Centro Poblado



Nota: *Tomado de (Group, 2012)*

La definición del problema se agrava al cruzar el riesgo técnico con el arraigo territorial. En Juntas, por ejemplo, el 36% de los predios se encuentra en riesgo alto por procesos de remoción en masa (FRM). Sin embargo, la memoria colectiva se está desvaneciendo: el 49% de los habitantes lleva menos de 10 años en el lugar, lo que significa que solo un 6% presenció directamente la tragedia de 1985.

Tabla 2
Relación de Residencia y Percepción del Riesgo en Juntas

Tiempo de Residencia	% de Población	Nivel de Memoria Histórica
Menos de 10 años	49%	**Nulo/Bajo:** Dependen de la tradición oral.

De 11 a 20 años	44%	**Medio:** Conocen eventos recientes de baja intensidad.
Más de 20 años	7%	**Alto:** Testigos de eventos críticos (1985).

***Nota**: Tomado de (Group, 2012)*

En contraste, en Villa Restrepo, aunque el 98% de los predios tiene un riesgo bajo por FRM, la amenaza real es la torrencialidad de las quebradas La Sierra y El Salto, cuyos flujos han superado los 1.5 metros de altura con velocidades destructivas de 2 m/s.

Para dar el paso desde el diagnóstico de CORTOLIMA hacia la creación de formas físicas, se inició un proceso de innovación abierta alejado de las soluciones convencionales de ingeniería. El desafío central era claro: ¿cómo lograr que un niño, un campesino o un visitante respeten el riesgo de la montaña no por miedo, sino por el reconocimiento de su dimensión viva?, se procuró traducir datos geológicos complejos en una experiencia que cualquier persona pudiera sentir y entender.

En lugar de diseñar un panel informativo convencional, se decidió personificar el Cañón del Combeima; para lograrlo, se exploró referentes culturales y narrativos como la película Moana (2016), donde la isla y el océano actúan como personajes con voluntad propia. Esta historia ilustra la dualidad fundamental de la naturaleza: Te Fiti, la diosa montaña que genera vida y vegetación, se transforma en Te Kā, una fuerza destructiva de lava y ceniza, cuando se altera su equilibrio. Al recuperar su centro, la montaña vuelve a ser un espacio de protección.

Ilustración 37
Personaje Te ka



Ilustración 36
Personajes Te Fiti.



***Nota**: Tomado de Película Moana (2016),*

A partir de esta búsqueda, estructuramos tres alternativas conceptuales:

Propuesta 1: "El Guardián del Combeima": Figura monumental de aproximadamente 3 metros de altura inspirada en un espíritu protector de la montaña, Rostro inspirado en iconografía indígena Pijao. Cuerpo conformado por estratos geológicos visibles. Cabello formado por el cauce del río Combeima. Brazos convertidos en raíces de árboles nativos. Espalda con relieve topográfico impreso en 3D.

- Colores y Materiales: Paleta natural en verde bosque, azul río, ocres de montaña y gris volcánico del Nevado del Tolima. Estructura metálica galvanizada, revestimiento en plástico reciclado reforzado, paneles impresos en 3D y protección UV contra la humedad.

Ilustración 38
Diseño conceptual y visual de "El Guardián del Combeima"



Nota: *Realizado por medio de Gemini AI*

- Narrativa Cultural: Encarna la memoria ancestral y la relación entre indígenas, campesinos y naturaleza, recordando al río Combeima como eje vital del cañón.
- Integración Tecnológica y Función de Riesgo: Botón accesible que reproduce el audio: "Hola, soy el Guardián del Combeima. ¿Sabías que esta montaña puede moverse cuando la lluvia es intensa?". Explica deslizamientos, crecientes súbitos y rutas seguras. Incluye sistema Braille, código QR con lenguaje de señas, audioguías y paneles solares. Al presionar sectores táctiles, luces LED (verde, amarillo y rojo) simulan el recorrido del agua en lluvias extremas y señalan zonas de deslizamiento histórico.

