



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO DE UN MODELO DE DISPOSITIVO DE FILTRACIÓN DE
AGUA, QUE REDUZCA EL TIEMPO DEL PROCESO DE
ELIMINACIÓN DE SEDIMENTOS, EN EL TRATAMIENTO DE
AGUA PARA SU DISTRIBUCIÓN A POBLACIONES AFECTADAS
DURANTE EMERGENCIAS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniería Industrial

AUTOR:

Eddy Joel Lastra Nazareno

TUTOR: Ing. Néstor Marcelo Berrones Msc.

Guayaquil, Ecuador
2024

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo Eddy Joel Lastra Nazareno, declaro que soy autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 27 de febrero del año 2024

Atentamente,

Eddy Joel Lastra Nazareno
0930423801

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo **Eddy Joel Lastra Nazareno**, con cédula de identificación No. **0930423801**, expreso mi voluntad de y por medio del presente documento cedemos a la universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico “Diseño de un modelo de dispositivo de filtración de agua, que reduzca el tiempo del proceso de “Eliminación de sedimentos”, en el tratamiento de agua para su distribución a poblaciones afectadas durante emergencias”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 27 de febrero del año 2024

Atentamente,

Eddy Joel Lastra Nazareno
0930423801

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ing. Néstor Marcelo Berrones Rivera. Con documento de identificación N° 0914078290 docente de la Universidad Politécnica Salesiana declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación “Diseño de un modelo de dispositivo de filtración de agua, que reduzca el tiempo del proceso de “Eliminación de sedimentos”, en el tratamiento de agua para su distribución a poblaciones afectadas durante emergencias”, realizado por el estudiante Eddy Joel Lastra Nazareno con cédula de identidad 0930423801, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 27 febrero del 2024

Atentamente,

Ing. Néstor Marcelo Berrones Rivera, M.I.A.

0914078290

DEDICATORIA

Génesis 1:1 dice; “En el principio creo Dios los cielos y la tierra”, nos enseña esta pequeña frase que Dios fue el primer ingeniero sobre la tierra, al crear una obra tan majestuosa, en inspiración por el este proyecto lleva su dedicatoria, fueron 5 años de estudios, largos 5 años que pusieron a prueba más que un conocimiento, si no también, la paciencia, la fe y sobre todo las esperanzas, no contaba con llegar tan lejos, pero ahora sé que gracias a Dios he llegado hasta aquí, y de aquí llegaremos más lejos.

Alguien a quien siempre voy a agradecer es a mis padres, pese a todo lo que hemos pasado, su apoyo nunca se hizo esperar, quizás no siempre de una manera económica, pero siempre de una manera espiritual, donde me daban el aliento para seguir adelante, mis hermanos y mis sobrinos fueron parte de ello día tras día, mis abrazos esfuerzo y lágrimas serán siempre para ellos, nunca he dudado en contar con su cariño porque sé que siempre estarán ahí para mí.

Si he de agradecer a alguien por llegar hasta aquí será a Lorena Lozano, es imposible decir que mi vida sea la que ahora es sin ella, fue más que una amiga, fue una hermana, una madre, una jefa, siempre dispuesta a que yo vaya más allá de lo que creía posible, mi vida profesional se la debo a Dios y a ella, fue dura cuando tenía que serlo y consoladora cuando debía hacerlo, estoy seguro de que ella es una de las personas más felices en verme llegar hasta aquí.

Mis amigos son parte fundamental en este gran proceso gracias a todos ellos por estar ahí por nunca darme la espalda, pero que sería de todo este tiempo sin mis profesores, los que años tras año dieron sus conocimientos para ayudarme a llegar lejos, debo un agradecimiento especial al Ing. Víctor Morán, sin duda alguna fue y siempre será uno de los profesores con más talento dentro de la UPS, lamento mucho que la pandemia del Covid.19 nos haya impedido que viera lo lejos que llegue, gracias a que él creyó en mí.

Eddy Joel Lastra Nazareno

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por toda su bondad y misericordia, sé que, sin su ayuda y acompañamiento, no habría podido llegar tan lejos. Dios es el único que se merece estar aquí, todo lo que tengo, familia hablando de mis padres, hermanos, primos, sobrinos, tíos, abuelos, amigos y compañeros, lo tengo gracias a él, no existe manera alguna en la que yo solo hubiera podido llegar sin su ayuda hasta aquí, y estoy seguro de que de aquí donde he llegado, llegaré más lejos, con la ayuda de Dios.

Padre Celestial, tú que gobiernas en los cielos, y das el sol para buenos y malos, justos e injustos, quiero agradecerte porque sé que este trabajo de titulación ayudará a cambiar el mundo, te agradezco por toda la sabiduría que me has dado, y por toda la sabiduría que me darás, en el nombre de su hijo amado Jesús, Amén.

Eddy Joel Lastra Nazareno

Resumen

El proyecto se enfoca en agilizar la respuesta de los equipos de agua y saneamiento de organizaciones humanitarias como la Cruz Roja Ecuatoriana. Para lograrlo, se propone la introducción de un dispositivo que transforme el enfoque del tiempo de reacción, especialmente en el proceso de tratamiento del agua. Durante situaciones de emergencia, la provisión de agua es esencial, pero suele ser lenta y costosa en términos de transporte desde zonas seguras hasta áreas afectadas. Por ello, mejorar el tiempo de respuesta resulta crucial para salvar vidas, especialmente en las primeras etapas para rescatistas y heridos, y más adelante para los evacuados. El artículo presenta un modelo de dispositivo diseñado para reducir el tiempo de eliminación de sedimentos, un paso clave en el tratamiento del agua. El objetivo es acortar este proceso de 3 días a solo 27 horas mediante la implementación del dispositivo de filtración al inicio del tratamiento. Esto no solo reducirá la necesidad de buscar fuentes con bajos niveles de sedimentación y turbidez, sino que también optimizará la purificación del agua. En última instancia, el proyecto busca mejorar la implementación de este dispositivo para garantizar un suministro más rápido de agua limpia durante situaciones de emergencia.

