



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

**Diseño conceptual de un sistema de recolección, filtrado, potabilización y
distribución de agua de lluvia para zonas rurales del departamento del Cesar
(Colombia)**

Trabajo de fin de máster

Diana Carolina Arévalo Gómez

Director:

Prof. Dir. Bernabé Hernandis Ortuño

Valencia, septiembre 2020



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

**Universitat Politècnica de València
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño**

**Diseño conceptual de un sistema de recolección, filtrado, potabilización y
distribución de agua de lluvia para zonas rurales del departamento del Cesar
(Colombia)**

Máster Universitario en Ingeniería del Diseño

Valencia, septiembre 2020

Resumen

El agua es uno de los recursos renovables más importantes del planeta y Colombia es uno de los países con mayor riqueza hídrica en todo América. No obstante, el agua está localizada en algunas zonas como la selva de la costa Pacífica y la Amazonia, donde vive una pequeña parte de la población colombiana. A pesar de la riqueza hídrica, muchas zonas rurales y comunidades no cuentan con acceso al agua potable, bien sea porque están muy alejadas del casco urbano, por la pobreza o por las condiciones climáticas extremas de cada región, lo que genera una baja calidad de vida.

Es por ello, que se lleva a cabo una investigación mixta que combina variables cualitativas y cuantitativas, empleando modelos sistémicos y distintas metodologías con el fin de analizar la problemática, las soluciones actuales y proponer un producto/sistema que se encargue de todo el ciclo de vida del agua de lluvia, desde su captación hasta su distribución. Para esto, se aplica un estudio de caso que está compuesto de cuatro fases, comenzando por la clarificación de tareas, seguida del diseño de concepto, simulación y por último validación.

Finalmente, se obtiene una posible propuesta de un producto/sistema que se encarga de abastecer de agua potable específicamente en los meses de mayo a octubre, a familias que habitan en zonas rurales del departamento del Cesar y están conformadas por cuatro integrantes. Dicho sistema es eficiente, ergonómico, sustentable, adaptable al terreno y de uso intuitivo.

Palabras Clave: Diseño, sistémica, producto, agua, Colombia.

Abstract

Water is one of the most important renewable resources on the planet and Colombia is one of the countries with the greatest water wealth in all of America. However, the water is located in some specific areas such as the jungle of the Pacific coast and the Amazon, where a small part of the Colombian population lives. Despite the water wealth, many rural areas and communities do not have access to drinking water, either because they are far from the urban area, due to poverty or the extreme climatic conditions of each region, which generates a low quality of life.

For that reason, it is carried out a mixed investigation that combines qualitative and quantitative variables, using systemic models and different methodologies in order to analyze the problem, current solutions and propose a product/system that is responsible for the entire cycle of life of rainwater, from its collection to its distribution. Therefore, it is applied a case study composed by four phases, starting with the clarification of tasks, followed by the concept design, simulation and finally validation.

Finally, it is obtained a possible proposal for a product/system that is responsible for supplying drinking water specifically in the months of May to October, for families living in rural areas of the department of Cesar and integrated by four members. This system is efficient, ergonomic, sustainable, adaptable to the terrain and intuitive to use.

Key words: Design, systemic, product, water, Colombia.

Resum

L'aigua és un dels recursos renovables més importants del planeta i Colòmbia és un dels països amb major riquesa hídrica en tota Amèrica. No obstant això, l'aigua està localitzada en algunes zones com la selva de la costa Pacífica i l'Amazònia, on viu una xicoteta part de la població colombiana. Malgrat la riquesa hídrica, moltes zones rurals i comunitats no compten amb accés a l'aigua potable, bé siga perquè estan molt allunyades del nucli urbà, per la pobresa o per les condicions climàtiques extremes de cada regió, la qual cosa genera una baixa qualitat de vida.

És per això, que es duu a terme una investigació mixta que combina variables qualitatives i quantitatives, emprant models sistèmics i diferents metodologies amb la finalitat d'analitzar la problemàtica, les solucions actuals i proposar un producte/sistema que s'encarregue de tot el cicle de vida de l'aigua de pluja, des de la seua captació fins a la seua distribució. Per a això, s'aplica un estudi de cas que està compost de quatre fases, començant per la clarificació de tasques, seguida del disseny de concepte, simulació i per ultime validació.

Finalment, s'obté una possible proposta d'un producte - sistema que s'encarrega de proveir d'aigua potable específicament en els mesos de maig a octubre, a famílies que habiten en zones rurals del departament del Cesar i estan conformades per quatre integrants. Aquest sistema és eficient, ergonòmic, sustentable, adaptable al terreny i d'ús intuïtiu.

Paraules Clau: Disseny, sistèmica, producte, aigua, Colòmbia.

Índice

1.	Introducción	10
1.1	Motivación de la investigación	10
1.2	Definición del problema	11
1.3	Justificación	12
1.4	Objetivos de la investigación	14
1.4.1	General	14
1.4.2	Específicos	14
1.5	Propuesta de valor	15
1.6	Delimitación y alcance de la investigación	16
1.7	Planificación	16
2.	Estado del arte	18
2.1	Ciclo del agua	18
2.2	Captación y aprovechamiento de agua de lluvia	19
2.3	Condiciones climáticas	22
2.4	Marco geográfico	24
2.5	Marco demográfico	25
2.6	Marco legal	26
2.7	Agua para vivir	29
2.8	Filtrado y potabilización	29
3.	Metodología	32
3.1	Estudio de caso	32
3.1.1	Fase 1: Clarificación de tareas	33
3.1.2	Fase 2: Diseño de concepto	35
3.1.3	Fase 3: Simulación	35

3.1.4 Fase 4: Validación	36
4. Resultados y discusión	37
4.1 Fase 1: Clarificación de tareas	37
4.1.1 Resultados revisión descriptiva	37
4.1.2 Resultados Brainstorming y googlestorming	37
4.1.3 Resultados mapa conceptual	39
4.1.4 Resultados matriz comparativa	41
4.1.5 Resultados síntesis del conocimiento	43
4.1.6 Resultados Modelos ID-think	45
4.2 Fase 2: Diseño de concepto	52
4.2.1 Resultados diagrama FAST	52
4.2.2 Resultado matriz morfológica	54
4.2.3 Alternativas de diseño	54
4.2.4 Matriz QFD	60
4.3 Fase 3: Simulación	62
4.4 Fase 4: Validación	64
4.4.1 Publicaciones	68
4.4.2 Resultados encuesta percepción del lenguaje de uso	69
5. Conclusiones	71
6. Futuras líneas de investigación	73
7. Referencias	74
8. Anexos	79
Anexo 1. Panel 1: Sistema exterior	79
Anexo 2. Panel 2: Sistema en estudio	80
Anexo 3. Panel 3: Conceptualización	81
Anexo 4. Panel 4: Espacio de diseño 3D	82
Anexo 5. Carta de aceptación “Diseño y terriotrio, Emergencias y conflictos”	83
Anexo 6. Aceptación artículos Revista rDis.	84
Anexo 7. Formato encuesta percepción del lenguaje de uso	85

Índice de figuras

Figura 1. Ciclo hidrológico simplificado con sus componentes y fases.....	19
Figura 2. Proceso del SCALL para potabilización, Nicoya, Costa Rica	21
Figura 3. Temperatura máxima y mínima promedio	22
Figura 4. Probabilidad de precipitación al mes	23
Figura 5. Precipitación en mm/día	24
Figura 6. Agua necesaria para vivir	29
Figura 7. Filtro cerámico con carbón activado	31
Figura 8. Formato sistema exterior modelo ID - Think.....	34
Figura 9. Resultados Brainstorming y Googlestorming.....	38
Figura 10. Mapa conceptual	40
Figura 11. Sistema en estudio - funcional.....	46
Figura 12. Sistema en estudio - ergonómico	47
Figura 13. Sistema en estudio - formal	48
Figura 14. Conceptualización.....	49
Figura 15. Conceptualización cubo 3D	50
Figura 16. Espacio de diseño 3D – Función	50
Figura 17. Espacio de diseño 3D – Ergonomía.....	51
Figura 18. Espacio de diseño 3D – Forma.....	51
Figura 19. Espacio de diseño 3D	52
Figura 20. Diagrama FAST	53
Figura 21. Matriz morfológica.....	54
Figura 22. Bocetos captadores	55
Figura 23. Bocetos contenedores	55
Figura 24. Bocetos base, soporte.	56

Figura 25. Primera alternativa de diseño	57
Figura 26. Segunda alternativa de diseño	58
Figura 27. Tercera alternativa de diseño.	58
Figura 28. Cuarta alternativa de diseño.	59
Figura 29. Quinta alternativa de diseño	60
Figura 30. Alternativa elegida modificada y mejorada	62
Figura 31. Modelado 3D	63
Figura 32. Detalle modelado 3D	63
Figura 33. Relación hombre - máquina.....	64
Figura 34. Vista explosionada.....	66
Figura 35. Dimensiones generales	66
Figura 36. Listado de partes y componentes.	67
Figura 37. Factor de seguridad y estrés de la base	68

Índice de tablas

Tabla 1. Características físicas.....	27
Tabla 2. Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.....	27
Tabla 3. Características microbiológicas	28
Tabla 4. Esquema metodología.	33
Tabla 5. Matriz comparativa productos existentes en el mercado.	42
Tabla 6. Matriz comparativa propuestas artículos y blogs.	43
Tabla 8. Matriz QFD.....	61
Tabla 9. Partes y componentes.	65

1. Introducción

1.1 Motivación de la investigación

La ONU ha declarado al agua potable y saneamiento como un derecho humano esencial (ONU, 2010), a pesar de esto, algunas comunidades de países en vía de desarrollo aún no cuentan con este privilegio. Además, actualmente se presenta escasez de agua debido a que estos recursos hídricos se encuentran sometidos a niveles máximos de contaminación, a los efectos de la sobreexplotación de los recursos naturales y degradación ambiental (Echeverría Molina & Anaya Morales, 2018). Colombia no es ajena a esta problemática, según la Defensoría del Pueblo, el 69% de los municipios colombianos carece de agua para consumo humano, lo que pone en evidencia la inequidad en la que se encuentran muchas familias (Yáñez Contreras & Acevedo González, 2013).

De acuerdo a lo anterior, mediante el desarrollo de un sistema de recolección, filtrado, potabilización y distribución de agua de lluvia para zonas rurales se busca mejorar la calidad de vida de familias colombianas a través del diseño y creando innovación social; que según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL y las Naciones Unidas, se trata de una idea novedosa con la capacidad de mejorar la vida de los habitantes de determinada comunidad, y no necesariamente es sinónimo de algo nuevo sino la introducción de un cambio determinante a algo ya existente, que genera resultados a problemáticas sociales (Rodríguez Herrera & Alvarado Ugarte, 2008). La innovación social en Colombia es implementada por el gobierno desde el año 2006, donde se creó un ecosistema compuesto por el florecimiento de iniciativas locales y por la llegada de organizaciones internacionales, como el emprendimiento social, la inversión de impacto social y los modelos de negocio social (Villa López & Melo Velasco, 2017).

Lo descrito anteriormente constituye la motivación de esta investigación, pues a través del diseño se pretende crear innovación social y al mismo tiempo mejorar la calidad de vida de familias vulnerables, reducir el impacto ambiental y ayudar a la mitigación del cambio climático mediante procesos productivos limpios y auto sostenibles. En el ámbito personal, para la investigadora es muy importante el diseño social, generar cambios positivos en su país y dar a conocer la importancia del diseño a la hora de mejorar las condiciones de vida humana.

1.2 Definición del problema

El agua es uno de los recursos renovables más importantes del planeta y Colombia es uno de los países con mayor riqueza hídrica en todo América. No obstante, esta gran riqueza se encuentra localizada en algunas zonas como la selva de la costa Pacífica y la Amazonia, donde vive una pequeña parte de la población colombiana. La demás población vive sobre las tres cordilleras andinas y la costa Atlántica. La mayor parte de las actividades productivas como agropecuaria, industrial, minera y de deforestación se llevan a cabo en estas regiones (Roldán Pérez, y otros, 2019). A pesar de Colombia ser un país con tanta riqueza hídrica, muchas zonas rurales y comunidades no cuentan con acceso al agua potable, bien sea porque están muy alejadas del casco urbano, por la pobreza o por las condiciones climáticas extremas de cada región.

Según el censo realizado en el año 2019, Colombia tiene 48,2 millones de habitantes (DANE, 2019), en áreas rurales viven 11.838.032 de personas, el 26% de la población nacional. El 62,1% de ellos, es decir, 7.351.418 de personas, vive en la pobreza, y el 21,5% de la población rural 2.545.177 personas vive en pobreza extrema, o indigencia. (Perry, 2010). Estos son datos alarmantes, pues una gran parte de la población carece de calidad de vida, dentro de la cual se encuentra la

falta de acceso al agua. Cabe resaltar que en la mayoría de casos, las mujeres y niñas son destinadas a la labor de obtener agua, caminando cientos de kilómetros en busca de una fuente hídrica como ríos y quebradas, lo que puede desencadenar problemas de salud (OMS, 2003).

Además de la pobreza y el subdesarrollo, otra de las causas de la escasez de agua es la contaminación y el calentamiento global. Según la UNESCO se prevé que en 2030 el mundo tendrá que enfrentarse a un déficit mundial del 40% de agua; es de vital importancia cuidar el medio ambiente, ya que garantiza recursos limpios para las múltiples actividades diarias y económicas (UNESCO, 2015). Es importante mencionar que los recursos hídricos son un componente clave en el desarrollo sostenible tanto en América como en el mundo (IANAS, 2019).

Las precipitaciones de lluvia son más frecuentes en algunas regiones del país. En el Cesar, departamento que se ubica en el trópico bajo colombiano se presentan lluvias máximas en septiembre, octubre y noviembre con precipitaciones de más de 200 mm; sin embargo, desde marzo hasta agosto ocasionalmente se alcanzan los 150 mm (IDEAM, 2005). En nueve de los doce meses del año producen lluvias que permiten su captación y recolección para ser utilizada por el hombre para abastecer sus necesidades; por consiguiente, se configura un caso de estudio específico en el ámbito del diseño, el cual se enmarca en el desarrollo de un sistema que se encargue de recolectar, filtrar, potabilizar y distribuir el agua de lluvia para proveer agua a familias que habitan en zonas rurales.

1.3 Justificación

Nadie puede vivir sin agua. La escasez de agua potable es la causa principal de enfermedades a nivel mundial, en estudios realizados se obtuvo que hasta el 2016

había 663 millones de personas sin acceso a agua potable. Según la UNICEF, actualmente una de cada cinco personas no tiene acceso al agua potable, y cerca de 10 mil personas mueren diariamente por deshidratación y enfermedades a causa de esto (UNICEF, s.f.). Lo anterior indica la falta de preocupación por parte de los gobiernos y entidades por mejorar la calidad de la vida de las personas en el mundo, lo que puede hacer la diferencia entre la pobreza insuperable y el logro de la libertad de las comunidades (Correa Assmus, Gustavo; Muños Ortiz, Astrid, 2015).

En Colombia, al igual que el resto de Latinoamérica, la pobreza se concentra en zonas rurales, específicamente en las costas Pacífica y Caribe, regiones Sur y Nororiental y la Amazonia, con un porcentaje del 49% en la región Caribe. El departamento del Cesar pertenece a esta región (Perry, 2010). Además, cuenta con una precaria infraestructura lo que dificulta el desarrollo socioeconómico de las comunidades, poca competitividad de emprendimientos productivos y baja calidad de vida.

El ámbito económico también se ve afectado por los servicios deficientes de abastecimiento de agua, las sequías e inundaciones, lo que generan una pérdida de alrededor del 2,6% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional. Asimismo, como consecuencia de las aguas contaminadas se generan pérdidas humanas y morbilidad, acentuando la pobreza y afectando el desarrollo del país (Correa Assmus, Gustavo, 2017).

El gobierno colombiano ha creado políticas públicas, acuerdos y decretos que establecen un mínimo vital de agua potable de forma gratuita en cantidades que oscilan entre 0,6 y 2.5 metros cúbicos por persona (Restrepo Gutiérrez & Zárate Yepes, 2016). Sin embargo, muchas comunidades no cuentan con estos beneficios.

De acuerdo a lo anterior se propone el desarrollo de un producto/sistema que se encargue de recolectar, filtrar, potabilizar y distribuir el agua de lluvia a familias ubicadas en zonas rurales del departamento del Cesar, para así mejorar su calidad de vida, reducir el impacto ambiental y crear una producción limpia con el aprovechamiento de energías renovables, tomando como base los sistemas de producción y materiales disponibles en el país.

Para concluir, la pregunta de investigación que se pretende responder con el cumplimiento de los objetivos de este proyecto sería:

¿De qué manera se puede recolectar, filtrar, potabilizar y distribuir el agua de lluvia eficientemente en el departamento del Cesar?

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 General

Desarrollar un diseño de concepto de un sistema eficiente de recolección, filtrado, potabilización y distribución de agua de lluvia para zonas rurales del Cesar (Colombia).

1.4.2 Específicos

Con el fin de cumplir con el objetivo general se plantean cuatro objetivos específicos:

- Identificar y analizar las condiciones climáticas del departamento del Cesar.
- Establecer mecanismos de recolección, filtrado, potabilización y distribución de agua de lluvia.

- Desarrollar un concepto de configuración de producto con relación a la problemática estudiada a partir de la comparación entre diferentes alternativas posibles.
- Evaluar la eficiencia en la recolección, filtrado, potabilización y distribución del agua de lluvia mediante simulación.

Una vez establecidos los anteriores objetivos se procese a presentar la propuesta de valor del producto/sistema.

1.5 Propuesta de valor

Los productos y sistemas que se encuentran actualmente en el mercado relacionados con la problemática no presentan una solución integrada del problema, no existe un sistema integrado que se encargue de la recolección, filtrado, potabilización y distribución del agua; estas se enfocan solo en una de las tres funciones. Asimismo, en Colombia no existen empresas que se especialicen en la recolección del agua de lluvia, solo se encuentran contenedores que deben ser adaptados a las necesidades del terreno y las condiciones climáticas.

Con el desarrollo de este producto se pretende ofrecer un sistema que abarque todo el ciclo de vida del agua de lluvia, desde su recolección hasta su distribución y que pueda ser consumida por el hombre. De igual forma, que sea un sistema autosuficiente y amigable con el medioambiente.

1.6 Delimitación y alcance de la investigación

Dentro del desarrollo del trabajo de fin de master se encuentran algunas limitaciones de tipo facultativas que deben seguir las recomendaciones de la autora del proyecto, el sistema puede ser instalado en cualquier región, pero el análisis de las condiciones climáticas se ha realizado para el departamento del Cesar y su eficiencia puede variar de acuerdo a las condiciones del contexto de uso.

El proyecto se plantea hasta la etapa de modelado 3D y validación mediante simulación, ya que no se cuenta con los recursos económicos para la realización de un prototipo, de igual manera se debe cumplir con los aspectos legales de calidad del agua para el consumo humano y cumplir con los litros mínimos al día por persona. En el aspecto técnico, la solución planteada se debe poder construir con materiales y procesos productivos disponibles en Colombia.