Propuesta 2: "La Madre Agua del Combeima" Escultura femenina de 2.5 metros de altura inspirada en las leyendas de las protectoras de las fuentes hídricas:

- Vestido conformado por capas topográficas impresas en 3D con el relieve del cañón.
- Cabellera formada por caídas de agua como cascadas.
- Manos abiertas en postura de acogida al cauce.
- Narrativa Cultural: Rescata la tradición oral campesina y la visión del río como sujeto especial de derechos, enseñando la fragilidad del recurso hídrico.
- Integración Tecnológica y Función de Riesgo: Altavoces direccionales por presencia con historias de adultos mayores e inundaciones pasadas. Pantallas resistentes al clima con preguntas interactivas sobre respuestas ante emergencias. Luces LED en la falda para simular avenidas torrenciales e identificar áreas seguras.

Ilustración 39
Diseño conceptual y visual de "La Madre Agua del Combeima"



Nota: *Realizado por medio de Gemini AI*

Propuesta 3: "El Campesino Centinela": Figura de 2.2 metros de altura basada en la figura del habitante tradicional de la zona.

- Sombrero típico, ruana estilizada.
- Bastón convertido en estación de monitoreo.
- Mochila que contiene el mapa tridimensional del territorio.
- Narrativa Cultural: Valora los saberes locales, la agricultura y la observación histórica del clima, evitando la simplificación.
- Integración Tecnológica y Función de Riesgo: Bastón inteligente con sensor de movimiento, luces y altavoz que emite la alerta: "Bienvenido. Observa la montaña. Si ves grietas nuevas, inclinación de árboles o agua turbia, puede existir riesgo".

Mochila interactiva con maqueta táctil en 3D, piezas desmontables y código cromático de amenaza.

Ilustración 40
Diseño conceptual y visual de "El campesino centinela"



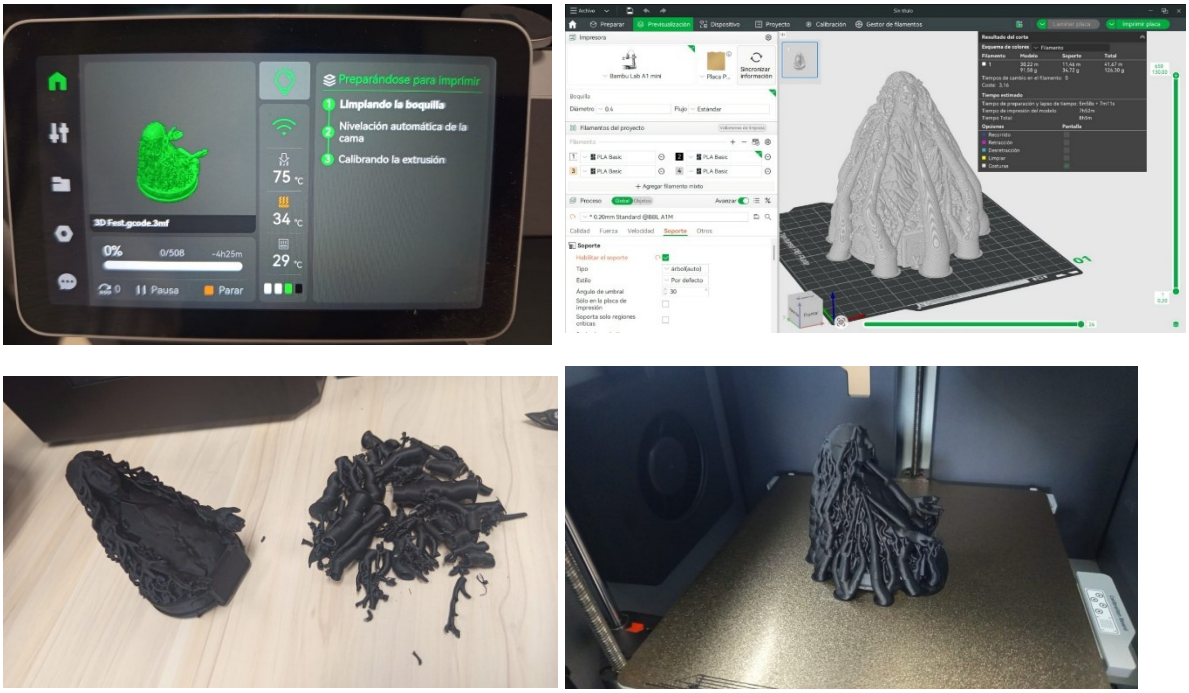
Nota: *Realizado por medio de Gemini AI*