Palabras Claves: Agilizar, Sedimentación, Tiempo de Respuesta, Ayuda Humanitaria, Purificación, Procesos.

Abstract

The project focuses on streamlining the response of water and sanitation teams from humanitarian organizations such as the Ecuadorian Red Cross. To achieve this, the introduction of a device that transforms the response time approach is proposed, especially in the water treatment process. During emergencies, water provision is essential but often slow and costly in terms of transport from safe areas to affected areas. Therefore, improving response time is crucial for saving lives, especially in the early stages for rescuers and injured, and later for evacuees. The article presents a device model designed to reduce sediment removal time, a key step in water treatment. The goal is to shorten this process from 3 days to just 12 hours by implementing the filtration device at the beginning of treatment. This will not only reduce the need to search for sources with low levels of sedimentation and turbidity, but also optimize water purification. Ultimately, the project aims to improve the implementation of this device to ensure faster provision of clean water during emergencies.

Key words: speed up, Sedimentation, Response Time, Humanitarian Aid, Purification, Processes.

ÍNDICE GENERAL

Tabla de contenido

ÍNDICE GENERAL	IX
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XI
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 La Estructura del Proyecto Técnico es la Siguiete:.....	2
1 CAPÍTULO 1	3
1.1 El Problema	3
1.2 Antecedentes	3
1.3 Justificación.....	8
1.4 Objetivos	12
Capítulo II	13
2 Marco Teórico	13
2.1 Antecedentes Investigativos.	13
2.2 Marco Referencial Teórico.....	15
2.3 Programación del personal – Equipos Nacionales de Intervención (ENI) ..	19
3 Marco Metodológico	22
3.1 Nombre del Dispositivo.....	22
3.2 Funcionamiento Básico	22
3.3 Proceso actual para la purificación de agua	22
3.4 Comparación de Tiempos de procesamiento.....	24
3.5 Descripción del Dispositivo de filtración	28
3.6 Diagrama Interno del funcionamiento del dispositivo.	28
3.7 Datos Técnicos del Dispositivo	29
3.8 Descripción de los componentes y Funcionamiento	30
4 RESULTADOS	32
4.1 Resultados Generales	32
4.2 Conclusiones	38
4.3 Recomendaciones	42

Bibliografía	44
4.4 Plano General del Dispositivo	2
4.5 Plano del Envase Primario.....	3
4.6 Plano del Filtro de Sedimentos y de Carbón	4

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Preparación de muestras (Proceso de eliminación de sedimentos).....	7
Ilustración 2 Revisión de resultados de muestras	7
Ilustración 3 Diagrama de flujo del proceso de captación de agua.....	10
Ilustración 4 Indicador de Tiempo de Proceso.....	25
Ilustración 5 Diagrama de funcionamiento del Dispositivo.....	28
Ilustración 6 Diseño del Dispositivo General	30
Ilustración 7 Reservorio Principal.....	31
Ilustración 8 Filtro de Sedimentos	31
Ilustración 9 Grafica Simulación de Agua Bombeada.....	33
Ilustración 10 Cantidad de Agua Filtrada y Consumo de Energía.....	34
Ilustración 11 Grafica de Estado Estacionario	35
Ilustración 12 Caudal de Agua conforme a la Aspiración	37
Ilustración 13 Tiempo de Procesamiento	37
Ilustración 14 Distribución de Tiempo	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tiempo de Proceso Actual	26
Tabla 2 Datos Técnicos del Dispositivo.....	29
Tabla 3 Nuevo Proceso Recomendado	40

Titulo

“Diseño de un modelo de dispositivo de filtración de agua, que reduzca el tiempo del proceso de “eliminación de sedimentos”, en el tratamiento de agua para su distribución a poblaciones afectadas durante emergencias”.

Glosario de Términos

Unicef: Fondo de las Naciones Unidas para la infancia (por sus siglas en ingles)

ENI WASH: Equipo Nacional de intervención de Agua y Saneamiento

Turbiedad: cantidad de micro impurezas y sedimentos en el agua

ONU: Organización de las Naciones Unidas

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenibles

ONG: Organización No Gubernamental

WASH: Agua Saneamiento e Higiene (por sus siglas en ingles)

Cluster WASH: Coordinación Multisectorial de Agua, Saneamiento e Higiene (por sus siglas en ingles)

OCHA: Oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios (por sus siglas en ingles)

ACNUR: Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados

Blader de Agua: Lona de almacenamiento de agua

E.I.R.D: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres

T.d.R: Términos de Referencia

1 INTRODUCCIÓN

Durante años países como; Ecuador, Perú, Colombia, entre otros, han sido afectados constantemente por fenómenos climáticos que han puesto en riesgo la vida de diversas poblaciones, sin importar la región en la que vivan, los sismos, inundaciones, sequías, fenómenos como el del niño y la niña, son parte de una larga lista de afectaciones que constantemente sufren estos países, estas afectaciones dejan millones de daños en pérdida y una recuperación lenta, que limita el levantamiento de los diversos protocolos de emergencia de estos países, cada vez que uno de estos eventos ocurre, es necesario el despliegue de diversos equipos de respuestas que ayuden a las poblaciones afectadas, equipos de emergencias médicas, de rescate, de evaluación de daños, de agua y saneamiento (WASH), entre otros, son vitales para brindar una ayuda y mantener a la población a salvo de estos impactos de la naturaleza, pese a ello la cantidad de recursos y el tiempo que se toman en brindar una ayuda digna es extremadamente alta, gran parte del tiempo de recuperación para un pronto restablecimiento de las condiciones normales de subsistencia es utilizado por equipos sanitarios, es decir los equipos de agua y saneamiento, ya que velar por las condiciones de salud es altamente importante, estos equipos requieren una gran cantidad de recursos y una enorme cantidad de tiempo, tanto para el despliegue de campamentos y equipos, así como para analizar y mejorar las condiciones iniciales de la situación de emergencia.