Es importante mencionar que el sistema propuesto podrá abastecer el 100% de agua únicamente en la temporada de lluvia, siempre y cuando la relación de la capacidad de captación sea igual al consumo de agua.

1.7 Planificación

El trabajo de fin de master se plantea en cuatro fases o etapas, la primera es denominada clarificación de tareas en la cual se realiza una revisión descriptiva en fuentes primarias, secundarias y bases de datos especializadas con el fin de contextualizar el proyecto, conocer la problemática a fondo y obtener fortalezas y debilidades en los productos existentes. Asimismo, en esta etapa se realiza un Brainstorming y googlestorming, mapa conceptual, matriz comparativa y se aplican los modelos ID-Think. La segunda fase se denomina diseño de concepto, en la que

se establecen los requerimientos clasificados en función, ergonomía y forma; y parámetros que debe cumplir el producto, aplicando técnicas de Brainstorming y generando un diagrama FAST de funciones y operaciones y una matriz morfológica para posteriormente realizar las alternativas de diseño y su respectiva evaluación. En la fase tres o simulación se genera un modelo virtual de la alternativa elegida con sus respectivas mejoras, estableciendo partes, componentes y ensambles. En la fase final o validación se realiza el diseño de detalle, donde se especifican las partes y componentes y sus materiales, además, se efectúa una encuesta de percepción de lenguaje de uso.

2. Estado del arte

El ámbito de este trabajo se enfoca en el aprovechamiento del agua de lluvia para abastecer comunidades rurales en el departamento del Cesar (Colombia), así como las condiciones climáticas, precipitaciones, características del terreno y normativas; para cumplir con los objetivos propuestos se ha realizado una búsqueda bibliográfica en buscadores como google académico y bases de datos como Scopus, Science Direct y Web of Science relacionada con el desarrollo de productos y sistemas que se encarguen de recolectar, filtrar, potabilizar y distribuir agua, tomando como criterios de inclusión artículos relacionados con las generalidades del agua de lluvia, captación de agua, recolección, almacenamiento, filtrado, purificación, potabilización y distribución.

2.1 Ciclo del agua

Se asume que el ciclo del agua comienza en los océanos; el sol calienta su agua, la evapora y las corrientes ascendentes de aire llevan el vapor a las capas superiores de la atmósfera, aquí una temperatura menor hace que el vapor de agua se condense y se formen las nubes. Las corrientes de aire mueven las nubes sobre la tierra, sus partículas colisionan, crecen y caen en forma de precipitación si la atmosfera es cálida, en cambio si la atmósfera es muy fría, cae como nieve o granizo (Herrera Monroy, 2010).

Un porcentaje del agua será aprovechada por los seres vivos; otra escurrirá hasta llegar un río, lago o el océano, fenómeno que se conoce como escurrimiento. Otro porcentaje se filtrará a través de suelo y crea capas de agua subterránea, lo que es llamado percolación; parte de esta agua es absorbida por raíces de plantas, en la

cual absorbe elementos necesarios para nutrirse y al llegar a las hojas y flores, se evapora hacia el aire, formando un fenómeno conocido como transpiración, esta a su vez junto con la evaporación purifican el agua, eliminando las sustancias que la contaminan.

Los procesos anteriormente mencionados se ilustran en la siguiente figura:

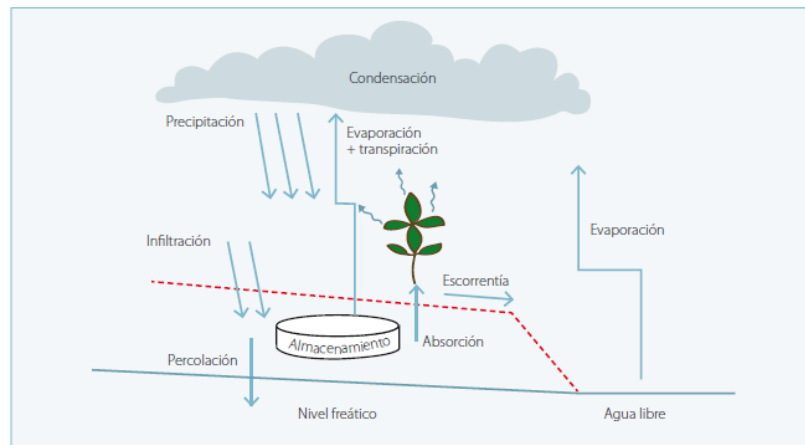


Figura 1. Ciclo hidrológico simplificado con sus componentes y fases. (FAO, 2013)

2.2 Captación y aprovechamiento de agua de lluvia

La lluvia se puede emplear en actividades diarias que no requieren calidad de agua potable, o realizar su potabilización para poder ser consumida por el ser humano. La importancia de captarla, almacenarla, distribuirla y utilizarla para distintos fines es de gran relevancia para comunidades y poblaciones que no tienen acceso a este recurso o se encuentra en escasez (Torres Hugues, 2019).

Según la Food and Agriculture Organization (FAO), la práctica de captación y aprovechamiento de agua de lluvia es definida como la técnica o procedimiento capaz de aumentar la disponibilidad de agua en un espacio o terreno, bien sea para uso doméstico, animal o vegetal (FAO, 2013).

Es importante tener en cuenta algunos aspectos para la creación de un buen sistema de tratamiento de aguas de lluvia:

1. Zona donde se instala: se deben hacer análisis del terreno y las condiciones climáticas como precipitaciones para dimensionar el sistema.
2. Recolección: identificar el mejor método y diseño (techos, tejados, canaletas, tuberías o sistemas independientes) para maximizar de manera eficiente la captación.
3. Almacenamiento: el espacio que contenga el agua debe tener buena capacidad de acuerdo a los estudios de precipitaciones y necesidades de los usuarios.
4. Filtrado y potabilización: el agua recolectada debe pasar por un proceso de filtrado que retiene las partículas sólidas del líquido, posterior a esto se potabiliza para que pueda ser consumida por el ser humano.
5. Distribución: el diseño del sistema que se encarga de la colocación del agua en su destino debe adaptarse a las necesidades, bien sea uno o varios destinos.

A continuación, se muestra un sistema de agua cosechada en Costa Rica, que servirá como referencia para la realización del proyecto.



Figura 2. Proceso del SCALL para potabilización, Nicoya, Costa Rica. (Gómez, W; Rojas J; Suarez, A; Salinas, 2018)

Se han encontrados artículos que hablan sobre la captación de agua de lluvia, sistemas de captación y potabilización para consumo humano, la mayoría de estos se han propuesto para países latinoamericanos, entre ellos se encuentra la validación de un prototipo de sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano (Avelar Roblero, Sánchez Bravo, Domínguez Acevedo, Lobato de la Cruz, & Mancilla Villa, 2019). Asimismo, en México han diseñado un tren de tratamiento para potabilizar y purificar el agua de lluvia para dotar de agua a los habitantes del municipio de San Miguel Tulancingo (Pérez Hernández, Palacios Vélez, Anaya Garduño, & Tovar Salinas, 2017), otra investigación importante es la creación de un techo escudo como captador pluvial, mediante un modelo multifuncional de captación eficiente empleando comportamientos térmicos (Ramírez & Hernández Pérez, 2019). Por último, una propuesta a gran escala se hace para pequeñas comunidades rurales de 200 habitantes en México, a través de un recolector de agua acoplado a una planta potabilizadora (Díaz Delgado, García Pulido, & Solís Morelos, 2000).

2.3 Condiciones climáticas

Colombia presenta un clima tropical que se caracteriza por una temperatura uniforme la mayor parte del año. En el departamento del Cesar se pueden encontrar pisos térmicos que con un clima promedio de 28°C y máxima de 35°C en las tierras bajas, hasta temperaturas inferiores a 4°C en las zonas más altas.

A continuación, se presenta una gráfica que muestra la temperatura máxima y mínima promedio de Valledupar, capital del departamento del Cesar; sus condiciones climáticas son muy similares a las de la región sur del departamento.

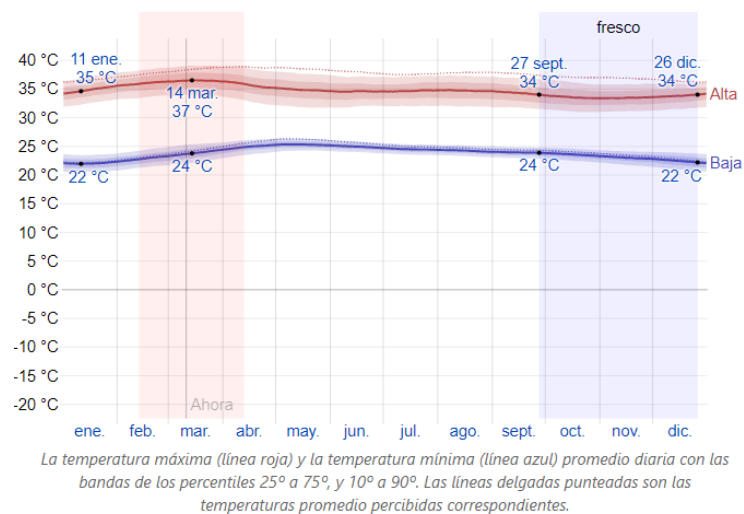


Figura 3. Temperatura máxima y mínima promedio. (weatherspark,2016)

La temporada con temperaturas más altas dura dos meses, desde mediados de febrero hasta mediados de abril con una temperatura máxima promedio de 36°C. Por el contrario, la temporada fresca dura tres meses, desde finales de septiembre hasta finales de diciembre con una temperatura inferior a 34°C.

Respecto a las precipitaciones, la temporada más lluviosa dura 7,1 meses; desde mediados de abril hasta mediados de noviembre, con una probabilidad mínima en abril del 21% y una máxima del 42% en octubre. Por el contrario, la temporada más seca dura 4,9 meses y va desde finales de noviembre hasta mediados de abril; como se muestra a continuación:



Figura 4. Probabilidad de precipitación al mes. (weatherspark,2016)

El promedio de lluvia total anual es de 970 mm. En los meses más secos de principios de año llueve entre 0 y 3 días/mes y en los meses de mayo y octubre, que son los días de mayores lluvias, entre 15 y 20 días/ mes. Esto se ve reflejado en en el siguiente grafico la variación de la precipitación en milímetros por día.

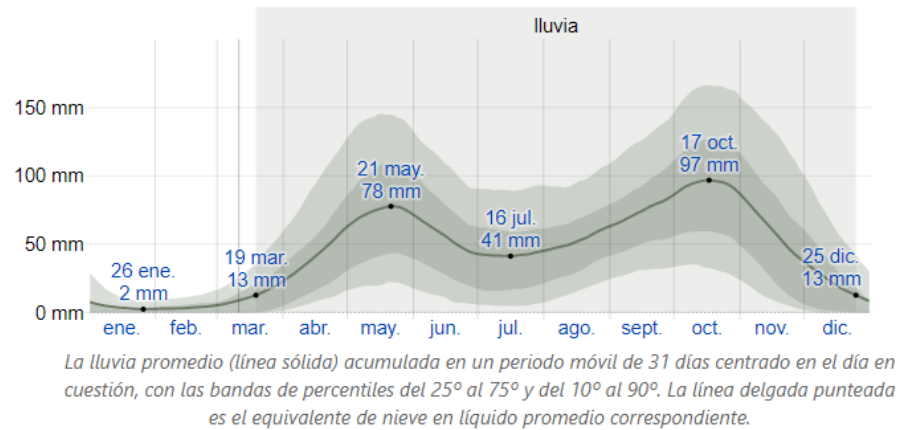


Figura 5. Precipitación en mm/día. (weatherspark, 2016)

Otro factor importante es la humedad relativa del aire, que oscila entre 56 y 74%, siendo mayor en la época lluviosa del segundo semestre del año (IDEAM, 2019).

2.4 Marco geográfico

El departamento del Cesar está ubicado al norte de Colombia, en la llanura del caribe; localizado entre los 07°41'16" y 10°52'14" de latitud norte y los 72°53'27" y 74°08'28" de longitud oeste. Con una superficie de 22.925 km², se divide en cuatro zonas geográficas: la Sierra Nevada de Santa Marta al norte, la Serranía del Perijá al oriente, el valle del río Magdalena al occidente y el valle de los ríos Cesar y Ariguaní al sur. Asimismo, lo conforman 25 municipios y 165 corregimientos. Se caracteriza por presentar una topografía de tipo montañosa en un 43% y de planicies en el 57%, con un clima cálido en la zona plana, templado en la parte montañosa y clima de paramo en las zonas más altas. Este proyecto se enfoca principalmente en las zonas planas y onduladas (CORPOCESAR, 2011).

Gracias a su ubicación geográfica presenta una buena calidad en los suelos, lo que lo cataloga como uno de los departamentos con mayores ventajas del país. En las principales actividades económicas se encuentra la agricultura con siembras de algodón, arroz, maíz, palma africana, plátano, caña de azúcar, cacao, soya, yuca y millo; y la ganadería, con terrenos de llanuras extensas dedicadas al doble propósito: producción de leche y carne (CRAI, s.f.).

2.5 Marco demográfico

Se definen como usuarios a habitantes de zonas rurales del departamento del Cesar, sin distinción de género o sexo, de estrato socioeconómico 1 y 2, clasificado en nivel bajo- bajo y bajo según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE y de edad entre 18 y 64 años, ya que el 63,9% de la población se encuentra en este rango de edad (DANE, 2019).

Es fundamental mencionar que en Colombia la población rural presenta un analfabetismo del 12,5% en personas mayores de 15 años (Martínez Restrepo, Pertuz, & Ramírez, 2016). A nivel departamental el Cesar ocupa el puesto 4 de analfabetismo en Colombia con un 16,2% (Carrión Moreno, 2019); otro dato importante sobre el nivel de estudios en el sector rural, especialmente de los productores de ganado bovino el 48% de estos no tienen ningún tipo de estudio o apenas cumplen con la primaria incompleta (Mesa ganadería sostenible Colombia, 2019). Lo anterior supone que el producto deberá ser fácil de usar e intuitivo.

Los habitantes de zonas rurales se dedican principalmente a la agricultura y/o ganadería, se caracterizan por tener un estilo de vida agitado principalmente en las horas de la mañana y al finalizar la tarde y requiere de gran esfuerzo físico.

Dentro de los posibles clientes que se encuentran las comunidades rurales, pequeños y medianos ganaderos que deseen mejorar la calidad de vida en sus predios. Por otra parte, entidades gubernamentales como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Gobernación del Cesar y Alcaldías; asimismo, entidades privadas como el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, Federación Colombiana de Ganaderos – FEDEGAN y FINAGRO.

2.6 Marco legal

Según la ley 373 de 1997 decretada por el congreso de Colombia en la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. En ella se enuncia que todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro del agua mediante un conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico.

Asimismo, en el artículo 5to se menciona el reúso obligatorio del agua, en el cual se establece que las aguas utilizadas, bien sean de origen superficial, subterráneo o lluvias deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo amerite y aconseje según el análisis socioeconómico y las normas de calidad ambiental (Congreso de Colombia, 2003).

Por otra parte, la ley 205 y 216 de 2003, emitida por el Ministerio de la Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; hace referencia a las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo

humano (Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007). Estos valores se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 1. Características físicas.

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Colbalto (UPC)	15
Olor y sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

(Ministerio de la Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

Las características químicas del agua para consumo humano de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos no deben sobrepasar los siguientes valores:

Tabla 2. Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN*	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01

Trihalometatos Totales	THMs	0,2
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	HAP	0,01

(Ministerio de la Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

Respecto a las características microbiológicas, el agua debe enmarcarse dentro de valores establecidos con límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UF) o 1 microorganismo de 100 cm³.

Tabla 3. Características microbiológicas

Técnicas utilizadas	Coliformes Totales	Escherichia coli
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Enzima Sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato Definido	0 microorganismos en 100 cm ³	0 microorganismos en 100 cm ³
Presencia - Ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

(Ministerio de la Protección Social y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

Por otra parte, en julio del 2011 (OMS, 2011) la OMS desarrolló unas guías "Guidelines for drinking-water Quality. Fourth Edition. World Health Organization", que establece las bases y legislaciones estándar de seguridad hídrica a nivel mundial. Además, menciona en el numeral 6.2 menciona la recolección de agua de lluvia como fuente importante de agua potable en los hogares en los que de debe tener un sistema de captación bien diseñado, tanques de almacenamiento cubiertos, realizar una limpieza regular de las superficies de captación y otras recomendaciones.

2.7 Agua para vivir

Es más fácil sobrevivir sin agua que sin comida. Según Jeff Conant y su libro “Agua para vivir” (Conant, 2005), la cantidad de agua que necesita una persona al día es la siguiente:

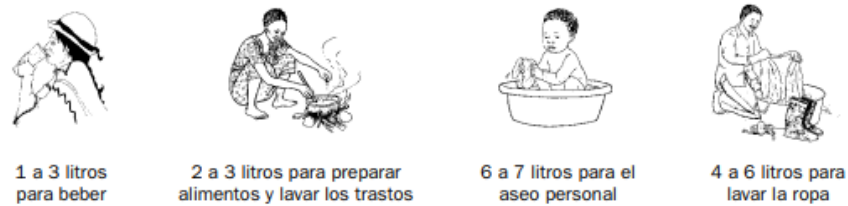


Figura 6. Agua necesaria para vivir. (Jeff Conant,2005)

De acuerdo a lo anterior, se requieren entre 15 y 20 litros de agua por persona al día para suplir las necesidades básicas. En los sistemas rurales la dotación mínima estándar es de 45 litros por persona al día (Herrera Monroy, 2010). Es importante recalcar que el agua mínima diaria por persona para vivir en zonas tropicales es 3 litros, así lo estipula la OMS en su informe Domestic Water Quantity, Service, Level and Health (OMS, 2003).

Lo anterior lo reafirma un estudio realizado en Colombia, concluyendo que el consumo básico en municipios cálidos y templados está entre 15 y 16 litros; por el contrario, los climas fríos entre 12 y 13 litros (Chacón M, Lizcano, & Aspilla Lara, 2012).

2.8 Filtrado y potabilización

El agua de lluvia antes de entrar al captador y contenedor debe ser filtrada, para esto se proponen dos procesos, el filtro uno y filtro dos están conformados por

una malla de 2000 y 50 micrones respectivamente, este material presenta alta resistencia mecánica y flexibilidad, resistencia a la abrasión y fatiga, tiene superficie lisa y puede tomar la forma que se desee (bolsa, disco, tubo, etc.) (Bonfilt, 2020).

Por otra parte, la OMS (OMS, 2011) en el apartado 7.3.2 del "Guidelines for drinking-water Quality. Fourth Edition. World Health Organization" presenta unos métodos de tratamiento de agua dentro de los que se encuentran los siguientes:

1. Desinfección química.
2. Filtros de membrana, cerámica porosa o compuestos.
3. Filtros de medios granulares.
4. Desinfección solar.
5. Tecnologías de luz ultra violeta mediante lámparas.
6. Tecnologías térmicas (calor).
7. Coagulación, precipitación y / o sedimentación
8. Combinación de los anteriores métodos.