La evaluación funcional del prototipo se ejecutó mediante un ejercicio controlado de revisión interna en el salón de clases, contando con la participación del equipo de investigación y el docente orientador. El propósito de este testeo no fue medir la orientación espacial comunitaria en campo, sino verificar directamente la resistencia mecánica del material y la calidad superficial de la manufactura aditiva. El protocolo consistió en la comparación física de dos iteraciones de impresión sucesivas:

- La primera prueba física presentó serias deficiencias mecánicas y geométricas:
- Falta de Adhesión y Desmoronamiento: Las secciones delgadas del relieve topográfico sufrieron desprendimiento intercapa durante la fabricación.
- Fragilidad de Detalles: Las zonas de mayor pendiente y los rasgos finos del tótem resultaron quebradizos, rompiéndose al contacto manual mínimo.

- Diagnóstico: El resultado evidenció parámetros inadecuados de densidad de relleno, baja temperatura de extrusión y falta de soportes en geometrías en voladizo.

Ilustración 41
Proceso de prototipado



Nota: *Realización propia Grupo 4*

A partir de los errores identificados en la primera prueba, se ajustaron las variables de laminación y la densidad de la malla, buscando mejora en la rigidez; gracias a ello, el segundo prototipo logró estabilidad estructural, eliminando el desmoronamiento de las paredes y conservando la integridad de la pieza; también se obtuvo una reproducción clara de la silueta del tótem y la morfología general del relieve, permitiendo al grupo de evaluación apreciar la tridimensionalidad del concepto.

Ilustración 42
Preparación prototipo 2



Ilustración 43
Prototipo Final



Nota: *Realización propia Grupo 4*

En la ilustración 43 se puede apreciar el resultado final del prototipo después de la intervención con pintura superficial; asimismo, con la ubicación referencial de un personaje que interviene la interfaz digital con la que el prototipo enciende sus luces y comunica los lugares ideales para salvaguardar la integridad de las personas.

6.5. Reconocimiento a Ganadores

El reto de innovación abierta tuvo un evento de socialización de resultados en el Centro Tecnológico del Mobiliario, con jurados invitados desde el área de Gestión de la Competitividad para el Desarrollo Tecnológico Productivo del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), también desde la Corporación Autónoma Regional del Tolima Cortolima y desde la Asociación Colombiana de Industrias Plásticas Acoplásticos; quienes por medio del Hub de Innovación del SENA evaluaron las propuestas con base en los siguientes criterios.

Ilustración 44
Criterios de Evaluación

Criterio	Descripción	Porcentaje
Comprensión del problema	Capacidad del equipo para interpretar correctamente el contexto territorial, el riesgo y la necesidad planteada por CORTOLIMA.	20%
Claridad de representación territorial	Nivel en que la propuesta facilita la comprensión espacial y territorial del riesgo mediante modelos físicos o estrategias de visualización.	20%
Innovación aplicada	Nivel de creatividad, diferenciación y capacidad de proponer nuevas formas de interacción y comprensión del territorio.	10%
Uso de impresión 3D como herramienta de apoyo	Integración adecuada de tecnologías de manufactura aditiva para fortalecer la solución propuesta.	15%
Viabilidad técnica y funcional	Coherencia técnica de la propuesta, posibilidad de desarrollo y funcionamiento básico del prototipo.	10%
Proceso metodológico e investigación	Calidad del proceso de investigación, documentación, argumentación y aplicación metodológica desarrollada por el equipo.	15%
Comunicación y presentación de la propuesta	Capacidad para explicar claramente la solución, su funcionamiento y su aporte a la comprensión del riesgo territorial.	10%

Nota: *Realizado por el Hub de Innovación*

Los solucionadores expusieron sus propuestas de manera hibrida, pues el jurado estaba presencial y virtualmente.