Las poblaciones que se encuentran afectadas por una emergencia, requieren cantidades altas de agua purificada con el fin de poder establecer condiciones normales de vida, estas vendrían a ser iguales a las que se tenían antes de la emergencia o superiores a ella, para ello, el saneamiento es imprescindible para evitar que posterior a una emergencia de inundación (por así decirlo), exista una de cólera o de enfermedades gastrointestinales, etc., esto debido a que las personas no contaban con agua limpia para

el lavado de manos, la cocción y lavado de frutas y vegetales, servicios higiénicos necesarios para una ducha diaria y para beber, evitar más afectaciones es vital durante una emergencia, ya que esto evita que una mayor prolongación de los equipos de emergencia.

1.1 La Estructura del Proyecto Técnico es la Siguiete:

1.1.1 En el capítulo 1.- Se describirá el problema, su importancia y el alcance que tendremos con el desarrollo de este tema, en el mismo capítulo, se formularan los objetivos correspondientes.

1.1.2 En el capítulo 2.- Desarrollaremos el marco contextual, los fundamentos teóricos y conceptuales, donde analizaremos el marco teórico legal y sus soportes, el cual nos demostrara la importancia del manejo de los tiempos en emergencia y el por qué es tan vital para el desarrollo de las poblaciones y comunidades en momentos como este.

1.1.3 En el capítulo 3.- Con base en los antecedentes, abordaremos el diseño y las características principales con las que debe cumplir nuestro dispositivo, eso nos ayudará a parametrizar y así cumplirá con un mejoramiento en el tiempo del proceso de eliminación de sedimentos, para ello utilizaremos distintas herramientas tecnológicas que nos ayudará desarrollar un mejor diseño de este dispositivo, y con el uso de diversos simuladores comprobaremos si el rendimiento es viable para el uso.

1.1.4 En el capítulo 4.- Se obtienen los resultados luego de haber aplicado las herramientas de simulación respectiva, es decir que esto nos dará el parámetro adecuado para confirmar si el tiempo en el proceso de eliminación de sedimentos, se ha reducido. Para comprobar si el beneficio será competente y a la altura de una respuesta en una emergencia, realizaremos distintas evaluaciones con organismos de ayuda humanitaria competentes, que nos ayude a determinar su viabilidad.

1 CAPÍTULO 1

1.1 El Problema

1.2 Antecedentes

Uno de los eventos naturales que con más frecuencia suele ser más destructivo y más repetitivo en algunos países de Latinoamérica, es el fenómeno del niño, cuya devastación, genera grandes inundaciones en muchos lugares y sequías en otros, Ecuador documenta que ha sido golpeado en 2 ocasiones por este fenómeno, en 1982 y en 1997, en estas dos ocasiones este fenómeno cobró la vida de miles de personas, desplazó a otros cientos de miles, destruyó cultivos, carreteras y causó enormes pérdidas económicas para el país (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos, 2021).

En ese tiempo la mayor parte del país era de escasos recursos por lo que dependían económicamente de la agricultura, las afectaciones por el fenómeno del niño duraron meses por lo que se consideró que la recuperación fue lenta, los daños no solo destruyeron cultivos y viviendas, también hospitales y centros educativos, la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (E.I.R.D.), estableció que posterior al paso de las inundaciones y avalanchas, la sequía generó un retroceso en las poblaciones que se vieron afectadas por el paso de este fenómeno, (Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, 2001). Lo que quiere decir que su acceso al agua se vio aún más complicado por esta situación de sequía, no solo por las personas y sus familias, sino también para sus cultivos y animales, el retorno a clases y la atención a personas en centros de salud y hospitales, esta misma situación se repitió en Bolivia y Perú, ya que la afectación por este fenómeno se vivió con la misma intensidad en estos países.

Según datos del E.I.R.D., más de 135000 viviendas se vieron destruidas en Ecuador, eso es 675000 personas, entre niños y adultos (esto solo considerando los

afectados de manera directa), se estima que, más de 2 millones de personas se vieron impactados de manera indirecta por las inundaciones y por la posterior sequía. El acceso al agua para estos tiempos en Ecuador era limitado, ya que aún carecían muchas poblaciones de redes de distribución de agua potable, durante la emergencia ocasionada por el fenómeno del niño, el acceso al agua se agravó, esto aportó de manera significativa a que el impacto por la sequía sea más fuerte, si antes durante las inundaciones el acceso al agua era limitado, durante la sequía se volvió casi inasequible e inaccesible.