Un estudio realizado en Colombia (Córdoba Parada, Acosta Alarcón, Pacheco, & Ramírez, 2016) a través de cinco casos, muestra la aceptación de la utilización de filtros como alternativa para la potabilización del agua (filtro de arena, arcilla, velas de cerámica, ultrafiltración, etc) en las comunidades rurales vulnerables. Por el contrario, en Costa Rica se realizó un estudio (Gómez, Rojas, Suarez, & Salinas, 2018) que evidencia la eficiencia de la potabilización de agua de lluvia en el trópico seco, la filtración se realizó en dos fases con carbón activado y grava, y luego se sometió a una desinfección final por medio de un sistema de lámpara ultravioleta.

Después de analizar los distintos métodos de potabilización, se ha concluido que el filtro cerámico con carbón activado es el más idóneo, por su economía y fácil

mantenimiento, está compuesto por carbón activado, arena de cuarzo, bola mineral roja, piedra medicinal y bola mineral blanca; el carbón activo elimina toxinas que se pueden encontrar en el agua y el aire.



Figura 7. Filtro cerámico con carbón activado. (Monkey, 2019)

3. Metodología

En este apartado se describen los métodos, metodologías y técnicas empleadas para desarrollar el trabajo. La investigación realizada es de tipo aplicada, ya que se nutre de teoría para generar conocimiento práctico, además considera que los resultados encontrados pueden tener relevancia en el contexto donde se desarrolla.

La metodología aplicada para la recolección y análisis de datos es de carácter mixto, pues se obtienen resultados tanto cualitativos como cuantitativos (Saunders, Thornhill, & Lewis, 2009).

Se aplica además el estudio de caso como método en la investigación científica, ya que se busca examinar o indagar sobre un fenómeno contemporáneo en su entorno real, como lo menciona Robert Yin (Yin, 1993).

3.1 Estudio de caso

El proceso de diseño en este estudio de caso se plantea en cuatro fases como se muestra en la tabla 4 y se aplican distintas técnicas y métodos en cada una de ellas. La primera fase asume un enfoque cualitativo, en la cual se pretende obtener información relevante del tema central de estudio, la segunda fase tiene un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo) que busca organizar la información encontrada para dar solución al problema de diseño. Por último, la fase tres y cuatro se centra en variables cuantitativas que se encargan de medir la eficiencia del producto/ sistema.

En investigación al combinar métodos cualitativos y cuantitativos se busca una triangulación metodológica, lo que conlleva a dar consistencia a los resultados

encontrados y generar una visión más completa de las problemáticas abordadas (Salcedo Obregón, 2017).

Tabla 4. Esquema metodología.

	Fase	Método de estudio de las variables	Metodologías empleadas
1	Clarificación de tareas	Cualitativo	<ul style="list-style-type: none">▪ Revisión descriptiva▪ Brainstorming▪ Googlestorming▪ Mapa conceptual▪ Matriz comparativa▪ Modelo ID-Think
2	Diseño de concepto	Cualitativo/Cuantitativo	<ul style="list-style-type: none">▪ Diagrama FAST▪ Matriz morfológica▪ Alternativas de diseño▪ Matriz QFD
3	Simulación	Cuantitativo	<ul style="list-style-type: none">▪ Modelo virtual como simulación de la realidad
4	Validación	Cuantitativo	<ul style="list-style-type: none">▪ Diseño de detalle▪ Publicaciones▪ Encuesta percepción del lenguaje de uso

(Elaboración propia, 2020)

A continuación, se describen los métodos empleados en cada una de las fases:

3.1.1 Fase 1: Clarificación de tareas

Esta fase comienza con una revisión descriptiva en fuentes primarias, secundarias y búsqueda en bases de datos especializadas en buscadores como Scopus, Web of Science y Science Direct con el fin de contextualizar el proyecto, conocer la problemática a fondo y definir los usuarios y posibles clientes. Posteriormente, se emplea el método de Brainstorming que permite generar un amplio número de ideas, liberar la creatividad y buscar oportunidades para mejorar (García, 2017), en

simultaneo se realiza el Googlestorming, que ayuda al análisis de factores influyentes a la hora de desarrollar el producto, como materiales, procesos y mercado, al igual que a encontrar productos relacionados con el que se pretende diseñar, todo lo anterior mediante imágenes (Ventura, 2015).

Una vez analizada la información encontrada en la revisión bibliográfica se crea el mapa conceptual que se encarga de organizar y ayuda a entender un tema en específico al visualizar las relaciones entre las ideas y conceptos (Lucidchart, 2020). Asimismo, se utiliza el método comparativo que según Fideli (Fideli, 1998) es un método para confrontar dos o varias propiedades enunciadas en dos o más objetos, en un momento preciso o en un arco de tiempo más o menos amplio.

A lo largo de todo el proyecto se emplean los modelos ID-Think de producto (ver figura 8), empresa e investigación, que son herramientas de diseño sistémico que se aplican a la creación de nuevos productos (Hernandis Ortuño & Briede, 2009) y empresas (Hernandis Ortuño, Agustín Fonfría, & Esnal Angulo, Modelo sistémico para la gestión de empresas, 2017); (ID - Think, 2016).

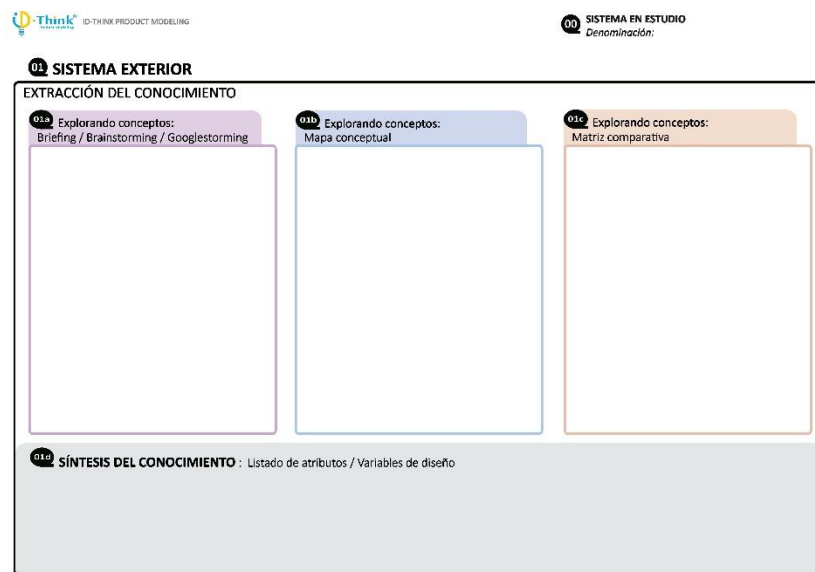


Figura 8. Formato sistema exterior modelo ID - Think. (ID- Think, 2016)

3.1.2 Fase 2: Diseño de concepto

Esta fase comienza con la especificación de las variables de diseño, que se realiza después de la revisión del estado del arte y el análisis bibliográfico. Una vez definidos se realiza el diagrama Function Analysis Systems Technique (FAST) que es una técnica de creatividad e innovación para analizar la estructura funcional de un sistema técnico. Según Charles W. Bytheway es una técnica sistemática de análisis funcional como una forma para organizar sistemáticamente y representar las relaciones funcionales de un sistema técnico (Bytheway, 2007). Por otra parte, se aplica la matriz morfológica que es una técnica para generar ideas de forma sistémica, teniendo en cuenta el problema central y las características que debe tener el producto para generar diferentes alternativas de solución (Marín García, 2015).

Una vez definidas las variables y empleadas las técnicas mencionadas anteriormente, se procede a generar las alternativas de diseño; mediante bocetos se proponen soluciones a la problemática, estos bocetos van acompañados de textos explicativos. Posteriormente, se aplica la metodología QFD (Quality Function Deployment) simplificada, con el fin de evaluar cuantitativamente las alternativas de diseño propuestas y escoger la que cumpla en mayor porcentaje con los requerimientos estipulados (Jimeno Bernal, 2012).

3.1.3 Fase 3: Simulación

Después elegir la propuesta que se va a desarrollar, se realizan mejoras y modificaciones, y se procede con la simulación de la realidad mediante la técnica de modelado tridimensional empleando el software de Autodesk Fusion 360 que

permite realizar modelados paramétricos (AUTODESK, 2020). La simulación 3D antes de la fabricación de productos permite evitar fallos y optimizar resultados.

3.1.4 Fase 4: Validación

La validación es la última fase dentro del proceso de diseño, en esta se realiza el diseño de detalle donde se especifican dimensiones, materiales, tipos de ensambles y procesos productivos requeridos para la fabricación del producto. Asimismo, se efectúa el análisis de elementos finitos en el software fusión 360 para comprobar la eficiencia del diseño propuesto mediante un análisis de esfuerzos.

Por otra parte, se aplica una encuesta para evaluar la percepción del lenguaje de uso del producto/sistema, esta encuesta se realiza empleando la escala tipo “Likert” donde el encuestado debe indicar en una escala de 1 a 5 el acuerdo o desacuerdo respecto a una afirmación o pregunta (Matas, 2018), siendo 1 completamente en desacuerdo y 5 completamente de acuerdo. La encuesta se aplica de manera virtual a 16 usuarios que se encuentran en el rango de edad especificado en el marco demográfico.

4. Resultados y discusión

En esta etapa del proyecto se describen los resultados obtenidos en cada una de las metodologías, métodos y técnicas empleadas para la solución de la problemática y en las fases de investigación aplicadas. Comenzando por las variables cualitativas y finalizando con resultados cuantitativos.

4.1 Fase 1: Clarificación de tareas

4.1.1 Resultados revisión descriptiva

La búsqueda y análisis de información en fuentes primarias, secundarias y bases de datos especializadas arrojó como resultados datos que sirvieron para crear el briefing del producto. En primer lugar, se ha decidido que se trata de cumplir los objetivos, mediante un sistema de recolección, filtrado, potabilización y distribución de agua de lluvia para el abastecimiento de comunidades de zonas rurales en el departamento del Cesar (Colombia). Autosostenible y elaborado con materiales de bajo impacto ambiental, eficiente, resistente y con un lenguaje de uso claro e intuitivo. Debe adaptarse a las condiciones de cualquier terreno.

4.1.2 Resultados Brainstorming y googlestorming

Mediante el empleo del brainstorming se obtuvieron una serie de palabras y conceptos que sirvieron como punto de partida para la generación de las técnicas posteriores. Los resultados arrojados se centraron principalmente en los beneficios que se quiere lograr con el producto, resolviendo las siguientes preguntas: ¿Qué?,

¿Dónde?, ¿Por qué?, ¿Para quién? y ¿Cómo?, que ayudan a definir el contexto, usuario y posibles partes y componentes del sistema. Con el googlestorming se obtuvieron distintas imágenes de los sistemas y artefactos utilizados actualmente para la recolección, filtrado, potabilización y distribución, se evidenciaron formas orgánicas exteriores que cumplen la función de recolección, además se observó que los paneles solares están siendo altamente utilizados en la industria de la agricultura y la ganadería.

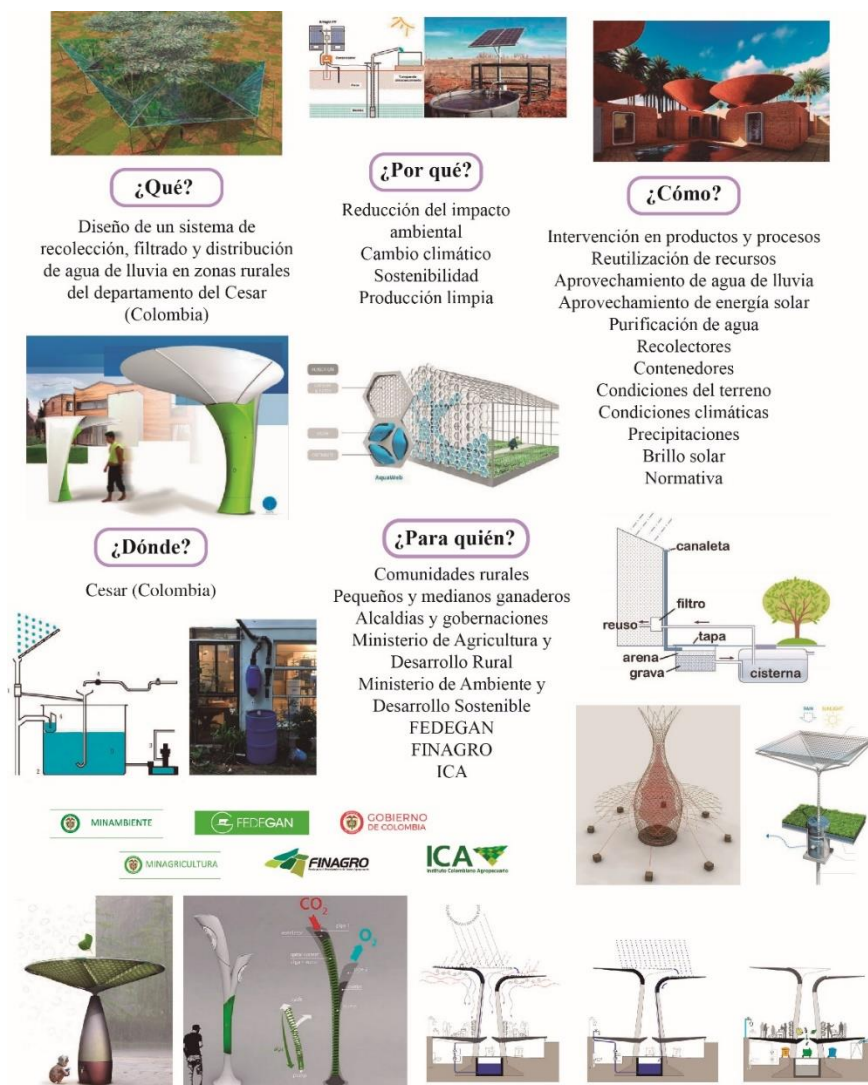


Figura 9. Resultados Brainstorming y Googlestorming. (Elaboración propia, 2020)

Las aplicaciones de las anteriores técnicas sirven como punto de partida para la realización de las siguientes fases.

4.1.3 Resultados mapa conceptual

Después de la aplicación de las técnicas del brainstorming y googlestorming se procedió a crear el mapa conceptual, que contiene la información obtenida en la revisión descriptiva de manera jerarquizada y organizada. Está dividido en ocho niveles (normativa, contexto, usuarios, clientes, partes y componentes, materiales, funciones principales y características).

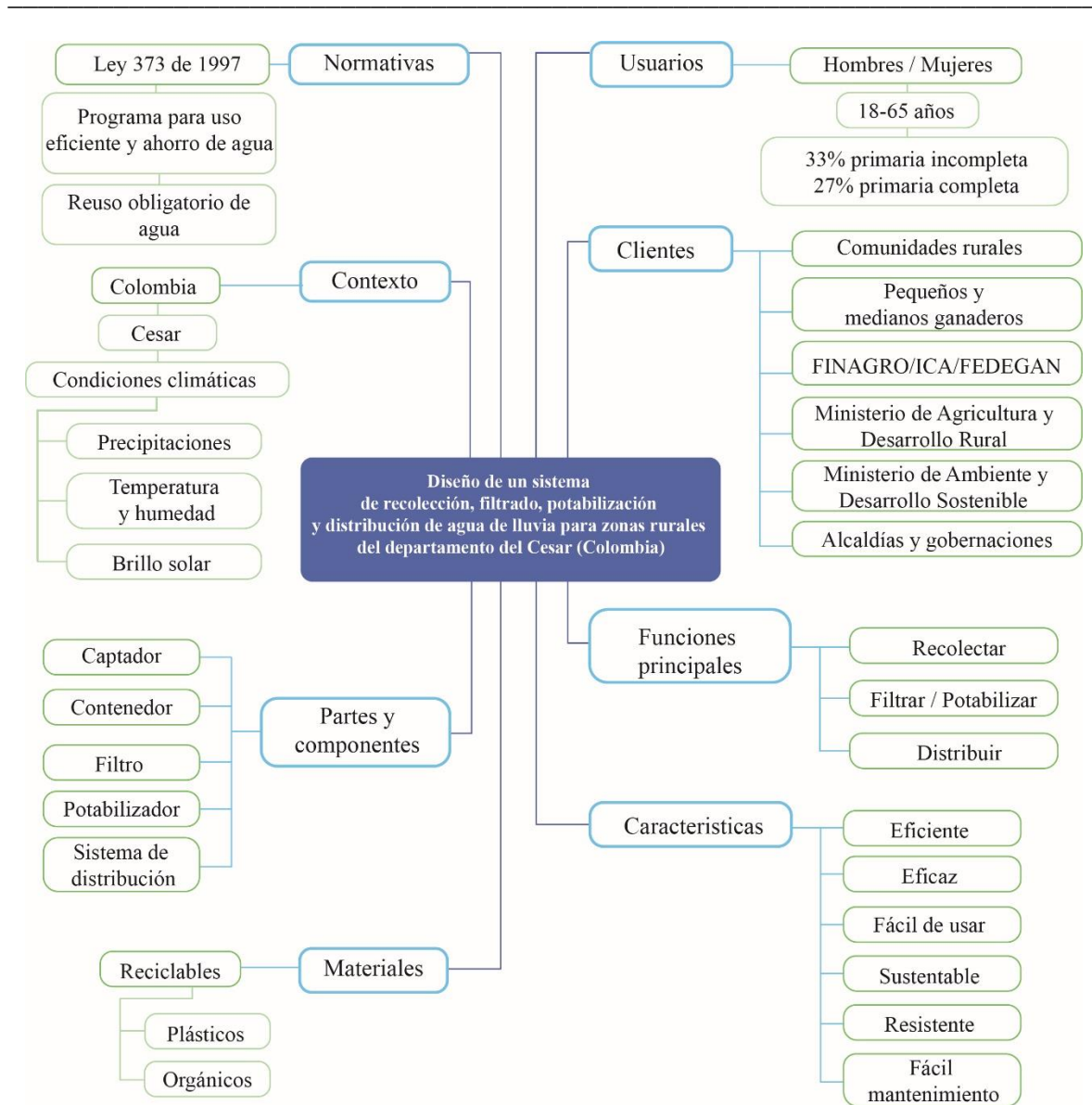


Figura 10. Mapa conceptual. (Elaboración propia, 2020)

Al elaborar el mapa conceptual y organizarlo de manera jerárquica, se logra entender mejor el proyecto en general. Después de esto, se realiza un análisis de los productos existentes en el mercado y en artículos académicos y científicos.

4.1.4 Resultados matriz comparativa

Una de las técnicas más importantes en el proceso de investigación es la matriz comparativa, ya que gracias a esta se puede conocer la futura competencia, productos creados y en qué aspectos hay falencias para poder intervenir con la propuesta de un nuevo producto.

Se realizó un análisis de productos que realizan la función de captar, recolectar, filtrar, potabilizar y distribuir el agua de lluvia. A cada producto encontrado se analizaron sus ventajas y desventajas respecto a su función, ergonomía y forma.