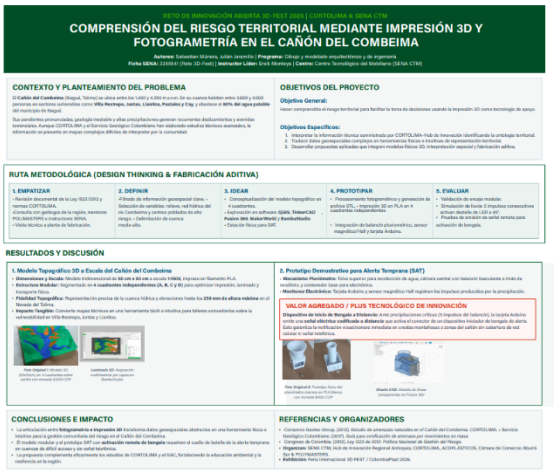
Ilustración 45
Sustentación prototipos





Nota: *Realizado propia*

Ilustración 47
Póster de investigación Grupo 1



Nota: *Realizado propia, grupo 1*

Ilustración 46
Póster de investigación Grupo 2



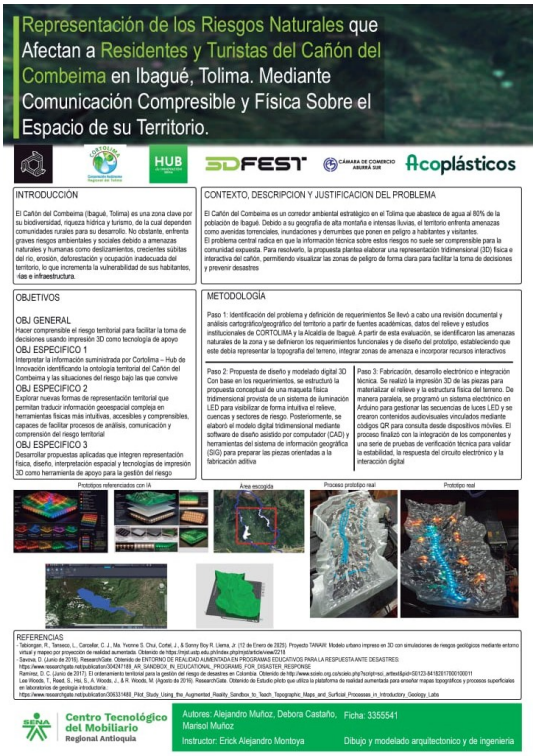
Nota: *Realizado propia, grupo 2*

Ilustración 49
Póster de investigación grupo 3



Nota: *Realizado propia, grupo 3*

Ilustración 48
Póster de investigación Grupo 4



Nota: *Realizado propia, grupo 4*

Todas las evidencias evaluadas por el jurado se encuentran en la este hipervínculo.

Ilustración 50
Reconocimiento de Grupo ganador



Nota: *Realización propia*

7. Conclusiones

El proceso de investigación evidenció que la comprensión del territorio no depende únicamente de la disponibilidad de información geoespacial, sino también de la forma en que esta es presentada. La incorporación de elementos físicos como el relieve, la red hidrográfica y las zonas de amenaza permitió representar de manera más intuitiva las dinámicas presentes en el Cañón del Combeima, fortaleciendo el análisis espacial y facilitando la comunicación de escenarios de riesgo.

Durante el desarrollo del proyecto también se comprobó la utilidad de herramientas digitales como TouchTerrain, SketchUp y Bambu Studio para transformar modelos digitales del terreno en objetos fabricables mediante impresión 3D. La combinación de estas herramientas permitió desarrollar el modelo físico de manera progresiva, desde la obtención del relieve hasta la preparación de los archivos para su fabricación.

El desarrollo del proyecto permitió integrar información recopilada de diferentes estudios para elaborar un modelo digital del terreno, una maqueta física y un prototipo de apoyo a los Sistemas de Alerta Temprana. Aunque estas herramientas no buscan reemplazar los estudios realizados por entidades como el Servicio Geológico Colombiano o CORTOLIMA, sí pueden servir como un complemento para apoyar los procesos de divulgación, educación y prevención relacionados con la gestión del riesgo en el Cañón del Combeima.