Un acontecimiento de emergencia más reciente fue el del 16 de abril del 2016, en esta fecha un sismo de 7.2 grados en la escala de Richter, sacudió fuertemente las costas de Ecuador, siendo afectado las provincias de Guayas, Manabí y Esmeralda, pese a los años de distancia que existieron entre el fenómeno del niño y el terremoto del 16 de abril del 2016, el acceso a recursos hídricos para dotar a las poblaciones afectadas mayoritariamente en las provincias de Manabí y Esmeraldas, fue limitada, mucha especulación sobre la poca cantidad o casi nula entrega de agua durante las primeras semanas de la emergencia, circulaban por todo tipo de medios de comunicación, pese a que estas dos provincias tienen una mayor distribución de agua potable a través de redes domiciliarias, poblaciones que estaban más alejadas de la cabecera cantonal, no tenían ningún tipo de sistema de entrega de agua potable, por lo que se vieron excluidos durante los primeros días de la emergencia en la entrega de agua y de otros tipos de ayuda.

El proceso para la entrega de agua como ayuda humanitaria en momentos de emergencia tiene sus complejidades, empezando porque el proceso debe iniciar con encontrar una fuente de captación de agua que cumpla con ciertos parámetros:

1. Encontrar una fuente de captación limpia y sin contaminación abundante, de preferencia de agua que esté en movimiento como, por ejemplo; ríos y esteros o en algunos casos, pozos, lagunas o fuentes subterráneas.
2. Que su nivel de turbiedad sea menor a 5.
3. Que esta fuente sea accesible.

La turbiedad del agua es el proceso que más tiempo lleva consigo, cuando hablamos de turbiedad nos referimos a todos los sedimentos, o cualquier otro tipo de partículas en suspensión que afecte su cristalización o nivel de transparencia del agua. Ya que este proceso es imprescindible para que el agua este limpia, cristalina y sin impurezas que afecten su potabilización.

El equipo nacional de intervención de agua y saneamiento de la cruz roja (ENI WASH), así como de otras instituciones de ayuda humanitaria, son los encargados de velar por el aseguramiento del acceso al agua como primera instancia en momentos de emergencia según el Clúster de Agua, saneamiento e higiene (WAHS) (Cluster WASH, 2014) , pero restablecer el agua en una comunidad que jamás ha tenido agua potable es un problema aún más grande que la emergencia, porque eso indica que se tendrá que buscar una fuente de agua y esta deberá pasar por un proceso para poder ser potable (Programa WASH Ecuador , 2019), dicho proceso va de la mano con utilizar mayoritariamente agua de ríos, pozos o lagunas. Gran parte del problema de usar agua de estas fuentes de abastecimiento es la turbiedad con la que cuentan, esto limitará el tiempo de respuesta de este equipo y de otros más que necesitan pasar por este proceso para poder dar agua limpia y segura. Partiendo del nivel de turbiedad hallada, se necesita emplear nitrato de aluminio para que ayude a realizar grumos que lleven todos los sedimentos pesados hacia el fondo del Blader, el agua se recolecta en un Blader de al menos 5000

litros de capacidad, esto según la sección de la cantidad de agua que se vaya a repartir en dicha zona de afectación, para empezar con el tratamiento inicial del agua el cual se debe aclarar, se debe preparar una solución base con nitrato de aluminio, en muchos casos los niveles de turbiedad cambian dependiendo la fuente de captación, por ende se debe preparar una mezcla distinta por cada una de las fuentes de captación que se vaya a usar. Para iniciar el proceso de tratamiento al agua, se elabora 10 muestras distintas del agua de la fuente de captación, cada tacho tiene una capacidad de 25 litros y se combinan con cantidades distintas de nitrato de aluminio, es de este primer muestreo de donde saldrá la solución base que usaremos a lo largo de nuestro proceso de tratamiento de agua, 12 horas después se obtienen los resultados de las distintas mezclas con el nitrato de aluminio, cada uno de los tachos tendrá niveles distintos de turbiedad por lo que al momento de revisarlos, algunos estarán claros y otros aún más sucios con sedimentos, en este primer proceso se tomará como solución base, el tacho que dé resultados más claros con el nitrato de aluminio, esto nos indicará cuanto nitrato de aluminio hay que usar por cada 25 litros de agua.



Ilustración 1 Preparación de muestras (Proceso de eliminación de sedimentos)



Ilustración 2 Revisión de resultados de muestras

1.3 Justificación.

Los desastres son afectaciones que sin duda alguna genera grandes pérdidas de vidas y de enseres a las personas que son afectadas, dado esto, lo más común que suele ocurrir durante la manifestación de un desastre (sea este de tipo natural o generada por la actividad humana), es la interrupción de los servicios básicos, y más aún esencial y más importante, la interrupción del servicio de agua potable, esto según el informe del Clúster de Salud (Paho Haití, 2011), dicho servicio es esencial para la continuidad de la normalidad en las zonas de afectación por desastres, por tales motivos, muchas ONG, oficinas estatales, Agencias de Naciones Unidas, y otras organizaciones, enfocan mucho su atención en el acceso eficaz a agua segura durante las emergencias y desastres, según cifras de Unicef, 1 de cada 2 niños carecen de acceso a agua segura y 8 de cada 10 niños de nacionalidades indígenas carecen de las instalaciones de servicios básicos para acceder a agua segura (Unicef, 2019), diversas organizaciones a nivel mundial con el respaldo de Naciones Unidas, afirman que el acceso al agua es vital para el desarrollo poblacional (ACNUR, 2017), más aún en tiempos críticos de emergencia donde el acceso a este recurso se ve interrumpido. En gran parte de las zonas de afectación por algún tipo de desastres, la interrupción del servicio de agua ya sea este potable o no, se ve interrumpido por el tiempo que puede llegar a durar la emergencia, por tal razón los equipos especializados de algunas ONG. Tardan un máximo de al menos 3 días para lograr restablecer el acceso al agua, esto se debe más que todo a que el proceso de eliminación de sedimentos impide que el agua se entregue en menos tiempo.