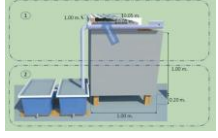




Este análisis se dividió en dos partes: en la primera se analizaron productos existentes en el mercado que podrían ser posible competencia y, por otro lado, productos o proyectos encontrados en artículos científicos y académicos y en blogs de diseño.

Tabla 5. Matriz comparativa productos existentes en el mercado.

N°	Imagen	Producto Descripción	Función	Ventajas		Desventajas		
				Ergonomía	Forma	Función	Ergonomía	Forma
1		<ul style="list-style-type: none"> Nombre: Reciclaje de agua Empresa: Soliclina País: España Precio: desconocido Descripción: reciclaje de agua pluvial Dirección web: www.soliclina.es 	Reciclaje de aguas grises y agua de lluvia	Lenguaje de uso claro	Dos contenedores para almacenar gran cantidad de agua	Solo se puede captar agua desde el tejado	Es difícil realizar su mantenimiento	Requiere mucho espacio para su ubicación
2		<ul style="list-style-type: none"> Nombre: Sistema de aguas pluviales Empresa: Ecocosas País: España Precio: Desconocido Descripción: Sistema de captación o recogida de aguas pluviales y su almacenamiento Dirección web: www.ecocosas.com 	Permite ahorrar hasta un 50% del consumo de agua potable recolectando agua del tejado	Manual de usuario para su instalación	Depósito enterrado, lo que permite optimizar espacio	Solo se puede captar agua desde el tejado	Es difícil realizar su mantenimiento	Su tapa es de gran diámetro lo que puede provocar accidentes
3		<ul style="list-style-type: none"> Nombre: Aprovechamiento de agua de lluvia Empresa: iagua País: España Precio: Desconocido Descripción: Aprovechamiento de agua de lluvia para consumo humano Dirección web: www.iagua.es 	Puede abastecer a 20 personas recolectando agua de lluvia de los tejados	Piezas de gran tamaño que facilitan su manipulación	Permite recolectar agua del tejado de 4 casas / 15.000 litros	El tanque de recolección es comunal y no tiene medidor por casa	Su instalación es compleja, al igual que su mantenimiento	Sus formas cónicas impiden un buen mantenimiento y limpieza
4		<ul style="list-style-type: none"> Nombre: Pack Carat Garden Confort Empresa: Graf País: España Precio: Desconocido Descripción: Sistema de recuperación de agua de lluvia Dirección web: www.grafiberica.com 	Depósito soterrado para jardín, recolecta agua desde tejados	Lenguaje de uso claro	La forma esférica del contenedor optimiza espacio	Solo se puede captar agua desde el tejado	Su instalación es compleja, al igual que su mantenimiento	Tiene texturas que impiden su limpieza
5		<ul style="list-style-type: none"> Nombre: 61" RainSaucer Empresa: Rainsaucers País: EEUU Precio: \$89,95 Descripción: Captador de agua de lluvia Dirección web: www.rainsaucers.com 	Recolecta agua de lluvia gracias al área de su superficie	Fácil de instalar y transportar	Optimiza espacio	Funciona solo con barriles circulares superiores abiertos	Se deben adoptar posiciones incómodas para su montaje y desmontaje	Contiene pequeñas cantidades de agua
6		<ul style="list-style-type: none"> Nombre: Estanque cónico polietileno 3000 l Empresa: Sodimac País: Colombia Precio: \$68,63 Descripción: Almacenar agua Dirección web: www.sodimac.com 	Tanques de almacenamiento Asesorías en instalación de tanques	Fácil instalación	Tanques de distintos volúmenes/ puede ubicarse en exteriores o bajo tierra	Solo se puede adaptar a bajantes circulares y de determinado diámetro	Difícil agarre y transporte	Es complejo retirar la tapa
7		<ul style="list-style-type: none"> Nombre: Filtro de bajante Quattro Empresa: Agua de lluvia País: España Precio: 10,29 € Descripción: Filtro de bajante rectangular y ovalado Quattro Gris Dirección web: www.aguadelluvia.es Nombre: LifeStraw Mission Empresa: LifeStraw País: EEUU Precio: 116 € Descripción: Limpiador de Agua con Alto Volumen Dirección web: www.lifestraw.com 	Depósitos soterrados y Filtros pluviales	Pequeña dimensión y peso; fácil mantenimiento	Se puede adaptar a bajantes cuadrados y ovalados	Solo se puede instalar a bajantes de tejados	Su lenguaje de uso es complejo	Solo se puede adaptar a tuberías 3/4" para la salida del agua
8		<ul style="list-style-type: none"> Nombre: Sistema de Filtro Mini portátil Empresa: Sawyer País: EEUU Precio: 29 € Descripción: Filtro de agua para camping, exterior y senderismo ultraligero y compacto Dirección web: www.sawyer.com 	Filtro de alto rendimiento elimina el 99,9% de las bacterias	Portable y fácil de usar	Existen versiones de 5 Lts y 12 Lts	Debido al material del contenedor puede sufrir agujeros	Se debe ubicar a determinada altura para su correcto funcionamiento / Se deben optar posiciones incómodas para	Texturas lisas que dificultan su agarre
9		<ul style="list-style-type: none"> Nombre: Sistema de Filtro Mini portátil Empresa: Sawyer País: EEUU Precio: 29 € Descripción: Filtro de agua para camping, exterior y senderismo ultraligero y compacto Dirección web: www.sawyer.com 	Filtro de alto rendimiento elimina el 99,9% de las bacterias	Cabe en la palma de la mano y pesa 57 gramos	Se fija a la bolsa de agua, a una botella de agua desechable estándar o se puede beber directamente desde la fuente de agua / Presentación en 4 colores	Está diseñado para uso individual y personal	Sus pequeñas dimensiones impide que pueda ser manipulado por niños	Texturas lisas que dificultan su agarre
10		<ul style="list-style-type: none"> Nombre: Albainox 33430 Empresa: Martínez Albainox País: España Precio: 9,74 € Descripción: Pastillas Potabilizadoras Dirección web: www.albainox.com 	50 Pastillas potabilizadoras	Portátil y fácil de transportar	Pequeñas dimensiones para optimizar espacio	Se debe disolver en el agua al momento de consumirla	Solo puede ser manipulada por adultos	Su forma circular hace que pueda ser confundida con sustancias comestibles
11		<ul style="list-style-type: none"> Nombre: Planta de Ultrafiltración Empresa: Eduardoño País: Colombia Precio: Desconocido Descripción: Planta de Ultrafiltración de Agua Potable Dirección web: www.eduardono.com 	Ultrafiltración de agua a través de membranas de afuera hacia adentro / funciona con energía solar, gasolina o diesel	Alta y dimensiones ergonómicas	Resistente a grandes fuerzas mecánicas	Procesos productivos complejos y alta tecnología	Requiere de conocimientos previos para su instalación / es de difícil mantenimiento	Debe ser ubicada en lugares cerrados y es difícil su traslado

(Elaboración propia, 2020)

Tabla 6. Matriz comparativa propuestas artículos y blogs.

Nº	Producto		Ventajas			Desventajas		
	Imagen	Descripción	Función	Ergonomía	Forma	Función	Ergonomía	Forma
1		<ul style="list-style-type: none"> Nombre: Techo captador Autores/Diseñador: Salvador Tobias Ramirez, Judith Gabriela Hernández Pérez País: México Descripción: Techo escudo como captador pluvial Dirección web: www.scielo.conicyt.cl 	Modelos experimentales; contenedores cúbicos en losa de concreto recubierta de impermeable asfáltico para recolectar el agua de lluvia	Lenguaje de uso claro	Capacidad máxima de contención de 45 litros	Elaborado con materiales muy pesados	Su instalación es compleja; al estar ubicado en el techo de las casas	Forma muy rústica y poco estética
2		<ul style="list-style-type: none"> Nombre: Captación de agua de lluvia Autores/Diseñador: Juan Uriel Averal Roblero; Juan Rafael Sánchez Bravo; Abraham Domínguez Acevedo; Claudio Lobato de la Cruz; Oscar Raúl Mancilla Villa País: Chile Descripción: Validación de un prototipo de sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano Dirección web: www.scielo.conicyt.cl 	Captación de agua de lluvia en techos, filtro de arena para retener sólidos provenientes del agua, Sistema, Bomba hidráulica manual para extracción, tanque distribuidor, filtro purificador.	Uso sencillo e intuitivo para el público objetivo	Está compuesto por un pozo relleno de grava y rocas para filtrar aguas restantes y evita contaminación y proliferación de mosquitos	Elaborado con materiales muy pesados y requiere mucho tiempo para su construcción	Su mantenimiento es complejo, no se han tenido en cuenta dimensiones antropométricas, ni ergonomía. Se requiere capacitación para su construcción	Requiere de mucho espacio para su instalación y funcionamiento; Forma muy rústica y poco estética
3		<ul style="list-style-type: none"> Nombre: Warkwater Autores/Diseñador: Arturo Vittori; Andreas Vogler País: EEUU Descripción: Sistema captador de agua de lluvia Dirección web: www.warkwater.org 	Recoge humedad de aire / recoge entre 20 y 30 litros de agua en una noche / Abastece una familia de siete miembros	Módulos de fácil montaje y desmontaje	Compuesta por módulos de bambú y plástico	La superficie de captación es muy pequeña	Se debe realizar mantenimiento periódicamente	Su estructura podría verse afectada por fuertes vientos
4		<ul style="list-style-type: none"> Nombre: Árbol de la esperanza Autores/Diseñador: Jiang Jieyu, Jin Xiaoneng, Chi Cheng, Fang Zishuo, Hu Tengwen, Hao Libin, Liu Xiaolong y Tong Shang País: Desconocido Descripción: Diseño de árboles artificiales para la recolección de agua en zonas con sequía Dirección web: www.teconoco.com 	La estructura dispone de una superficie expansiva que absorbe el agua, después el plegado de la cubierta dirige las partículas de agua a la columna central a filtrar. Luego, el agua potable se puede recoger a través de la base	Lenguaje de uso claro y fácil montaje	Superficie plegable	El material con el que está elaborado la estructura plegable es poco resistente	Es difícil realizar el mantenimiento a la superficie captadora de agua	La superficie plegable puede guardar suciedad y bacterias
5		<ul style="list-style-type: none"> Nombre: Beetle biomimery Autores/Diseñador: Troy Turner País: Desconocido Descripción: Recolecta y filtra el agua de lluvia y la arena Dirección web: www.yankodesign.com 	Recolecta agua de lluvia y agua que se evapora debajo de la arena y la potabiliza mediante un filtro	Fácil de amar/ Se puede transportar de un lugar a otro	Estructura plegable que optimiza espacio	Recolecta pequeñas cantidades de agua	Su lenguaje de uso no es claro ni intuitivo	Su forma no indica la orientación del elemento que va en contacto con la arena

(Elaboración propia, 2020)

El anterior análisis de productos es de vital importancia a la hora de la creación de nuevos productos, es la base para innovar en el mercado.

4.1.5 Resultados síntesis del conocimiento

En la síntesis del conocimiento se establecen las variables de diseño, que son los requisitos que debe cumplir el producto, estos se clasifican en tres grupos: función,

ergonomía y forma. Además, se categorizan por su importancia en obligatorios (O), deseables (D) e indiferentes (I), esto servirá más adelante para la evaluación de los mismos.

Función

- Eficaz: capta, recolecta, almacena, filtra, potabiliza y distribuye en agua de lluvia. (O)
- Eficiente: realiza las funciones en el menor tiempo y gastando los menores recursos posibles. (O)
- Resistente: elaborado con materiales resistentes a esfuerzos, impactos y condiciones climáticas. (O)
- Sustentable: elaborado con materiales reciclables y sistema auto sostenible. (D)
- Cumplimiento de normativas vigentes: cumple con la norma para el uso eficiente, ahorro y reúso obligatorio de agua (ley 373 de 1997). (O)
- Producción local: elaborado con la tecnología procesos productivos existentes en Colombia. (D)

Ergonomía

- Lenguaje de uso claro e intuitivo: gráficos explicativos con poco texto de acuerdo a las características del usuario. (O)
- Fácil instalación: montaje sencillo del sistema, no requiere mucho esfuerzo por parte del usuario y se realiza con herramientas comunes. (D)
- Fácil mantenimiento: recambio de piezas de fácil manipulación y lenguaje de uso claro. Fácil limpieza, piezas accesibles. (D)
- Seguro: piezas de gran tamaño y con aristas redondeadas. (D)
- Consistente: el modelo mental del usuario respecto al uso es coherente. (D)

- Ergonómico: dimensiones ergonómicas de acuerdo a la antropometría del usuario (agarres, instalación, montaje, mantenimiento y recambio de piezas). (D)

Forma

- Dimensiones: medidas del sistema acorde al lugar de ubicación. (D)
- Adaptable a todo tipo de terreno: Forma adaptable a terrenos llanos (pendiente plana o $< 2^\circ$) y ondulados (pendiente $2^\circ \leq 8^\circ$). (D)
- Modular: sistema compuesto por módulos conectados entre sí. (I)
- Simplicidad de formas: formas geométricas sencillas (esfera, cubo, cilindro, etc.). (I)
- Colores neutros: combinación de colores neutros o propios de los materiales. (I)

4.1.6 Resultados Modelos ID-think

Se han aplicado cuatro paneles del modelo ID-Think, el primero denominado sistema exterior consta del briefing, brainstorming, googlestorming, mapa conceptual, matriz comparativa y síntesis del conocimiento, como se ha especificado en los apartados anteriores y se muestra completo en el anexo 1.

El panel 2 o sistema en estudio contiene variables de entrada que indican los atributos del producto y son resultado de la síntesis del conocimiento del panel anterior.

Variables de entrada: eficaz, eficiente, resistente, sustentable, cumplimiento de normativas, producción local, lenguaje de uso claro, fácil instalación, colores neutros, fácil mantenimiento, seguro, consistente, ergonómico, dimensiones, adaptable, simplicidad de formas y modular.

Posteriormente, se establecen objetivos en tres grupos, funcionales, ergonómicos y formales, y cada uno de ellos se divide en subgrupos donde se especifica el volumen de uso, superficie de uso y límite de contorno.

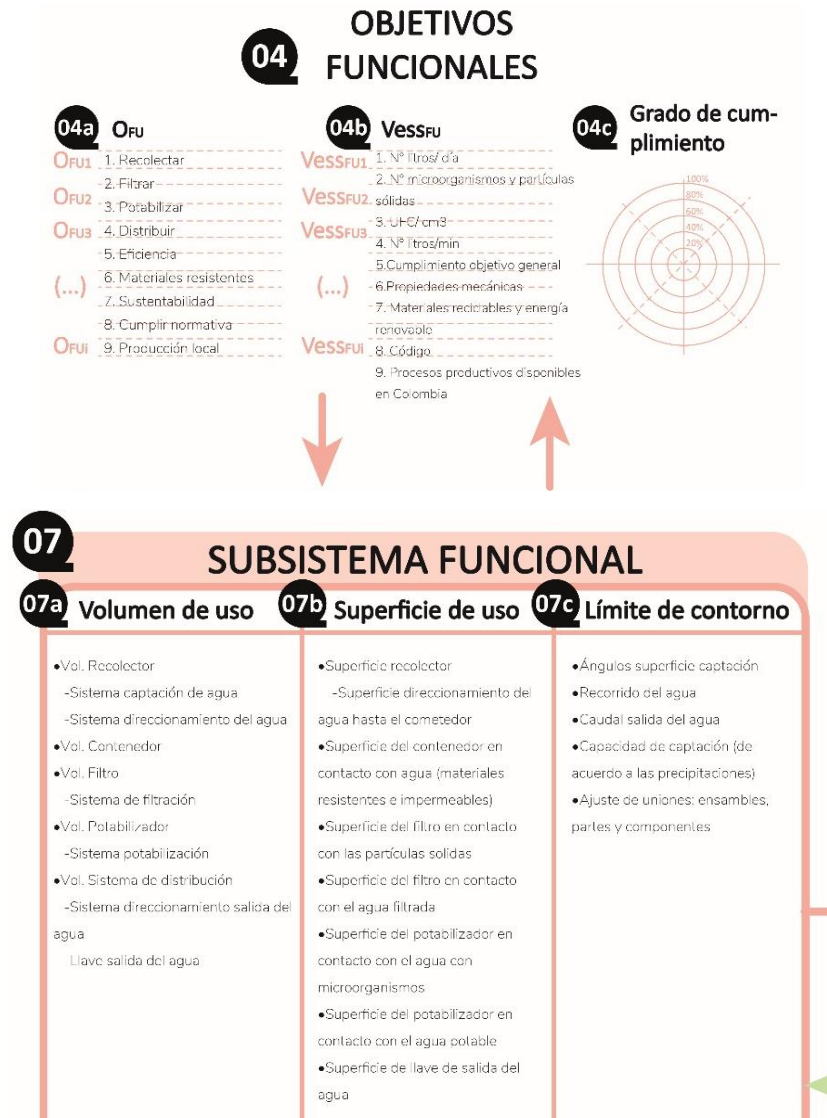


Figura 11. Sistema en estudio - funcional. (Elaboración propia, 2020)



Figura 12. Sistema en estudio - ergonómico. (Elaboración propia, 2020)

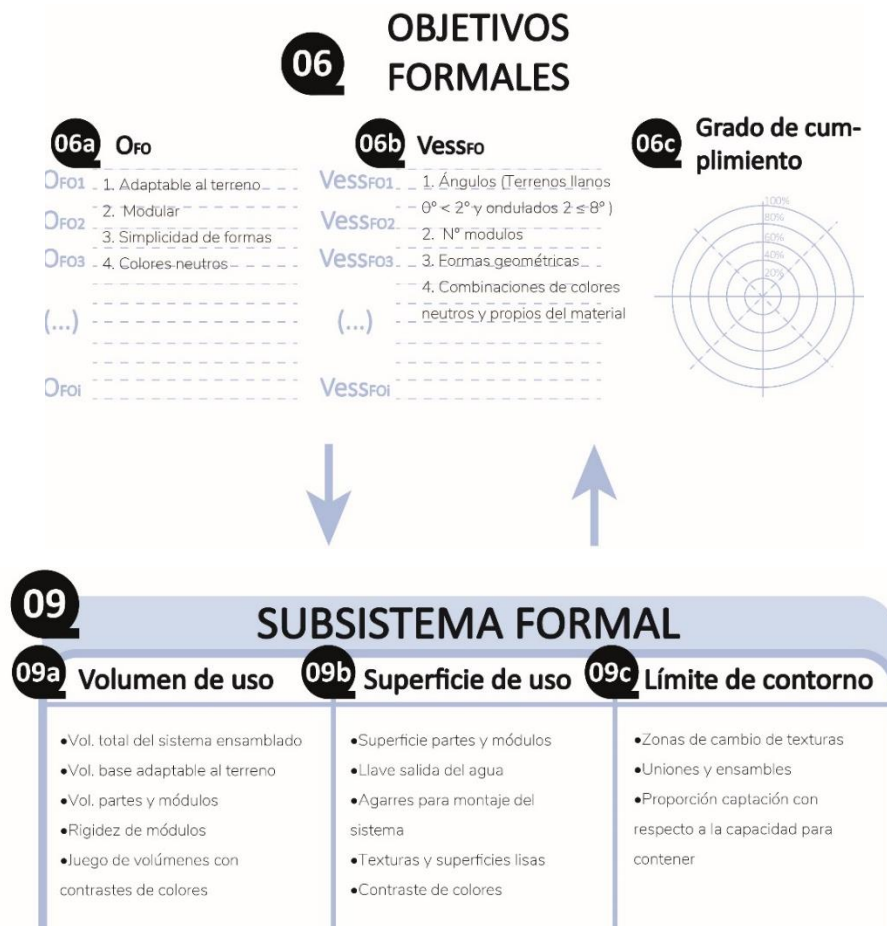


Figura 13. Sistema en estudio – formal. (Elaboración propia, 2020)

Una vez definidos los objetivos y subsistemas se establece la variable de salida, que es el resultado final de este panel, la cual se define como un sistema innovador de recolección, filtrado, potabilización y distribución de agua de lluvia que ayuda a mejorar la calidad de vida de familias colombianas, contribuye a mitigar el cambio climático e impacto ambiental mediante una producción limpia.