Entre los principales resultados del proyecto se encuentran la generación del modelo digital del terreno del Cañón del Combeima; la elaboración de una maqueta física mediante impresión 3D; el desarrollo de un prototipo demostrativo como apoyo a los Sistemas de Alerta Temprana y la generación de un documento que describe el proceso de diseño, modelado y desarrollo de la propuesta.

Finalmente, esta investigación constituye un punto de partida para futuros proyectos desarrollados en el marco de iniciativas como el reto 3DFEST. La experiencia obtenida demuestra que la impresión 3D ofrece múltiples posibilidades para abordar problemáticas reales desde diferentes áreas del conocimiento. Por ello, se recomienda a los futuros participantes continuar explorando las capacidades de estas tecnologías como

herramientas para el desarrollo de soluciones innovadoras, adaptadas a las necesidades específicas de cada contexto.

8. Cronograma

Tabla 3
Cronograma

ACTIVIDADES	TIEMPO- MESES											
	En - Feb.				Mar – Abr.				May. - Jun.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Presentación del reto y visita técnica							x					
Apertura oficial del reto y formulación inicial de investigación								x				
Taller de APA y definición del título del proyecto									x			
Visita de geólogo y contextualización técnica del problema										x		
Descripción del problema y construcción de antecedentes											x	
Definición de objetivos y ruta metodológica												x
	Jul. - Ag.				Sept. - Oct.				Nov. - Dic.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Acompañamiento Hub de Innovación.	x											
Desarrollo de ruta y construcción de resultados		x										
Acompañamiento Fab-Lab. Entrega de archivo y nube de puntos			x									
Acompañamiento Fab-Lab Consolidación de conclusiones			x									
Entrega final, prototipos e investigación				x								

Nota: *Realización propia*

11. Bibliografía

Alcaldia de Medellin, s.f. (s.f.). Riesgo por avenida torrencial. https://www.medellin.gov.co/sirmed/escenarios-riesgo/submenu/73

American Filament. (2026). Ácido poliláctico (PLA). https://americanfilament.us/es/blogs/3d-printing-guide/polylactic-acid-pla

Anthropic. (s. f.). *Claude*. Claude: https://claude.ai

Autodesk. (2026). *Fusion 360 Overview*. Autodesk Fusion: https://www.autodesk.com/latam/products/fusion-360/overview

Autodesk. (2026). *Tinkercad*. https://www.tinkercad.com/

Bambu Lab. (2025). Bambu Studio. https://bambulab.com/en/download/studio

Bambu Lab. (2026). *Bambu Lab*. Bambu Lab: https://bambulab.com

Burian, T. -G.-R.-V. (2020). A novel way to present flood hazards using 3D-printing with transparent layers of return period isolines. *DIE ERDE,* , 151 (1); 16-22.

CERE. (2021). *Administrativos Ut.* https://administrativos.ut.edu.co/images/VICEACADEMICA/CERE/publicaciones/PRESENTACI%C3%93N_DIAGN%C3%93STICO_Y_CARACTERIZACI%C3%93N.pdf

Congreso de Colombia. (2012). Ley 1523 de 2012, por la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Diario Oficial. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141&utm_source=chatgpt.com

Congreso de la República de Colombia. (24 de abril de 2012). *Ley 1523 de 2012.* Función Pública: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141

Consorcio Geotec Group. (2012). *Estudio de amenazas naturales, vulnerabilidad y escenarios de riesgo en los centros poblados de Villarestrepo, Llanitos, Juntas, Pastales, Pico de Oro, Bocatoma Combeima y Cay por flujos torrenciales en las microcuencas del río Combeima.* CORTOLIMA.

Corporación Autónoma Regional del Tolima. (7 de Marzo de 2013). *Estudio de Riesgo en el Cañón Guía para Ajuste del POT en el Sector*. Corporación Autónoma Regional

del Tolima (CORTOLIMA): https://cortolima.gov.co/sala-de-prensa/noticias/2344-estudio-de-riesgo-en-el-canon-guia-para-ajuste-del-pot-en-el-sector

CORTOLIMA. (2013). orporación Autónoma Regional del Tolima. (2013). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del río Combeima. https://cortolima.gov.co/sala-de-prensa/noticias/2344-estudio-de-riesgo-en-el-canon-guia-para-ajuste-del-pot-en-el-sector