Si observamos la imagen a continuación podremos ver un diagrama de flujos, el cual nos muestra como es el funcionamiento total que se debe emplear para el procesamiento del agua que va a ser usada para entrega de ayuda humanitaria, dentro de las descripciones podremos apreciar que el proceso que más tiempo consume es el de

eliminación de sedimentos, esto se debe especialmente a que la interacción con el sulfato de aluminio demora el proceso para que el agua esté correctamente clara y de esta manera no tenga sedimentos visibles que impidan un correcto aprovechamiento de este recurso, el tiempo de procesamiento total es de más de 48 horas, y esto se debe a que gran parte solo es para comprobar si la mezcla de donde se saca la solución base de nitrato de aluminio es la adecuada para el proceso, esto suponiendo que las condiciones climáticas (en zonas de emergencia, se pueden presentar lluvias, réplicas de terremotos, vientos fuertes y demás fenómenos naturales), son adecuadas para poder dejar la muestra de los 10 tachos en reposo por este periodo de tiempo, además de esto cabe recalcar que si al iniciar el proceso de captación, el agua tiene una sedimentación demasiado alta, tocará cambiar de fuente y esto podría representar un mayor tiempo de proceso e incluso un mayor tiempo de viaje o cambios completos de base de tratamiento, por ende, la turbiedad se presenta actualmente como el mayor de los problemas para tratamiento que se le dará al agua.

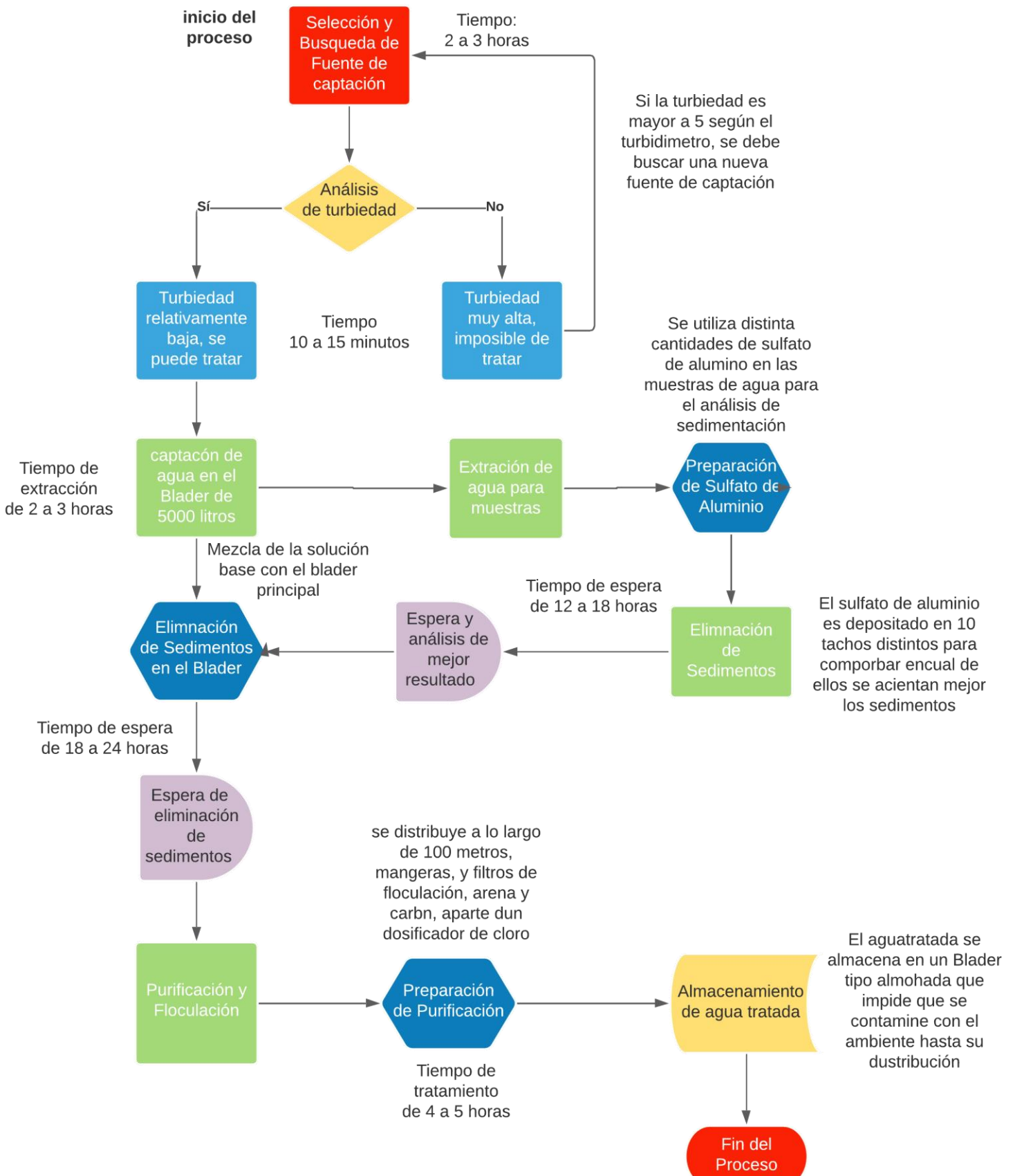


Ilustración 3 Diagrama de flujo del proceso de captación de agua

1.3.1 Grupo Objetivo (Beneficiarios)

A nivel mundial es mucha la población que tiene problemas de acceso a agua segura, y es incalculable las personas que tienen difícil acceso a fuentes hídricas en zonas de afectación por algún tipo de desastres, ya que estos son en su mayoría de impacto impredecible en muchas partes del mundo, este proyecto se basará únicamente en Ecuador, uno de los mecanismos en los cuales emplearemos el análisis del impacto a nuestros beneficiarios, será el estudio de las diferentes emergencias provocadas por fenómenos naturales del país como lo fue el fenómeno del niño de 1998, este sin duda fue un desastre natural de grandes magnitudes, el evento adverso que dejó a más de 3.700 evacuados, 2.000 viviendas destruidas y más de 10.000 damnificados solo en la región costa (Ministerio de Salud Pública del Ecuador y OPS, 2001).