En el panel 3 conceptualización se clasifican los atributos en subsistemas funcional, ergonómico y formal, a cada uno de ellos se les asignó una imagen que los

represente, de esta manera se logra visualizar gráficamente lo que se quiere lograr en el diseño propuesto.



Figura 14. Conceptualización. (Elaboración propia, 2020)

Por otra parte, cada atributo con su imagen se ubicó en las vistas de un cubo como se ve en la figura 14, esto permite identificar cuales requisitos se deben cumplir en la parte frontal, superior, izquierda, derecha y posterior del producto que se pretende diseñar.

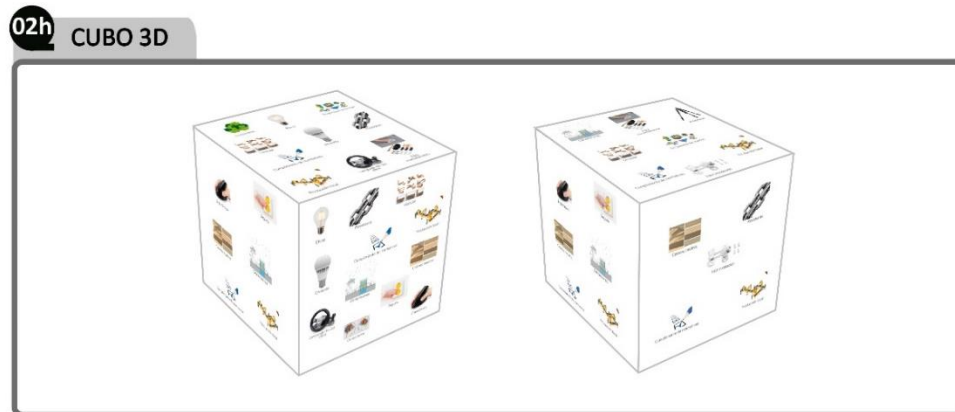


Figura 15. Conceptualización cubo 3D. (Elaboración propia, 2020)

Antes de iniciar la fase 2 de la metodología, se elabora el panel 4: Espacio de diseño 3D, en este se representan gráficamente las variables de diseño y objetivos definidos en el panel 2, se realizó el modelado 3D preliminar de la propuesta, en el que se indican las partes principales que debe tener el sistema, definiendo el modelo funcional, ergonómico y formal. Posteriormente se hace una superposición de los tres modelos que muestra el sistema en general, esto permite comprobar que ningún componente entra en conflicto en los espacios de diseño.

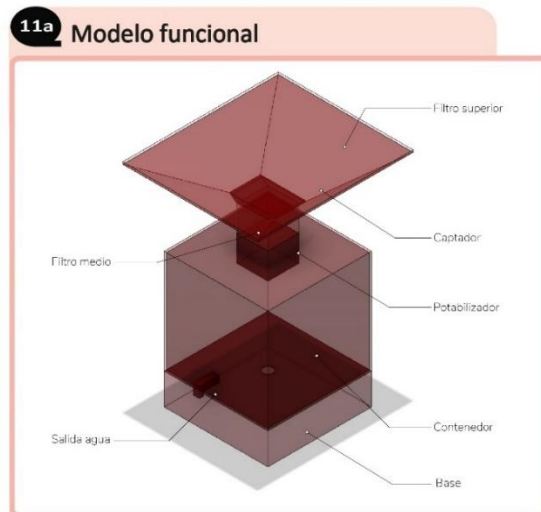


Figura 16. Espacio de diseño 3D – Función. (Elaboración propia, 2020)



Figura 17. Espacio de diseño 3D – Ergonomía. (Elaboración propia, 2020)

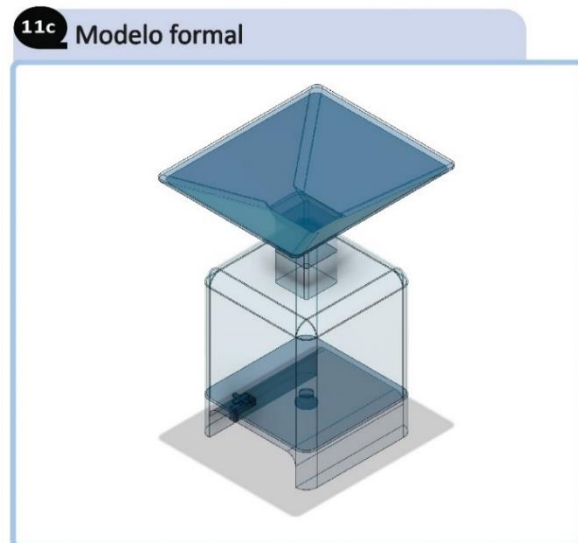


Figura 18. Espacio de diseño 3D – Forma. (Elaboración propia, 2020)



Figura 19. Espacio de diseño 3D. (Elaboración propia, 2020)

Con el panel 4 se finaliza la aplicación de los paneles del modelo sistémico.

4.2 Fase 2: Diseño de concepto

4.2.1 Resultados diagrama FAST

El diagrama de funciones y medios o diagrama FAST permite organizar las funciones principales y secundarias que debe cumplir el producto, se representa el medio por medio de un trapecio y la función mediante un rectángulo, como se muestra a continuación:

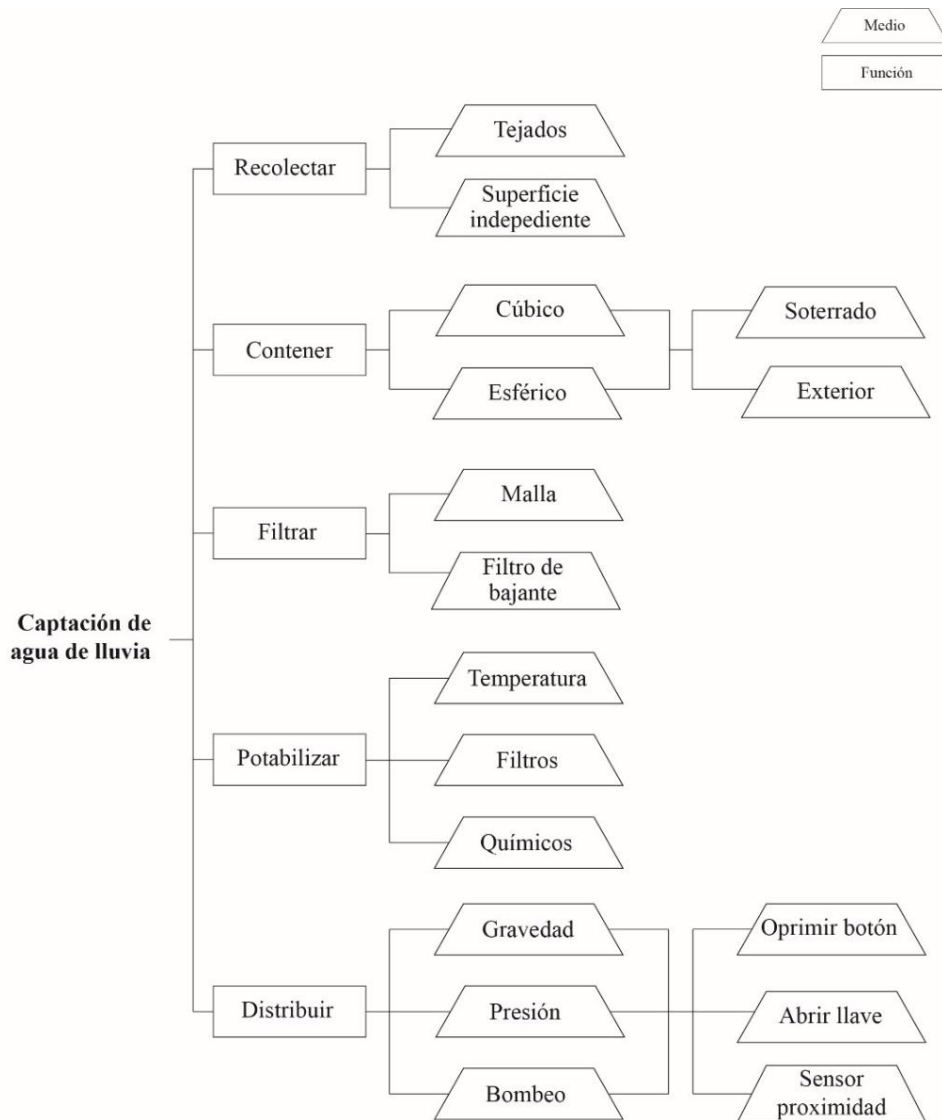


Figura 20. Diagrama FAST. (Elaboración propia, 2020)

Para la creación del anterior diagrama se tuvo en cuenta las funciones principales que debe cumplir el producto (recolectar, contener, filtrar, potabilizar y distribuir) y se propusieron medios con los que se puede realizar dichas funciones.

4.2.2 Resultado matriz morfológica

Se elaboró una matriz morfológica que ayuda de manera sistemática a generar las alternativas de diseño innovadoras y creativas.

Sistema de recolección, filtrado y distribución de agua de lluvia							
Recolectar	Forma	Contener	Forma	Filtrar	Potabilizar	Distribuir	Distribuir
Tejados	Plegable	Soterrado	Esférica	Membrana	Temperatura	Gravedad	Botón
Independiente	Estático	Exterior	Cúbica	Sedimento	Filtros	Presión	Llave
				Arena	Químicos	Bombeo	Sensor
					Sol		
					Sedimentación		

Figura 21. Matriz morfológica. (Elaboración propia, 2020)

Esta etapa es el punto de partida para la creación de las propuestas de diseño.

4.2.3 Alternativas de diseño

Esta etapa inicia con la propuesta mediante bocetos de tres partes fundamentales del sistema (captador, contenedor y base), esto ayudará cuando mas adelante se realicen las propuestas del sistema completo.

Se representan graficamente distintas formas de captar el agua de lluvia, en la figura 21 izquierda, se muestran propuestas con formas orgánicas. En cambio, al lado derecho, se presentan propuestas mas geométricas.

A continuación se presentan algunas propuestas de bases, que soportarán al conetedor y contendrán la llave para la salida del agua.

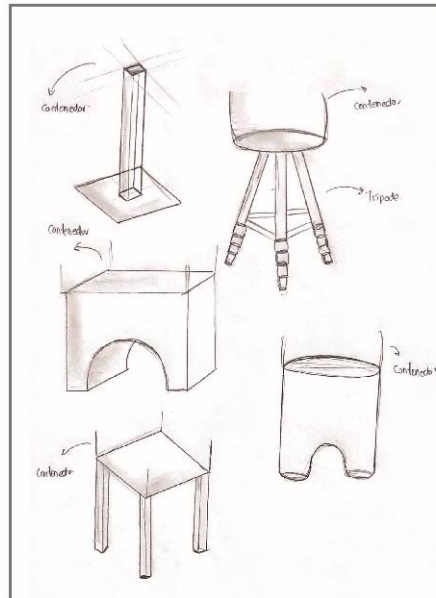


Figura 24. Bocetos base, soporte. (Elaboración propia, 2020)

Una vez creadas las propuestas por partes, se realizan las alternativas del sistema completo, éste estará conformado por siete partes (captador, una primera malla que se encarga de filtrar las partículas sólidas con mayor dimensión como hojas y rocas, una segunda malla que filtra partículas más pequeñas, el potabilizador mediante carbón activado, conetedor, la llave que se encarga de la distribución del agua, y el conetedor o soporte). Las propuestas deben cumplir en el mayor porcentaje posible con las variables establecidas anteriormente. Se presentan cinco alternativas con distintos conceptos y soluciones.

A continuación se observa la primera alternativa, basada en formas recatangulares, el captador de agua tiene una inclinación para direccionar el agua hacia el contenedor y una base con cuatro puntos de apoyo.

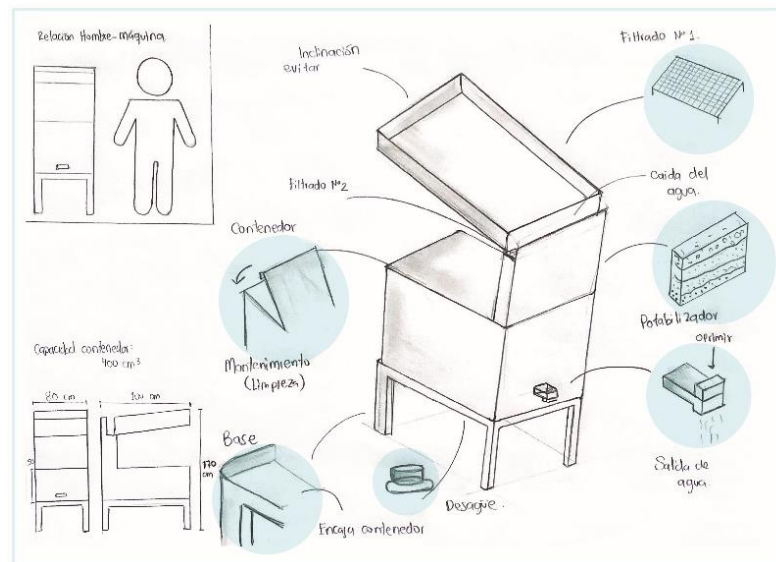


Figura 25. Primera alternativa de diseño. (Elaboración propia, 2020)

La segunda alternativa tiene una forma mas triangular, con un filtro en la parte superior y el contenedor soportador por tres tubos que forman una piramide triangular invertida, seguido del segundo filtro de forma cilindrica y el potabilizador, el contenedor está formado por dos prismas triangulares, la salida del agua mediante presión y regulada por una llave de paso, el sistema lo soprota una base con tres puntos de apoyo.

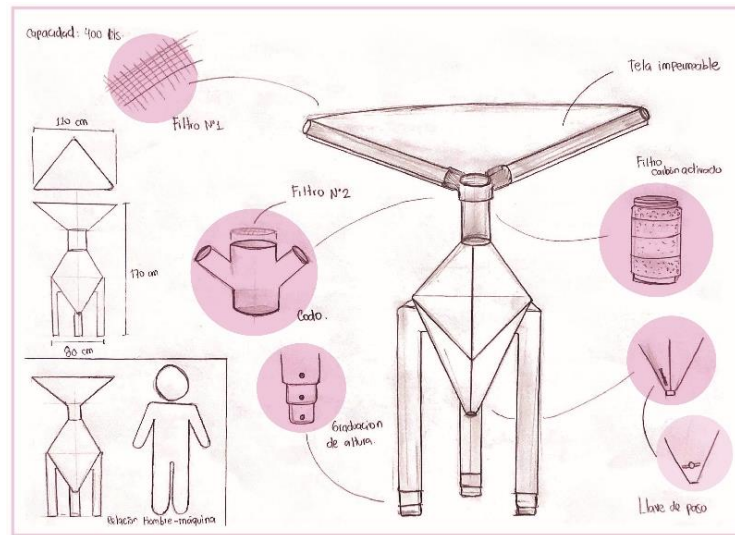


Figura 26. Segunda alternativa de diseño. (Elaboración propia, 2020)

En la tercera alternativa se propone una forma cuadrada como captador, con dos filtros, el potabilizador es cubico y el contenedor de agua crece de tamaño de acuerdo al agua contenida, estaría elaborado en poliéster impermeable, la salida de agua mediante una manguera con llave que regula su salida y soportado por una base de cuatro apoyos.

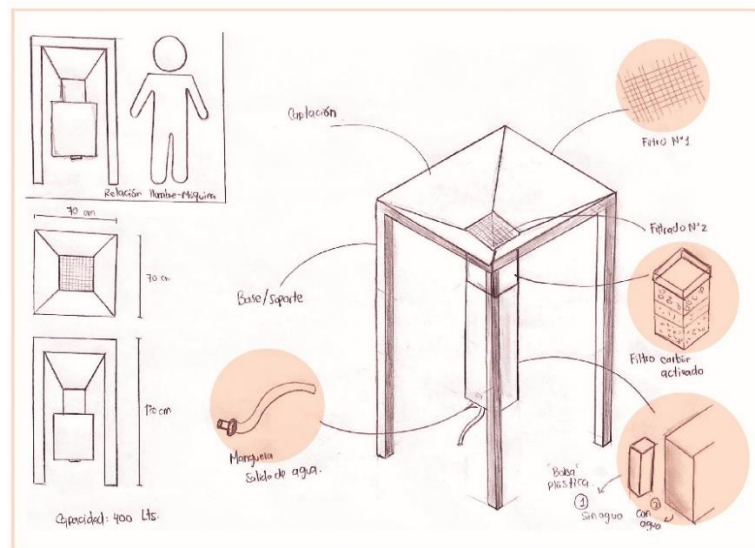


Figura 27. Tercera alternativa de diseño. (Elaboración propia, 2020)

La cuarta alternativa tiene una forma orgánica que simula una planta, que cumpliría además una función decorativa. La parte superior de las hojas contienen el primer filtro, tienen una forma cóncava para dirigir el agua hacia el segundo filtro y el potabilizador, el contenedor es de forma esférica y contiene la llave de salida de agua y la base con dos apoyos.