Design Thinking en Español. (2026). *Pensamiento de Diseño ¿Qué es Design Thinking?* . https://designthinking.es/que-es-design-thinking/

ESRI. (2024). What is GIS? https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview

Fovea. (2026). *Fotogrametría: servicios de medición 3D*. Fovea: https://www.fovea.es/fotogrametria-servicios-medicion-3d/

Gaillard, J.-C., & Maceda, E. (2009). Participatory three-dimensional mapping for disaster risk reduction. *Participatory Learning and Action, 60*, 109-118. https://www.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/G02818.pdf

Garzón Roa, O. L. (1 de junio de 2015). *Riesgo en el cañón del Combeima, Ibagué*. El Espectador: https://www.elespectador.com/colombia/mas-regiones/riesgo-en-el-canon-del-combeima-ibague-article-563903/

GEOTEC-GROUP. (2012). Estudio de amenaza natural, vulnerabilidad y escenarios de riesgo en los centros poblados de Juntas, Villarestrepo, Pastales, Llanitos, Pico de Oro y las bocatomas Combeima y Cay.

Gobernación del Tolima. (2025). *Municipio de Ibagué - Cañón del Combeima*. Gobernación del Tolima - Turismo: https://tolima.gov.co/tolima/informacion-general/turismo/2032-municipio-de-ibague-canon-del-combeima

google earth. (s.f.). *google earth*. https://www.google.es/intl/es/earth/index.html

Google Notebook. (s. f.). *Notebook*. Notebook: https://notebooklm.google.com/

Group, C. G. (2012). *J_Cap5_v1.pdf.* Ibagué.

Harding, C. H. (2021). TouchTerrain—3D printable terrain models. ISPRS International Journal of Geo-Information, 10(3), 108. https://doi.org/10.3390/ijgi10030108

Harding, C., Hasiuk, F., & Wood, A. (2021). TouchTerrain—3D printable terrain models. ISPRS International Journal of Geo-Information. https://doi.org/10.3390/ijgi10030108

IDEAM. (2024). Deslizamiento. https://www.ideam.gov.co/atencion-y-servicios-a-la-ciudadania/glosario/deslizamiento

J.W. Ewert, T. M. (1993). Preventing volcanic catastrophe; the U.S. International Volcano Disaster Assistance Program. https://www.usgs.gov/publications/preventing-volcanic-catastrophe-us-international-volcano-disaster-assistance-program?utm_source=chatgpt.com

Leal Villamil, J., & Lozano Botache, L. A. (2012). Niveles de fragilidad potencial para la erosión y el deslizamiento en los suelos del municipio de Ibagué (Tolima). *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental,* *3*(1), 67-76. https://doi.org/https://doi.org/10.22490/21456453.937

León Villalobos, J. M., Barranco Pérez, J. A., Fisher, R., Madrigal Gómez, J. M., & Martínez González, R. (2023). *Manual de mapeo participativo con proyecciones aumentadas en 3D: una metodología para.* Ciudad de México: LIBRUNAM.

MakerWorld. (14 de mayo de 2025). *Community Guidelines*. MakerWorld: https://makerworld.com/es/community-guidelines

Mastoner. (2021). Filamento ABS: características del material para impresión 3D. https://www.mastoner.com/blog/filamento-abs-caracteristicas-material-3d/

Mecalux. (2021). Fabricación aditiva: la impresión 3D digitaliza la manufactura. https://www.mecalux.com.co/blog/fabricacion-aditiva

Pix4D. (2024). What is photogrammetry? https://www.pix4d.com/photogrammetry/

Rivera, O. (2020). Fotogrametría de Drones para la Prevención de Deslizamientos de Tierra en la Ciudad de México. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres, REDER.*, 4(2),85-96.