Para efectos de lo anteriormente citado, la población afectada alcanzaba las 10000 personas, dato referente para especificar que cada emergencia eleva o disminuye la cantidad de personas a las cuales se les establece un nivel de atención, en el caso del alcance de este proyecto podríamos establecer que toda población afectada por un desastre natural, específicamente es un grupo potencial que deberá ser alcanzado por la necesidad de optimizar el tiempo de respuesta en la entrega de agua, y esto solo se podrá lograr restableciendo su acceso al agua de manera más oportuna reduciendo el tiempo de entrega.

1.3.2 Delimitación

1.3.3 Delimitación Temporal

El tiempo de duración estipulado fue de cinco meses a partir de la aprobación de este proyecto y en cuyo lapso se elaborará un modelo de un dispositivo que ayude a reducir el tiempo de eliminación de sedimentos para el tratamiento de agua

1.3.4 Delimitación Geográfica

Este proyecto usará como delimitación geográfica, la ciudad de Santo Domingo, exactamente la comunidad de Luz de América, ya que en este lugar se han realizado diversos trabajos de abastecimiento de agua en los últimos años con distintas instituciones de ayuda humanitaria.

1.3.5 Delimitación Académica

Las materias que permiten realizar este proyecto son:

- Fundamentos de Materiales
- Ingeniería de Métodos
- Automatismo 1 y 2
- Producción 1 y 2
- Dibujo
- Simulación de Procesos
- Transferencia de Calor y Fluidos
- Gestión de Calidad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar el modelamiento de un dispositivo de filtración de agua que reduzca el tiempo de espera en el proceso de “Eliminación de sedimentos”, que ayude a reducir el tiempo de respuesta en la entrega de agua como ayuda humanitaria en momentos de emergencias y desastres.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Comprobar la factibilidad de reducción del tiempo de espera mediante la simulación de procesos, dentro del proceso de eliminación de sedimentos.

- Mejorar la eficacia en el procesamiento de agua para la ayuda de entrega humanitaria, cambiando visiblemente el diagrama de procesos y limitando el tiempo de respuesta a menos de la mitad de su tiempo actual.
- Generar el diseño de un dispositivo filtrador que ayude a la optimización del tiempo de tratamiento en el proceso de entrega de agua.
- Sugerir un nuevo método para evaluar la calidad del agua comprobando así la reducción de los sedimentos ajustándose a los mismos parámetros de calidad que ofrece el proceso actual.

Capítulo II

2 Marco Teórico

2.1 Antecedentes Investigativos.

Las emergencias producto de los desastres naturales o por la acción humana, pueden darse en cualquier momento, esto sin duda alguna generará un gran impacto que cambie la situación de vida de muchas personas, un caso así fue el del fenómeno del niño en 1997-1998 en Ecuador, las condiciones iniciales de vida reflejaban una población en su mayoría agrícola, esto tanto en regiones costa y sierra que eran las de mayor movimiento. Los cantones como Daule, Santa Lucía, Salitre, Nobol, entre otros, se dedican netamente a la cosecha de arroz, lo que hace que su producto sea movido a todas las zonas del país, por su lado los vegetales son propios de las provincias de la región Sierra y estos al igual que el arroz, recorren todo el país y satisfacen la necesidad de canasta básica y ayuda a que el PIB se mantenga estable, logrando flujos económicos positivos para el país, ya que genera un movimiento económico y esto contribuye a mejorar los indicadores de desarrollo. Pero las fuertes lluvias que cayeron sobre todo el país por más de 6 meses generaron un caos económico, por todas las inundaciones que

causaron, aproximadamente el 90% de los cultivos se perdieron y existieron decenas de familias desplazadas de su lugar de vivienda.

Miles de albergues temporales se habilitaron para poder darle un sistema medio competente de protección a las familias desplazadas producto de este fenómeno, pero la carencia de los servicios vitales básicos fueron los que más se hicieron sentir durante este desplazamiento de familias afectadas y damnificadas, quizás la mala planificación para atender emergencias de esa época hizo que las necesidades de salud, y saneamiento ambiental, sean malas, ya que como evento adverso posterior a los intensos meses de lluvias, estas poblaciones tuvieron que sufrir con distintas clases de enfermedades propias de la estación invernal y otras gastrointestinales, producto del poco saneamiento de algunos albergues. Para ese entonces el acceso al agua no era visto como un derecho o como parte vital del desarrollo de las comunidades, lo cual no lo hacía ver como una prioridad, si bien es cierto, a estas poblaciones desplazadas y damnificadas por las inundaciones se las dotaba de agua, esta no llegaba a tiempo, por lo que las personas tenían que recurrir a beber agua no potable, y como no existía la necesidad del saneamiento ambiental, se generaron afectaciones no solo del tipo gastrointestinal, sino también de malaria, como dengue y paludismo por la proliferación de criadero de mosquitos.