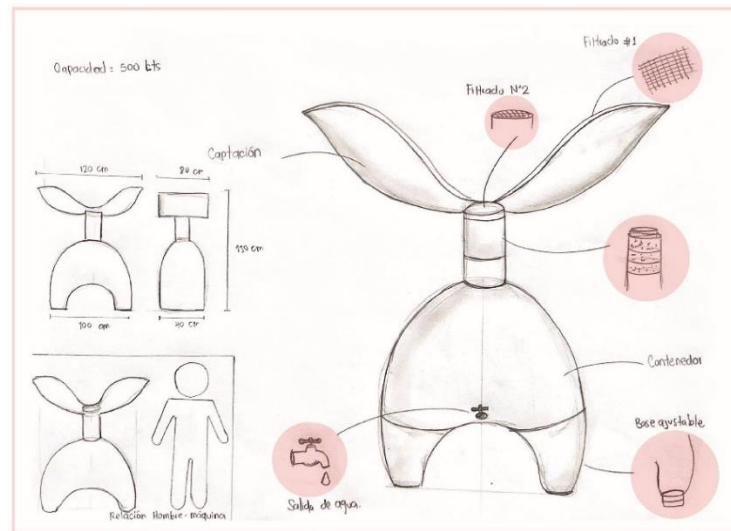


Figura 28. Cuarta alternativa de diseño. (Elaboración propia, 2020)

En la ultima alternativa se propone el contenedor en botellas plásticas separadas, con una capacidad de dos litros cada una, girandola para separarla del contenedor general. La base tiene cuatro apoyos y tiene dos filtros y el potabilizador de forma cubica.

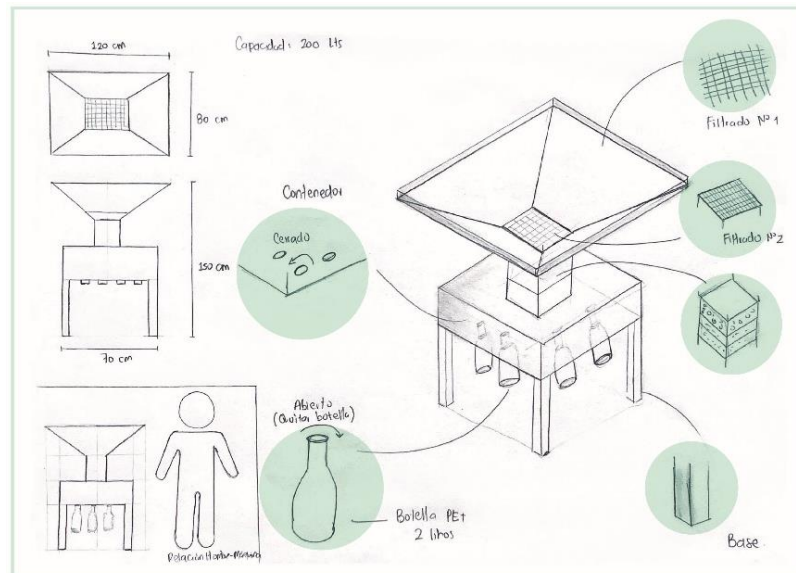






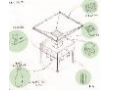
Figura 29. Quinta alternativa de diseño. (Elaboración propia, 2020)

Se han elaborado cinco alternativas que muestran soluciones distintas a la problemática central, que serán evaluadas mediante una matriz QFD.

4.2.4 Matriz QFD

La elección de la alternativa se realiza mediante una matriz de evaluación QFD (Quality Function Deployment). En esta se evalúa cada una de las alternativas respecto a los variables o determinantes de diseño, cada una de ellas tiene un peso medido en porcentaje de acuerdo a su importancia (obligatorio, deseable e indiferente), siendo los más altos los obligatorios y los indiferentes el menor peso, pues no son indispensables en el producto/sistema.

Tabla 7. Matriz QFD.

Matriz QFD	Determinantes de diseño	Peso	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4		Alternativa 5	
												
			C	P	C	P	C	P	C	P	C	P
FUNCIÓN	Eficaz	10%	7	0,7	10	1	7	0,7	7	0,7	7	0,7
	Eficiente	10%	5	0,5	7	0,7	7	0,7	5	0,5	5	0,5
	Resistente	10%	5	0,5	7	0,7	7	0,7	5	0,5	3	0,3
	Sustantable	5%	5	0,25	7	0,35	7	0,35	7	0,35	5	0,25
	Cumplimiento de normativas	10%	7	0,7	10	1	10	1	7	0,7	7	0,7
	Producción local	5%	7	0,35	10	0,5	10	0,5	7	0,35	7	0,35
ERGONOMÍA	Lenguaje de uso claro	6%	5	0,3	7	0,42	7	0,42	5	0,3	5	0,3
	Fácil instalación	5%	7	0,35	7	0,35	7	0,35	7	0,35	5	0,25
	Fácil mantenimiento	5%	7	0,35	7	0,35	7	0,35	5	0,25	5	0,25
	Seguro	3%	7	0,21	7	0,21	7	0,21	7	0,21	5	0,15
	Consistente	6%	7	0,42	7	0,42	7	0,42	5	0,3	5	0,3
	Ergonómico	6%	5	0,3	7	0,42	7	0,42	5	0,3	5	0,3
FORMA	Dimensiones	5%	7	0,35	7	0,35	7	0,35	7	0,35	5	0,25
	Adaptable	5%	5	0,25	10	0,5	7	0,35	5	0,25	5	0,25
	Simplicidad de formas	3%	10	0,3	10	0,3	10	0,3	5	0,15	5	0,15
	Modular	3%	10	0,3	10	0,3	10	0,3	10	0,3	7	0,21
	Colores neutros	3%	10	0,3	10	0,3	10	0,3	10	0,3	10	0,3
		100%	116	6,43	140	8,17	134	7,72	109	6,16	96	5,51

C= Calificación en función del grado de cumplimientos de los objetivos.

F= Ponderación final = P x C

C= 10 Cumple; 7 Cumple Medianamente; 5 Satisface; 3 No Cumple.

(Elaboración propia, 2020)

La matriz arroja como resultado que la segunda alternativa es la que cumple en mayor porcentaje con las variables de diseño, a esta alternativa se le realizan algunas mejoras y modificaciones para obtener un mejor resultado (Figura 29).

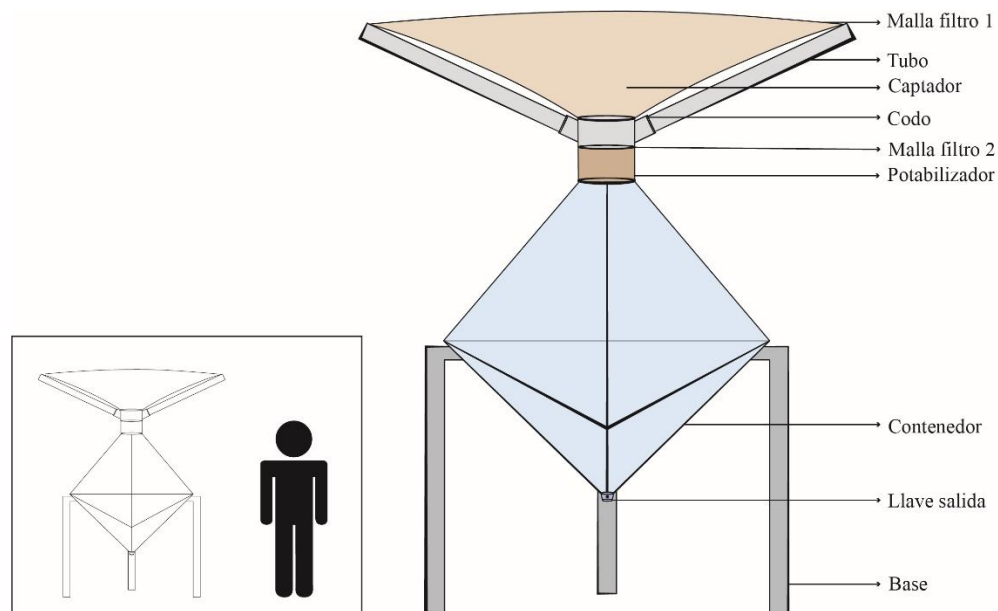


Figura 30. Alternativa elegida modificada y mejorada. (Elaboración propia, 2020)

Una vez realizadas las respectivas mejoras y modificaciones a la alternativa, se procede a realizar la simulación de la realidad mediante un modelado 3D.

4.3 Fase 3: Simulación

La simulación de la realidad se realiza mediante el modelado 3D de la alternativa seleccionada, para esto se empleó el software fusion 360.

A continuación, se muestra la visualización del producto/sistema que está conformado por una primera malla que se encarga de filtrar las partículas de mayor tamaño, el agua es contenida en primera instancia por el captador, que está soportado por un codo que contiene tres tubos ensamblados entre sí, posteriormente se encuentra la segunda malla que filtra partículas mas pequeñas, seguido del filtro cerámico con carbon activo que potabiliza el agua. El contenedor

tiene una capacidad de 707 litros, el agua es distribuida mediante gravedad y una llave de paso; el sistema lo soporta una base con tres puntos de apoyo.

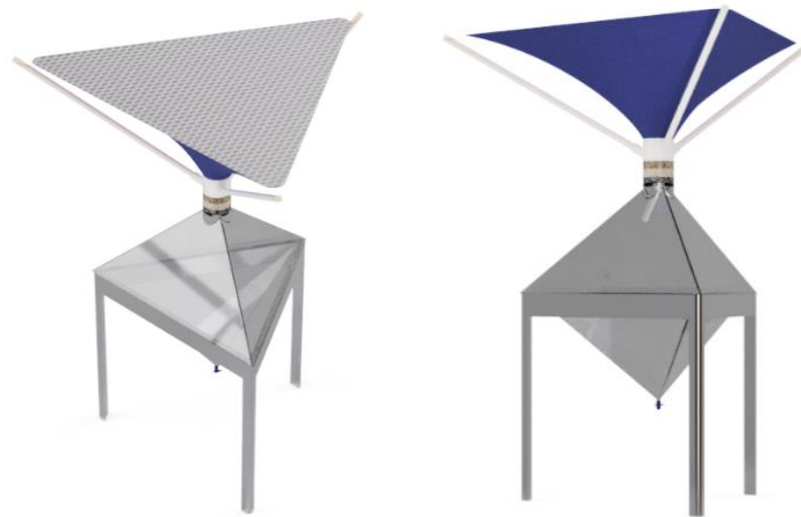


Figura 31. Modelado 3D. (Elaboración propia, 2020)

En la figura 31 se muestra la vista en detalle de algunos componentes del sistema.

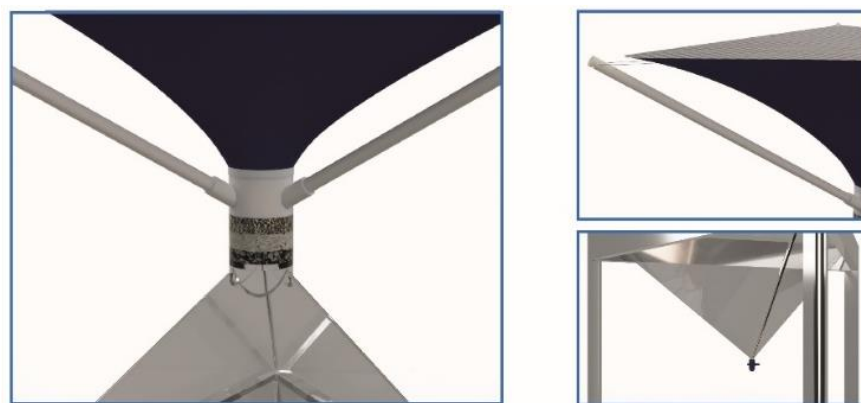


Figura 32. Detalle modelado 3D. (Elaboración propia, 2020)

Es importante conocer la relación dimensional del producto/sistema respecto al usuario, ya que de esto depende la usabilidad, desde el montaje hasta su mantenimiento.

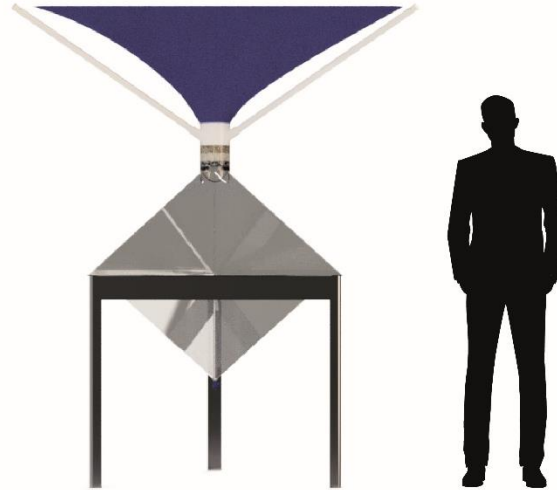


Figura 33. Relación hombre - máquina. (Elaboración propia, 2020)

El modelado 3D permitió tener una visión más clara de la propuesta, se puede ver las partes en detalle, con sus respectivos materiales y ensambles.

4.4 Fase 4: Validación

En la fase de validación se han definido partes y componentes del sistema, dimensiones, materiales, procesos de fabricación y la relación entre cada uno de los componentes, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8. Partes y componentes.

LISTADO DE COMPONENTES					
Denominación	Cantidad	Medidas aproximadas (cm) (Largo x Ancho x Alto)	Materiales	Aspectos técnicos (Procesos de fabricación)	Relación entre componentes
A_ Malla filtro 1	1	200 x 200 x 200	Nylon 2000 micrones	Tejido	Comp. 'A' conexión con comp. 'C' (ENCOLADO)
B_ Tubo	3	Ø3,2 x 150	PVC	Inyección	Comp. 'B' conexión con comp. 'C' (ENCAJADO)
C_ Captador	1	200 x 200 x 70	Film Polietileno/Poliéster	Tejido	Comp. 'C' conexión con comp. 'D' (ENCOLADO)
D_ Codo	1	Ø3,21 x 3 Ø20 x 10	PVC	Inyección	Comp. 'D' conexión con comp. 'E' (ENCOLADO)
E_ Malla filtro 2	1	Ø20 x 0,05	Nylon 50 micrones	Tejido	Comp. 'E' conexión con comp. 'D' (ENCOLADO)
F_ Potabilizador	1	Ø20 x 14,5	Nylon 50 micrones/ Filtro cerámico carbón activado	Suministrado por empresa externa	Comp. 'F' conexión con comp. 'G' (ENROSCADO)
G_ Contenedor	1	150 x 150 x 140	Polietileno	Rotomoldeo	Comp. 'G' conexión con comp. 'H' (ENCOLADO)
H_ Llave salida	1	7 x 1,27 x 5	PVC	Inyección	Comp. 'H' conexión con comp. 'G' (ENCOLADO)
I_ Base	1	160 x 160 x 120	Aluminio	Fundición	Comp. 'H' conexión con comp. 'G' (ENCAJADO)

(Elaboración propia, 2020)

Se observa en la figura 33 una vista explosionada del producto/sistema.



Figura 34. Vista explosionada. (Elaboración propia, 2020)

Se observan además las medidas en milímetros del ensamble, el ancho de la base y el contenedor y alto.

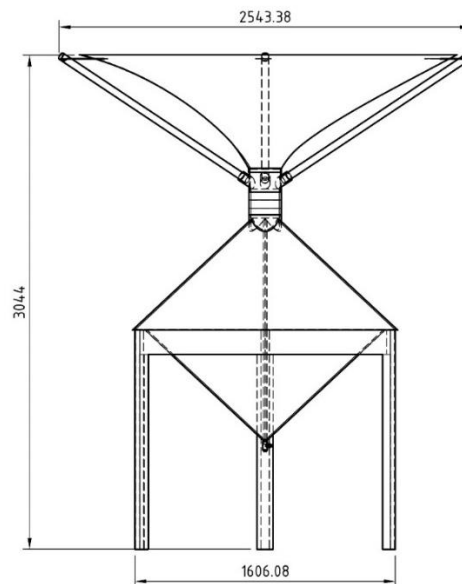


Figura 35. Dimensiones generales. (Elaboración propia, 2020)

Asimismo, se presenta una vista explosionada de cada parte y componente, cantidad, nombre y una breve descripción de cada una de ellas.

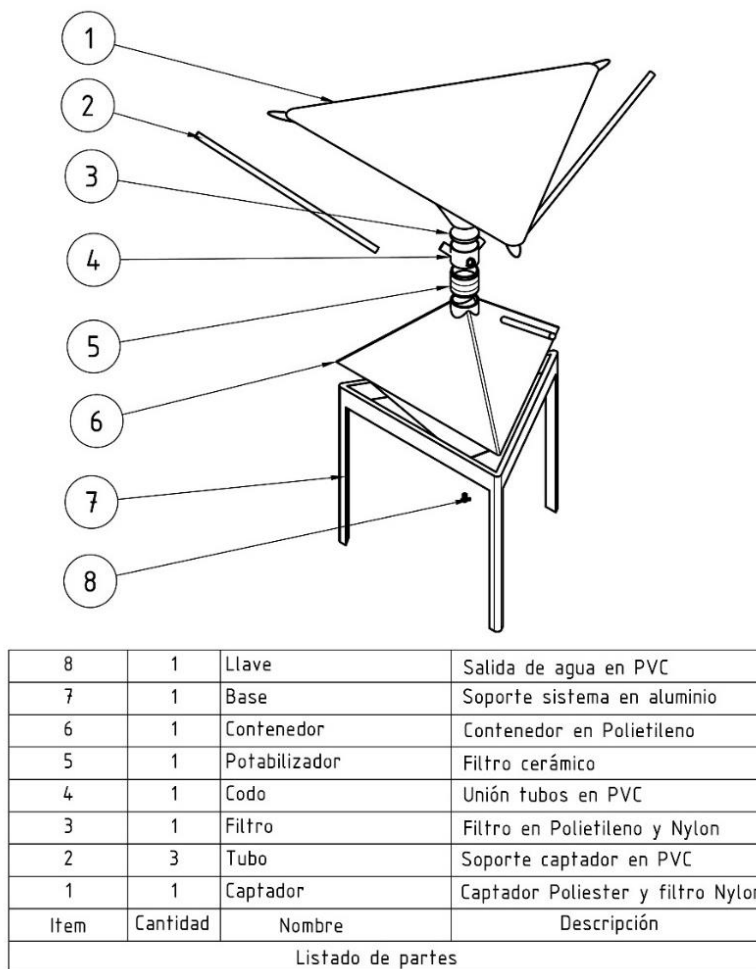


Figura 36. Listado de partes y componentes. (Elaboración propia, 2020)

El sistema completo está compuesto por 10 partes, cada uno de sus módulos se ensambla entre sí, no se necesitan uniones adicionales. Su capacidad es de 707 litros, se ha propuesto para abastecer de agua potable a una familia de cuatro integrantes, cada uno de ellos requiere de tres litros al día, por lo tanto, en total se

necesitan 12 litros por familia, lo que indica que el sistema en temporadas de lluvia puede tener reserva de agua hasta dos meses.

Por otra parte, se ha realizado un análisis de esfuerzos a la base del sistema, ya que este soportará el peso del líquido.