Santa Ramírez, G., & Cuevas González, J. (2019). *Caracterización morfométrica de deslizamientos presentados en la cuenca del río Combeima (Ibagué-Tolima, Colombia).* Universidad del Tolima, Tolima, Ibagué. https://www.researchgate.net/publication/342110715_CARACTERIZACION_MORFOMETRICA_DE_DESLIZAMIENTOS_PRESENTADOS_EN_LA_CUENCA_DEL_RIO_COMBEIMA_IBAGUE-TOLIMA_COLOMBIA

Servicio Geológico Colombiano. (1 de Diciembre de 2017). Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000. https://doi.org/https://doi.org/10.32685/9789585978225

Servicio Geológico Colombiano. (2023). Lahares. https://www.sgc.gov.co

Servitec 3D. (2026). ¿Qué es un archivo STL? https://servitec3d.com/blog/archivo-stl/

Tabiongan, R., Tanseco, L., Carcellar, C. J., Ma. Yvonne S. Chui, Cortel, J., & Sonny Boy R. Llema, Jr. (12 de Enero de 2025). *Proyecto TANAW: Modelo urbano impreso en 3D con simulaciones de riesgos geológicos mediante entorno virtual y mapeo por proyección de realidad aumentada.* https://mjst.ustp.edu.ph/index.php/mjst/article/view/2218

Telencuestas. (2026). *Proyección de la población de Ibagué para 2026*. Telencuestas: https://telencuestas.com/censos-de-poblacion/colombia/2026/tolima/ibague

Tencent. (2026). *For the Future*. Tencent: https://www.tencent.com/what-we-create/for-the-future/

Trimble Inc. (2025). SketchUp Help Center. https://help.sketchup.com

Troncoso Rodríguez, L., & Acosta Rincón, D. (2023). *Identificación de las zonas de riesgo por inundación en el corregimiento No. 8 de Ibagué a través de georreferenciación topográfica.* Universidad Cooperativa de Colombia. Ibagué: Repositorio Institucional Universidad Cooperativa de Colombia. https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/03f174ed-41de-48a1-ad6d-1f2f9f5cb019/content

U.S. Geological Survey. (2015). Keeping watch over Colombia's slumbering volcanoes. Eos, Earth and Space Science News. https://www.usgs.gov/publications/keeping-watch-over-colombias-slumbering-volcanoes

Umaña G., T. (22 de Febrero de 2025). *Noticias Ibagué: Fuertes lluvias causan inundaciones y emergencias*. Alerta Tolima: https://tolima.alerta.com.co/quejodromo/noticias-ibague-fuertes-lluvias-causan-inundaciones-y-emergencias-201374

Wikipedia. (s. f.). *QGIS*. Wikipedia, La enciclopedia libre: https://es.wikipedia.org/wiki/QGIS

12. Anexos

13. Información para Registro CvLAC

Tabla 4
Registro CvLAc

Registro del resumen del proyecto. RETO DE INNOVACIÓN ABIERTA: COMUNICACIÓN DEL RIESGO TERRITORIAL MEDIANTE IMPRESIÓN 3D Y FOTOGRAMETRÍA EN EL CAÑÓN DEL COMBEIMA				
Participación en el proyecto. 1. Coinvestigador ☒ 2. Asesor ☐ 3. Estudiante pregrado ☐ 4. Estudiante maestría ☐ 5. Estudiante doctorado ☐ 6. Profesional ☐				
Número o código del proyecto. 2382137 V2				
Valor del proyecto sin contrapartida. $ 174.873.600				
Fecha de inicio:	Día _23_/ mes _Abril_/ año_2026_	**Fecha fin:**	Día _6_/ mes _Octubre_/ año__2026	Día __/ mes __/ año__
Número o código de acto administrativo *. 225219				
Fecha del acto administrativo *. 11 / 11 / 2021				
Tipo de proyecto: 1. Investigación y desarrollo ☐ 2. Investigación, desarrollo e innovación ☐ 3. Extensión y responsabilidad social en CTeI ☐ 4. Investigación + Creación ☒				

Nota: *Realizado propia*

14. Grupo de Investigación

Tabla 5
Línea de Investigación

GRUPOS Y LÍNEAS DE INVESTIGACION AL QUE PERTENECE	
MATERMOB COL0113975	1.Transformación digital e inteligencia aplicada al diseño y a los sistemas productivos.
	2. Gestión, ergonomía, seguridad y competitividad en sistemas productivos
	3.Materiales sostenibles y procesos productivos para la madera, derivados y el mobiliario.

Nota: *Realizado propia*