El acceso al agua ha sido siempre una variante que preocupa a los líderes mundiales y las poblaciones en general, ya que si bien es cierto 3 de las 4 partes de nuestro planeta es agua, de esta el 97.5% de toda el agua está en océanos y mares, y es salada y no es posible consumirla, mientras que el 2.5% del agua dulce se encuentra en glaciales, ríos y lagunas, es así como lo identifica el portal digital mexicano de la junta del agua potable y alcantarillado de Mazatlán (Junta del Agua Potable y Alcantarillado de Mazatlan, 2019).

El agua no es más que el componente básico más necesario del planeta, y dicho componente suele escasear en momentos de emergencias y desastres, ya anteriormente se había expuesto una situación como lo fue el fenómeno del niño de 1997-1998, cuya afectación fue muy grande y dejó en evidencia un sinnúmero de carencias entre las cuales destacaba el acceso al agua, pero el país ha sufrido otros eventos naturales que ha dejado en evidencia los retrasos en la entrega de este producto.

2.2 Marco Referencial Teórico

2.2.1 Marco Referencial

Según la ONU, el agua es el centro de desarrollo de todas las civilizaciones, es fundamental y vital para la evolución y sostenibilidad de las poblaciones en todo el mundo (Organización de las Naciones Unidas, 2019), Según el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), alrededor de 2200 millones de personas a nivel mundial carecen de acceso seguro al agua, esto como una de las carencias más visibles de la década. Al referirnos a dificultades para un acceso seguro al agua, hablamos de que existen personas donde:

1. Su fuente de acceso al agua está más allá de los 500 metros, en muchos casos deben desplazarse por horas para conseguir el líquido vital.
2. Las fuentes de agua no poseen ningún tipo de sistema de filtración o purificación, por lo que el agua que se consume está sin potabilizar.
3. La cantidad de agua que deben transportar al día limita sus acciones de participación en otras actividades, ya sean estas, de tipo educativo o de recreación.
4. La cantidad de agua trasladada no llega a la cantidad mínima de consumo por persona, por lo tanto, se emplea menos líquido vital en las actividades que se creen menos importantes, como para aseo personal, limpieza de letrinas y lavado de

frutas, en su gran mayoría, el agua que trasladan es usada para preparación de alimentos y para beberla.

5. El poco acceso al agua limita la dotación de servicios básicos necesarios para la protección/atención de las personas. (UNICEF, 2020)
6. El poco acceso a Agua segura limita las acciones de saneamiento ambiental

En julio del 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas, aprobó conocer como un derecho humano el acceso seguro al Agua y el Saneamiento Ambiental, esto como punto de presión para que otros países se sumen al esfuerzo por fortalecer el desarrollo de las comunidades a través de un acceso óptimo a las fuentes hídricas.

2.2.2 Marco Legal

La ley orgánica de recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua (ley de Ecuador), establece que la privatización del agua está prohibida, por su importancia para el desarrollo de la vida, la economía y el ambiente, por tales razones el acceso al agua es un derecho como tal (Ministerio del Ambiente, 2019), dentro de Ecuador, esta ley regula de cierta manera que las fuentes hídricas no se privaticen e impidan así que las comunidades y las personas puedan acceder a dichos recursos en momentos de paz y total normalidad, esta ley defiende y busca un acceso seguro al agua, tal y como lo promueve las Naciones Unidas, a través de los objetivo de desarrollo sostenible (ODS) número 6, en sus metas 6.1 y 6.4:

- De aquí a 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos.
- 6.4 De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.

La resolución 64/292 de la Asamblea general de las Naciones Unidas, celebrada el 28 de julio del 2010, reconoció el acceso al agua como un derecho humano (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas, 2010), con este documento mundial, miles de países se sumaron a la lucha por brindar un mejor saneamiento ambiental y un acceso más oportuno al agua, para esa fecha la ONU afirmaba que cerca de 884 millones de personas en todo el mundo, carecen de acceso seguro al agua, convirtiendo la necesidad del acceso al agua, en una prioridad para todos los países, no solo en tiempos de normalidad, sino también en momentos de desastres.

2.2.3 *El Acceso al Agua – Marco Referencial.*

El acceso a agua segura es un tema que mucho tiene que ver con el desarrollo poblacional, desde la antigüedad, las civilizaciones se dieron cuenta de que al dejar de ser nómadas y asentarse en las riberas de lagos y ríos, tenían más posibilidades de sembrar más frutos y de trabajar más para sus cosechas, el agua les daba un plus que otras civilizaciones no tenían, esto con el tiempo creó diferencias entre civilizaciones, quienes tenían acceso al agua, tenían más posibilidades de sobrevivir a distintos eventos como:

- Sequías
- Plagas
- Mejor producción de alimentos
- Económicamente más estables
- Sufrían menos de enfermedades

Las limitaciones para acceder a agua segura suelen ser muchas en la actualidad, dichas necesidades se evidencian más en países en proceso de desarrollo. Ecuador es uno de esos países en proceso de desarrollo, donde el acceso al agua se ve limitado por diversos factores, pese a la civilización y a la modernización que avanza sin límites, el

acceso a fuentes hídricas para algunas personas aún es una ilusión para muchas poblaciones, ya que no cuentan con sistemas de agua potable o distribución a través de tanqueros, un caso muy particular es la comunidad las cabuyas en la provincia del Guayas, esta comunidad está a más de 11 km de la cabecera cantonal de Santa Lucía, lo cual la hace aislada para el resto de la ciudad, esta distancia la hace carecer constantemente de agua, ya que no tiene ríos o esteros con los cuales abastecerse de este recurso, una pequeña laguna, es toda el agua que pueden recolectar en momentos de invierno, para ser usada para sus animales en verano. Así como esta comunidad, existen muchas más las cuales no poseen acceso a fuentes hídricas, es ahí cuando la situación tiende a empeorar en momentos de desastres naturales, ya que, al ser estas golpeadas por un fenómeno natural, sus limitaciones como el abastecimiento de agua segura, se verán aún más imposibilitadas, impidiendo de esta manera que muchos accedan a la cantidad de agua requerida por día.