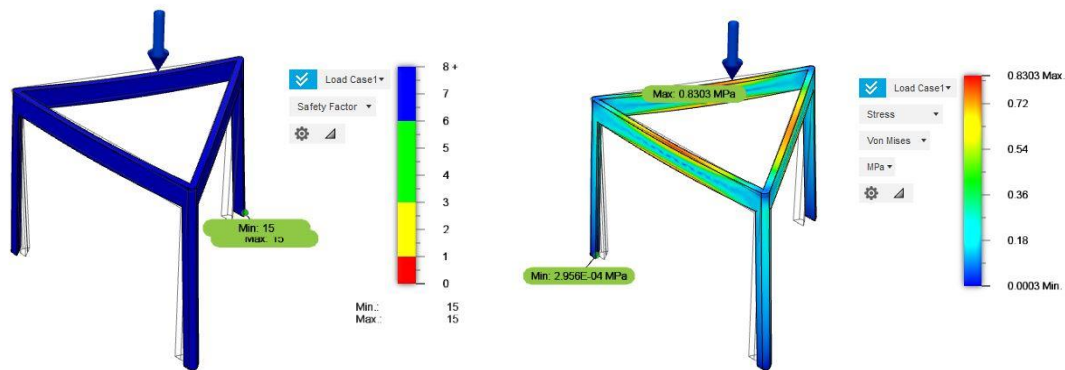


Figura 37. Factor de seguridad y estrés de la base. (Elaboración propia, 2020)

Como se observa en la figura anterior, la base no presenta una deformación significativa al aplicar una fuerza de 6933.3 Newtons.

4.4.1 Publicaciones

Se han realizado tres artículos y están pendientes de publicación por inconvenientes relacionados con el COVID-19. El primer trabajo de investigación lleva por título “Systemic models as optimization tool for territory design. Case study” (Hernandis, Esnal, Agustín, Arzuza, & Arévalo, 2020) que ha sido aprobado y seleccionado en el Séptimo Foro Internacional de Diseño como Proceso. DISEÑO Y TERRITORIO, emergencias y conflictos (VER ANEXO 5).

Por otra parte, en la Revista de la Red Internacional de Investigación en Diseño – rDis, han sido enviados y aceptados los trabajos que llevar por título “Aplicación del modelo sistémico de empresa ID-Think en el diseño de un sistema de recolección, filtrado y bombeo de agua de lluvia en zonas rurales del trópico bajo colombiano” y “Aplicación del modelo sistémico de producto ID-Think en el diseño de un sistema de recolección, filtrado, potabilización y distribución de agua de lluvia en zonas rurales del departamento del Cesar (Colombia)” que por su parte se centra en modelos sistémicos de producto (VER ANEXO 6).

4.4.2 Resultados encuesta percepción del lenguaje de uso

La encuesta fue realizada a 16 usuarios, 8 mujeres y 8 hombres (VER ANEXO 7). El 43,8% equivalente a 7 usuarios se encuentra en un rango de edad entre 18 y 28 años, el 25% entre 29 y 39, el 18,8% entre 40 y 49 y el 12,5% correspondiente a dos encuestados entre 50 y 59 años. Se han evaluado cuatro aspectos fundamentales de la percepción del usuario respecto a la usabilidad de producto, comenzando con la eficacia, es decir, que cumpla con la función para la cual está diseñado, el 62,5 % está totalmente de acuerdo con que el producto cumple la función, con un promedio de 4,5. En la pregunta dos que indica la facilidad de instalación, el 56,25 % ha escogido el número 4 en la escala y el 43,75 está totalmente de acuerdo con que el producto es fácil de instalar. Por otra parte, la percepción de comodidad arrojó como resultados que el 31,25% está totalmente de acuerdo con que el producto es cómodo a la hora de usarlo, el 56,25% ha indicado el número 4, el 6,25% equivalente a una persona el número 3 y por ultimo una persona ha marcado el 2. Respecto a la percepción de facilidad de mantenimiento o limpieza, el 31,25% está totalmente de acuerdo en que la relación de su limpieza se haría con facilidad, el 50% ha marcado el número 4, y el 18,75% el 3. Por último,

se ha preguntado si usarían el producto si vivieran en una zona rural y no tuvieran acceso a acueducto ni agua potable, a lo que el 100% respondió que SI lo usaría.

Otro aspecto importante es la diferencia en la percepción que tienen los hombres y las mujeres respecto a la usabilidad del producto, de la cual se obtuvo por parte de las mujeres un promedio de las cuatro preguntas de 4,46 y por parte de los hombres 4,13.

Respecto a las propuestas encontradas en la revisión de la literatura, se obtiene que la captación y almacenamiento de agua de lluvia se realiza con sistemas elaborados en cemento y requieren gran área para su instalación, asimismo, estos sistemas son fijos, no se pueden mover de un lugar a otro. El sistema propuesto en este proyecto es de fácil montaje y transporte, además gracias bajo coste puede ser implementado en hogares de bajos recursos económicos. Otro aspecto importante, es que al ser un sistema independiente no requiere de soportes o partes adicionales para su funcionamiento, como se propone en el techo escudo como captador pluvial en ciudad Juárez, México.

5. Conclusiones

El agua es el recurso más importante para la vida, es de vital importancia tanto para el ser humano, como para plantas y animales y se está agotando. Por esta razón, con el paso de los años la cuestión del agua y su obtención se ha convertido en un tema fundamental en los gobiernos y comunidad en general. Por lo tanto, el agua de lluvia como forma alterna de abastecimiento es una buena opción si se emplean las normas de higiene requeridas.

De acuerdo a lo anterior, se hace necesario buscar sistemas alternos que puedan abastecer de agua a comunidades que aún no tienen acceso a ella. Una vez se tuvo claro el tema que sería trabajar, gracias a la implementación del modelo sistémico se pudo obtener información relevante respecto a los problemas y necesidades que se buscan resolver mediante el diseño de concepto de un sistema de recolección, filtrado, potabilización y distribución de agua de lluvia. Asimismo, con la investigación realizada se han establecido los atributos que debe tener dicho sistema y en la propuesta de diseño se logró obtener un producto/sistema eficiente, ergonómico, intuitivo, adaptable al terreno y modular que podrá abastecer de agua a familias colombianas que aún no cuentan con acceso a agua potable, esto ayudará a mejorar su calidad de vida, reduciendo e impacto ambiental y ayudando a mitigar el cambio climático mediante una producción limpia y auto sostenible.

Respecto a la percepción del lenguaje de uso, se concluye que el producto/sistema tiene una buena aceptación en cuanto a eficacia en su función, instalación, comodidad y mantenimiento, y todas las personas encuestadas usarían dicho producto, lo que evidencia una buena usabilidad y lenguaje de uso claro e intuitivo, que era uno de los principales objetivos.

Por otra parte, a través del diseño y la innovación social se pueden generar soluciones a los problemas sociales y ambientales que enfrenta actualmente el país; en específico la falta de acceso a agua potable por parte de miles de familias campesinas.

6. Futuras líneas de investigación

A partir de este trabajo de fin de master se pretende ampliar la línea de investigación cursando un doctorado. Ampliar casos de estudio enfocado en otra regiones y países, con distintas condiciones climáticas, demográficas y geográficas; asimismo, corregir posibles defectos en la aplicación del primer caso.

7. Referencias

- AUTODESK. (2020). *AUTODESK Fusion 360*. Recuperado el 06 de Junio de 2020, de <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview>
- Avelar Roblero, J. U., Sánchez Bravo, J. R., Domínguez Acevedo, A., Lobato de la Cruz, C., & Mancilla Villa, O. (Marzo de 2019). Validación de un prototipo de sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano. *IDESIA*, 37(1), 53-59.
- Bonfilt. (20 de Julio de 2020). *Bonfilt*. Obtenido de <https://www.bonfilt.com/es/product/micron-nylon-filter-mesh/>
- Bytheway, C. W. (2007). *FAST Creativity & Innovation : Rapidly Improving Processes, Product Development & Solving Problems*. Florida: J Ross Publishing.
- Carrión Moreno, D. A. (2019). *El analfabetismo en Colombia, un análisis territorial del problema desde la efectividad de las políticas públicas, periodo 2002-2018*. Bogotá: Esap.
- Chacón M, G., Lizcano, I., & Aspilla Lara, Y. (11 de Julio de 2012). Consumo básico de agua potable en Colombia. *Una mirada al ambiente*, VIII(1), 15-23.
- Conant, J. (2005). *Agua para vivir*. Berkeley, California: Fundación Hesperian. Recuperado el 19 de Marzo de 2020, de www.hesperian.org
- Congreso de Colombia. (2003). *LEY 373 DE 1997* . Bogotá: Diario Oficial No. 45.231.
- Córdoba Parada, J. D., Acosta Alarcón, R., Pacheco, J. F., & Ramírez, C. (2016). RECOPIACIÓN DE EXPERIENCIAS EN LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA POR MEDIO DEL USO DE FILTROS. *Revistas uniminuto*, 53-60.
- CORPOCESAR. (2011). *Corporación Autónoma Regional del Cesar* . Obtenido de Generalidades del departamento: <https://www.corpocesar.gov.co/generalidades.html#Subir>
- Correa Assmus, Gustavo. (2017). Acceso al agua, pobreza y desarrollo en Colombia. *Revista de la Universidad de La Salle*, 27-46.
- Correa Assmus, Gustavo; Muños Ortiz, Astrid. (2015). Agua, pobreza y equidad: un análisis asimétrico. *Revista Latinoamericana de Bioética*, 15, 90-99.
- CRAI. (s.f.). *Universidad del Rosario*. Recuperado el 13 de Marzo de 2020, de <https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/8681/1020763251-18.pdf?sequence=18>

- DANE. (04 de Julio de 2019). *id.presidencia.gov.co*. Recuperado el 09 de Diciembre de 2019, de <https://id.presidencia.gov.co/Paginas/prensa/2019/190704-Poblacion-de-Colombia-es-de-48-2-millones-habitantes-segun-DANE.aspx>
- DANE. (2019). *Resultados Censo Nacional de Población y Vivienda 2018*. Valledupar: Dane. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/presentaciones-territorio/050919-CNPV-presentacion-Cesar.pdf>
- DANE. (s.f.). *Estratos socioeconómicos*. Bogotá. Recuperado el 21 de Marzo de 2020, de https://www.dane.gov.co/files/geoestadistica/Preguntas_frecuentes_estratificacion.pdf
- Díaz Delgado, C., García Pulido, D., & Solís Morelos, C. (2 de Julio de 2000). Abastecimiento de agua potable para pequeñas comunidades rurales por medio de un sistema de colección de lluvia-planta potabilizadora. *Ciencia Ergo*, 7(2), 129-134.
- Echeverría Molina, J., & Anaya Morales, S. (30 de Mayo de 2018). EL DERECHO HUMANO AL AGUA POTABLE EN COLOMBIA: DECISIONES DEL ESTADO Y DE LOS PARTICULARES. *Vniversitas*, 67 (136), 1-14. Obtenido de <https://doi.org/10.11144/Javeriana.vj136.dhap>
- FAO. (2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia*. Santiago: FAO América Latina y el Caribe.
- Fideli, R. (1998). *La comparazione*. Milán: Franco Angeli.
- García, I. (8 de Noviembre de 2017). *Economía simple*. Recuperado el 2 de Mayo de 2020, de Definición de Brainstorming: <https://www.economiasimple.net/glosario/brainstorming>
- Gómez, W., Rojas, J., Suarez, A., & Salinas, A. (2018). POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LLUVIA, ALTERNATIVA EN EL TRÓPICO SECO. *POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LLUVIA, ALTERNATIVA EN EL TRÓPICO SECO* (págs. 1-11). Cali: Seminario "Sustentabilidad y resiliencia en la gestión del agua" .
- Hernandis Ortuño, B., & Briede, J. An educational application for a product design and engineering systems using integrated conceptual models (2009). *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 3(17), 432-442.
- Hernandis Ortuño, B., Agustín Fonfría, M. Á., & Esnal Angulo, I. (2017). *Modelo sistémico para la gestión de empresas*. Valencia, España.


-
- Hernandis, B., Esnal, I., Agustín, M. A., Arzuza, A. J., & Arévalo, D. (2020). Systemic models as optimization tool for territory design. Case study. *7th International Forum of Design as a Process. DESIGN AND TERRITORY; Emergencies and Conflicts, WEBINAR SPEAKERS.*
- Herrera Monroy, L. A. (20 de Enero de 2010). Estudio de alternativas, para el uso sustentable del agua de lluvia. Tesis. México D.F.
- IANAS. (2019). *Calidad del agua en las Américas. Riesgos y oportunidades.* México: IANAS La Red Interamericana de Academias de Ciencias.
- ID - Think. (2016). *Modelos sistémicos para la gestión del conocimiento.* Obtenido de <http://www.id-think.com/inicio>
- IDEAM. (2005). *Mapas mensuales de precipitaciones máximas absolutas en 24 horas.*
- IDEAM. (2019). *Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos.* Bogotá. Recuperado el 2020 de Marzo de 16, de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/1Sitios+turisticos2.pdf/cd4106e9-d608-4c29-91cc-16bee9151ddd>
- Jimeno Bernal, J. (18 de Octubre de 2012). *Pdcahome.* Recuperado el 3 de Mayo de 2020, de Despliegue de la función calidad (QFD): Guía de uso. Para qué sirve el QFD y cómo realizarlo: <https://www.pdcahome.com/1932/qfd-despliegue-calidad/>
- Lucidchart. (2020). *Lucidchart.* Recuperado el 2 de Mayo de 2020, de Qué es un mapa conceptual: <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-mapa-conceptual>
- Marín García, J. A. (14 de Julio de 2015). *Riunet.* Obtenido de Matriz morfológica. Una herramienta para generar opciones de manera sistemática: <https://riunet.upv.es/handle/10251/53146>
- Martínez Restrepo, S., Pertuz, M. C., & Ramírez, J. M. (2016). *La situación de la educación rural en Colombia, los desafíos del posconflicto y la transformación del campo.* Bogotá: Compartirpalabramaestra. Obtenido de https://www.compartirpalabramaestra.org/documentos/fedesarrollo_compartir/la-situacion-de-la-educacion-rural-en-colombia-los-desafios-del-posconflicto-y-la-trasformacion-del-campo.pdf
- Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *REDIE*, 20(1), 38-47.
- Mesa ganadería sostenible Colombia. (2019). *Bases técnicas para la formulación de la política nacional de ganadería bovina sostenible - Colombia (BT-PNGBS).* Bogotá.

-
- Ministerio de la Protección Social, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). *Resolución 2115 de 2007*. Bogotá.
- OMS. (2003). *Domestic Water Quantity*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2019, de http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.02.pdf?ua=1.
- OMS. (2003). *Domestic Water Quantity, Service, Level and Health*. (W. H. Organization, Ed.) Geneva, Suiza. Obtenido de https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.02.pdf?ua=1
- OMS. (2011). *Guidelines for Drinking-water Quality*. Suiza: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. Obtenido de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44584/9789241548151_eng.pdf;jsessionid=FC2407555095A025A5E82D1A51440985?sequence=1
- ONU. (2010). El derecho humano al agua y el saneamiento. *Aplicación y seguimiento integrados y coordinados de los resultados de las grandes conferencias y cumbres de las Naciones Unidas en las esferas económica y social y esferas conexas* (págs. 1-3). Naciones Unidas. Asamblea General. Obtenido de http://www.politicaspUBLICAS.net/panel/attachments/article/667/2010_onu_de_recho_al_agua.pdf
- Pérez Hernández, A., Palacios Vélez, O. L., Anaya Garduño, M., & Tovar Salinas, J. L. (Agosto de 2017). Agua de lluvia para consumo humano y uso doméstico en San Miguel Tulancingo, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(6), 1427-1432.
- Perry, S. (2010). *La pobreza rural en Colombia*.
- Ramírez, S. T., & Hernández Pérez, J. G. (20 de Junio de 2019). El techo escudo como captador pluvial en ciudad Juárez, México. *Hábitat Sustentable*, 9(1), 32-45.
- Restrepo Gutiérrez, E., & Zárate Yepes, C. A. (2016). El mínimo vital de agua potable en la jurisprudencia de la Corte Constitucional colombiana. *Opinión Jurídica*, 1-19.
- Rodríguez Herrera, A., & Alvarado Ugarte, H. (2008). *Claves de la innovación social en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Publicación de las Naciones Unidas.
- Roldán Pérez, G., Campuzano Ochoa, C. P., Chalarca, D. A., Molina Pérez, F. J., Rodríguez Loaisa, D. C., Benjumea Hoyos, C. A., . . . Ríos Pulgarín, M. I. (2019). La calidad del agua en Colombia. En I. L. Ciencias, *La calidad del agua en las Américas. Riesgos y oportunidades* (págs. 201-237). México.

- Salcedo Obregón, J. P. (2017). *DISEÑO, herramienta de transferibilidad para la I/c+D+i de la Universidad El Bosque*. Valencia.
- Saunders, M., Thornhill, A., & Lewis, P. (2009). *Research methods for business students* (Quinta ed.). Lonres: Pearson Education.
- Torres Hugues, R. (02 de Mayo de 2019). La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente. *Ingeniería Hidráulica Ambiental*, XL, 125-139.
- UNESCO. (2015). *Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015*. Obtenido de http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR_2015Facts_Figures_
- UNICEF. (s.f.). *Agua, saneamiento e higiene*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2019, de https://www.unicef.org/spanish/wash/index_31600.html
- Ventura, A. (22 de Marzo de 2015). *Slideshare*. Recuperado el 2 de Mayo de 2020, de Diseño conceptual avanzado: <https://es.slideshare.net/showyouvalencia/diseo-conceptual-avanzado>
- Villa López, L., & Melo Velasco, J. (2017). *Panorama de Innovación Social en Colombia en 2017*. Universidad Pontificia Bolivariana .
- Yáñez Contreras, M., & Acevedo González, K. (2013). El acceso al agua para consumo humano en Colombia. *REvista de Economía Institucional*, 15(29), 125-148. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41929178007>
- Yin, R. K. (1993). *Applications of Case Study Research, Applied Social Research Methods Series* (Vol. 34). Londres: SAGE Publications.

8. Anexos

Anexo 1. Panel 1: Sistema exterior



00 SISTEMA EN ESTUDIO
Denominación:

Diseño conceptual de un sistema de recolección, filtrado, potabilización y distribución de agua de lluvia para zonas rurales del departamento del Cesar (Colombia)

01 SISTEMA EXTERIOR


EXTRACCIÓN DEL CONOCIMIENTO

01a Explorando conceptos: Briefing / Brainstorming / Googlingstorming

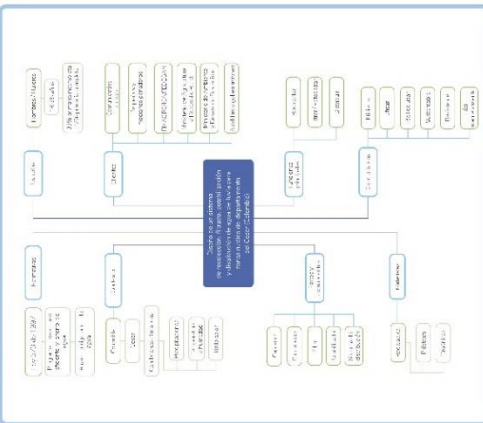
Briefing

Contexto de desarrollo: El sistema de recolección de agua de lluvia para zonas rurales del departamento del Cesar, Colombia, se desarrollará en un terreno de 2 hectáreas, con un presupuesto de \$10 millones de pesos colombianos. El sistema debe ser capaz de recolectar y tratar el agua de lluvia para un consumo de 50 personas al día. El sistema debe ser sostenible y fácil de mantener. El sistema debe ser capaz de recolectar y tratar el agua de lluvia para un consumo de 50 personas al día. El sistema debe ser sostenible y fácil de mantener.


Brainstorming / Googlingstorming



01b Explorando conceptos: Mapa conceptual



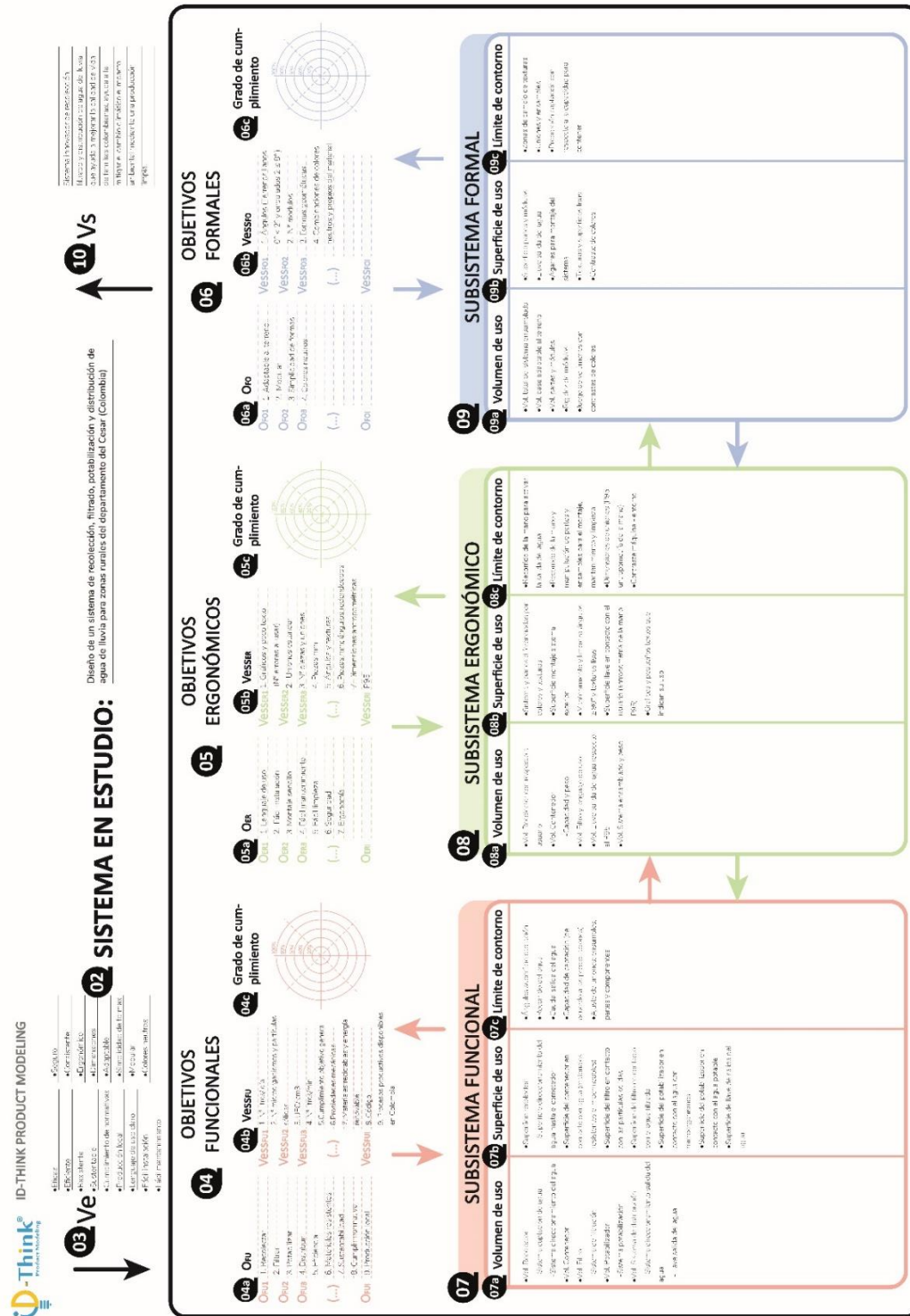
01c Explorando conceptos: Matriz comparativa



01d SÍNTESIS DEL CONOCIMIENTO : Listado de atributos / Variables de diseño

Función	Ergonomía	Forma
<ul style="list-style-type: none"> El agua debe ser recolectada de manera eficiente y segura. El sistema debe ser capaz de recolectar y tratar el agua de lluvia para un consumo de 50 personas al día. El sistema debe ser sostenible y fácil de mantener. El sistema debe ser capaz de recolectar y tratar el agua de lluvia para un consumo de 50 personas al día. El sistema debe ser sostenible y fácil de mantener. 	<ul style="list-style-type: none"> El sistema debe ser fácil de usar y mantener. El sistema debe ser capaz de recolectar y tratar el agua de lluvia para un consumo de 50 personas al día. El sistema debe ser sostenible y fácil de mantener. El sistema debe ser capaz de recolectar y tratar el agua de lluvia para un consumo de 50 personas al día. El sistema debe ser sostenible y fácil de mantener. 	<ul style="list-style-type: none"> El sistema debe ser capaz de recolectar y tratar el agua de lluvia para un consumo de 50 personas al día. El sistema debe ser sostenible y fácil de mantener. El sistema debe ser capaz de recolectar y tratar el agua de lluvia para un consumo de 50 personas al día. El sistema debe ser sostenible y fácil de mantener. El sistema debe ser capaz de recolectar y tratar el agua de lluvia para un consumo de 50 personas al día.

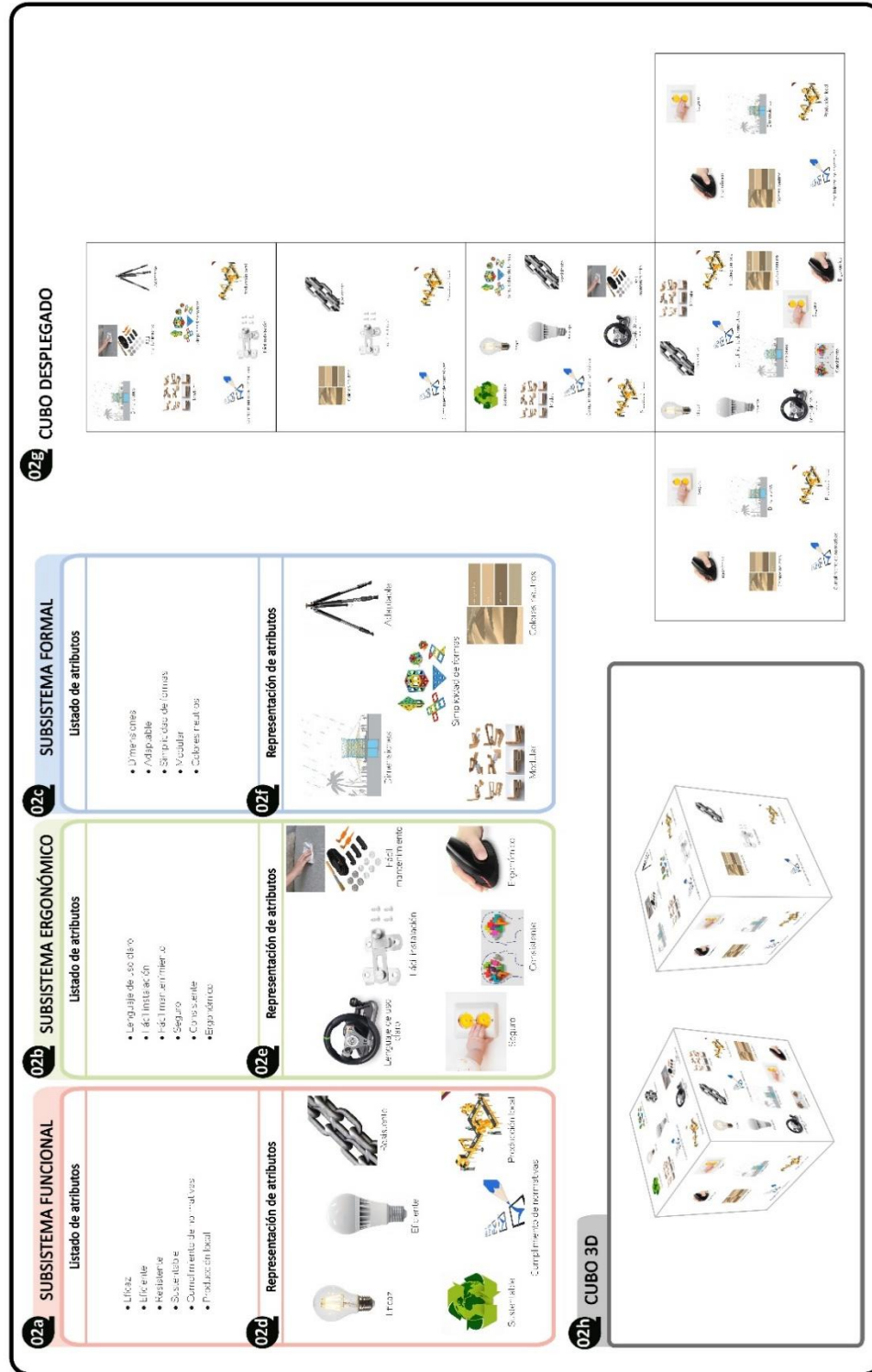
Anexo 2. Panel 2: Sistema en estudio



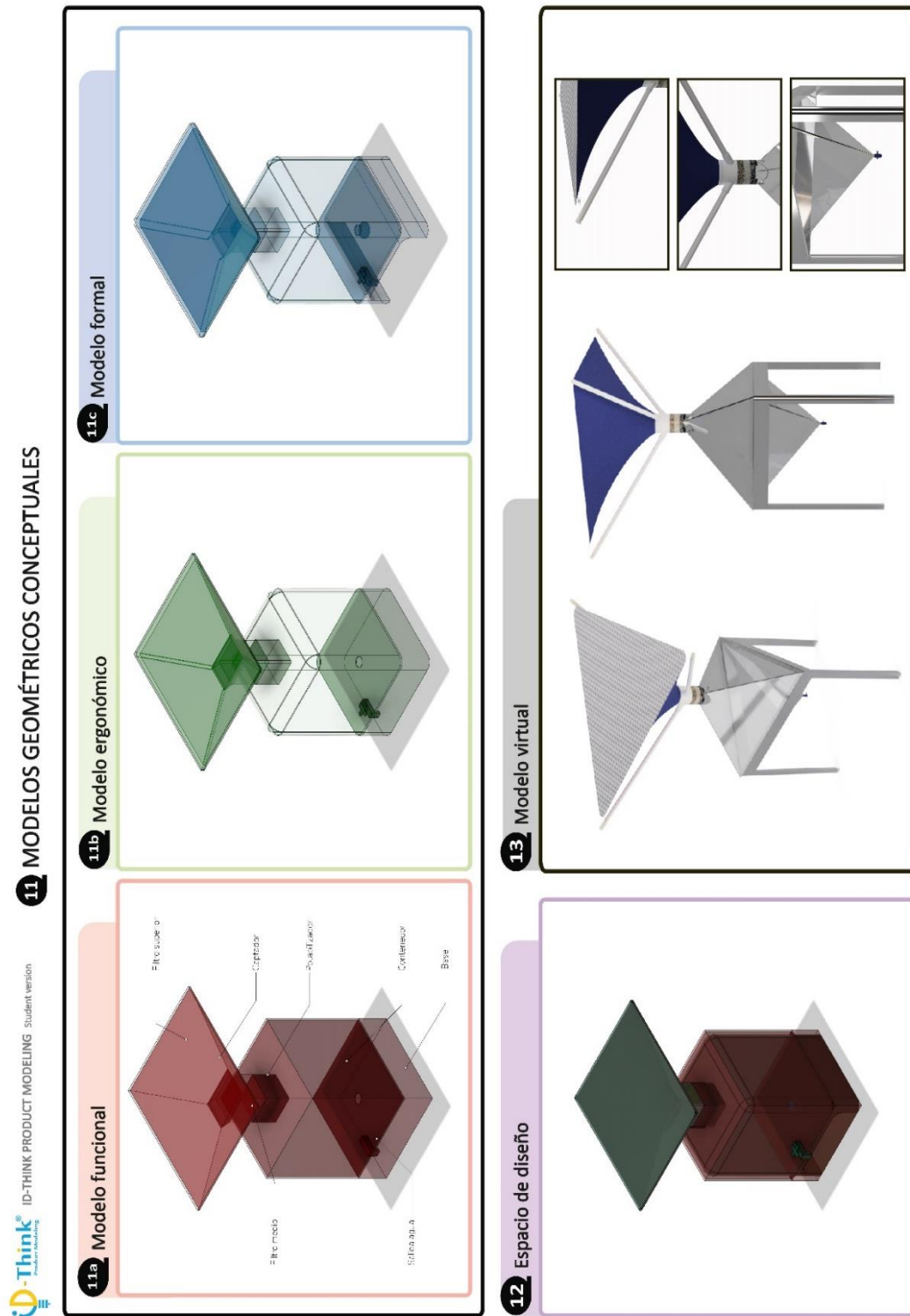
Anexo 3. Panel 3: Conceptualización

02 SISTEMA EN ESTUDIO: Diseño de un sistema de recolección, filtrado, potabilización y distribución de agua de lluvia para zonas rurales del departamento del Cesar (Colombia)

ID-THINK PRODUCT MODELING



Anexo 4. Panel 4: Espacio de diseño 3D



Anexo 5. Carta de aceptación “Diseño y territorio, Emergencias y conflictos”.



Palmira, 29 de Enero de 2020

CARTA DE ACEPTACIÓN DE ARTÍCULO

Esta es una confirmación de que el artículo titulado:

“Systemic models as optimization tool for territory design. Case study”

Autor(es): Bernabé Hernandis, Iñaki Esnal, Miguel Angel Agustín, Angelly Joana Arzuza and Diana Arévalo

Ha sido aceptado como presentación ORAL y publicación en el 7° Foro Internacional de Diseño como Proceso: “DISEÑO Y TERRITORIO, Emergencias y Conflictos”.

Fecha	Marzo 25 al 27 de 2020
Lugar	Cali, Colombia
Organizadores	Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira Facultad de Ingeniería y Administración
Contacto	contact@designandterritory.com
Apoyo	Red Latina de Procesos de Diseño Università di Bologna Tecnológico de Monterrey
Registro y pago	https://www.designandterritory.com/?page_id=1801

Atentamente,

Comité Organizador
7° Foro Internacional de Diseño como Proceso
“DISEÑO Y TERRITORIO, Emergencias y Conflictos”

Anexo 6. Aceptación artículos Revista rDis.

Revista on-line
ISSN 2254-7215
RED INTERNACIONAL
DE INVESTIGACIÓN EN
DISEÑO SISTÉMICO

rdis[®]

Valencia, a 1 de septiembre de 2020.

La junta editorial de rdis, revista on-line de publicaciones académico-científicas de la RED INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN DISEÑO SISTÉMICO (rDis),

CERTIFICA que:

el artículo enviado, con título "APLICACIÓN DEL MODELO SISTÉMICO DE EMPRESA ID-THINK EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN, FILTRADO Y BOMBEO DE AGUA DE LLUVIA EN ZONAS RURALES DEL TROPICO BAJO COLOMBIANO." De la autora D^a. Diana Carolina Arévalo Gómez, ha sido aceptado por esta junta editorial para su publicación en el próximo número de la revista correspondiente al volumen 4, número 2.

Lo cual hago constar a petición del interesado en Valencia a 1 de septiembre de 2020.

Dr. Iñaki Esnal Angulo
Editor adjunto de rdis.
Revista de la Red Internacional de Investigación en Diseño Sistemico.
www.rdis.es



Revista on-line
ISSN 2254-7215
RED INTERNACIONAL
DE INVESTIGACIÓN EN
DISEÑO SISTÉMICO

rdis[®]

Valencia, a 1 de septiembre de 2020.

La junta editorial de rdis, revista on-line de publicaciones académico-científicas de la RED INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN DISEÑO SISTÉMICO (rDis),

CERTIFICA que:

el artículo enviado, con título "APLICACIÓN DEL MODELO SISTEMICO DE PRODUCTO ID-THINK EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN, FILTRADO, POTABILIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN ZONAS RURALES DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR (COLOMBIA)." De la autora D^a. Diana Carolina Arévalo Gómez, ha sido aceptado por esta junta editorial para su publicación en el próximo número de la revista correspondiente al volumen 4, número 2.

Lo cual hago constar a petición del interesado en Valencia a 1 de septiembre de 2020.

Dr. Iñaki Esnal Angulo
Editor adjunto de rdis.
Revista de la Red Internacional de Investigación en Diseño Sistemico.
www.rdis.es



Anexo 7. Formato encuesta percepción del lenguaje de uso

Sistema de recolección, filtrado, potabilización y distribución de agua de lluvia para zonas rurales.

Como estudiante de Máster en Ingeniería del Diseño de la Universitat Politècnica de València, actualmente me encuentro realizando el trabajo de fin de máster, el cual consiste en el diseño de concepto de un sistema de recolección, filtrado, potabilización y distribución de agua de lluvia para zonas rurales del departamento del Cesar (Colombia).

*Obligatorio

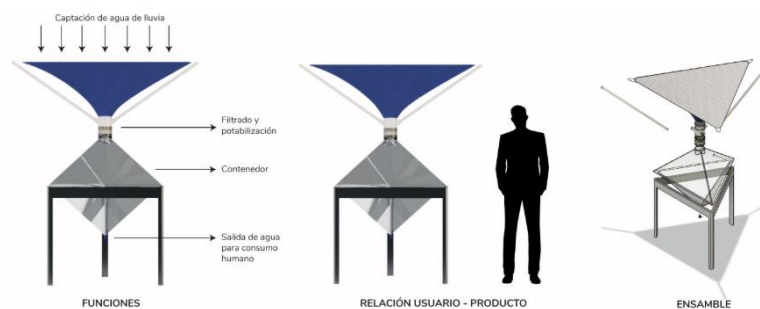
Género *

- Hombre
- Mujer
- Prefiero no decirlo

¿En qué rango de edad se encuentra? *

- 18-28
- 29-39
- 40-49
- 50-59
- 60-69

De acuerdo a lo que observa en las imágenes responda las siguientes preguntas. Siendo 1 totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo.



1. ¿Cree que el producto cumple la función de recolectar, filtrar, potabilizar y distribuir el agua de lluvia? *

1 2 3 4 5
Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

2. ¿Cree que es fácil instalar el producto? *

1 2 3 4 5
Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

3. ¿Cree que es cómodo usar el producto? *

1 2 3 4 5
Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

4. ¿Cree que es fácil realizar su mantenimiento o limpieza? *

1 2 3 4 5
Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

5. Si viviera en una zona rural donde no existe acueducto ni agua potable. ¿Usaría el producto? *

Sí

No