El acceso a servicios básicos durante las emergencias siempre se verá interrumpida, pero el tiempo que tome restablecerlos es lo que marca la diferencia de la atención a la emergencia, un ejemplo clave es lo que ocurrió en el 2010 en Puerto Príncipe – Haití, donde un fuerte movimiento sísmico sacudió esta poblada ciudad. Desde antes del sismo, las condiciones de vida en esta ciudad ya tenían falencias, por lo que posterior al evento sísmico, la ausencia de servicios básicos no se restableció de manera oportuna, tanto así que el agua potable fue la que más tardó, como el agua es vital para el saneamiento ambiental, pocos meses después, el país tuvo un brote de cólera, que cobró la vida de muchos habitantes. Hoy en día, gran parte de esta ciudad aún carece del restablecimiento de servicios básicos, por lo que no tiene un sistema de acceso seguro al agua, esto ha provocado que parte de esta ciudad, aún no supere el momento de emergencia del sismo.

2.3 Programación del personal – Equipos Nacionales de Intervención (ENI)

Dentro de la Cruz Roja Ecuatoriana, así como dentro de las demás instituciones de ayuda humanitaria, existen diferentes equipos de respuestas, para la Cruz Roja, los ENI, son el equipo de respuesta nacional más equipado y preparado que poseen. Los ENI WASH, (Equipo Nacional de Intervención de Agua y Saneamiento), son los encargados de activarse cuando ocurre una emergencia de grandes magnitudes, tal como lo hemos expuesto anteriormente, estos equipos compuestos por personal voluntario son los encargados de hacer cumplir las directrices que se toman meses atrás en las reuniones de coordinación del Clúster WASH o en las reuniones de trabajo de las mesas técnicas del COE.

Cuando una emergencia toma lugar, Cruz Roja, hace una convocatoria abierta a su personal en todo el país, acorde a las necesidades que se den, obviamente el equipo de agua y saneamiento no es prioridad en las primeras 8 horas, así que se convoca a otro tipo de personal, como; rescatistas, paramédicos, coordinadores de campo, enfermeros etc., pasada las iniciales 72 horas de la emergencia inicial, se convocan más equipos, y estos a su vez elevan la necesidad de más equipos, y es ahí donde es activado el personal de los ENI Wash, casualmente su intervención en las zonas de afectación suele ser la más larga y no se retiran del terreno afectado hasta posterior a la etapa de reconstrucción, y eso puede llevar años. En muchos casos, la movilización de estos equipos obedece a la complejidad de la emergencia.

2.3.1 Activación y movilización de equipos ENI WASH

Una vez que la declaratoria de emergencia ha sido dada, y los primeros equipos han llegado al lugar de la emergencia, la elevación de las necesidades hace que más equipos técnicos sean necesarios para atender la emergencia, esto conforme a los servicios básicos

que se pudieran haber interrumpido durante la emergencia. El proceso de movilización de este quipo se lo contabilizará por días:

En el día 1: se realiza la convocatoria de carácter urgente y esta es enviada a todas las juntas provinciales del país, en total a las 24 juntas por las 24 provincias del Ecuador, dentro de la convocatoria se piden requisitos básicos para ser considerado en la movilización, como por ejemplo: estar activos dentro de las actividades de la junta provincial, haber sido aprobado en el curso de formación ENI WASH, tener disponibilidad de tiempo para viajar por al menos 2 semanas, entre otros requisitos de salud y estado físico, como muchas personas tienen trabajos particulares, se da un tiempo prudencial para postularse y presentarse en una ciudad designada por el coordinador nacional del equipo, las convocatorias en su mayoría suelen tener máximo 3 días de espera para conocer a los seleccionados.

En el día 2: se realizan las primeras actividades administrativas, eso en el tiempo que se espera que las personas con disponibilidad se postulen. Las actividades administrativas son llevadas a cargo por el coordinador nacional del equipo, en conjunto con algunos voluntarios y estas actividades comprenden algunos aspectos como: la solicitud de fondos para las primeras 2 semanas de emergencia, y la reunión de coordinación con los coordinadores de programas para verificar las zonas de afectación y el contexto inicial de la emergencia, todo esto servirá para retroalimentar al resto del equipo una vez que sea seleccionados los postulantes más adecuados para la emergencia.

En los días 3 y 4: se hace la difusión de las personas seleccionadas y se les da los T.d.R (Términos de Referencia). A todos por lo general se les piden que se congreguen en la sede Nacional de la Cruz Roja en Quito en el día 4 de la emergencia, una vez llegue el equipo se realizara una reunión de conocimientos previos para dar a conocer la complejidad de la emergencia, posterior a ello los equipos deben ser sacados de las

diferentes bodegas con los vehículos y camiones asignados para esta respuesta, y así se movilizan hasta el lugar de la emergencia.

En el día 5: ya en este día, el equipo nacional de agua y saneamiento de la cruz roja (ENI WAHS), han llegado al lugar de la emergencia y se empieza con el levantamiento del campamento donde se mantendrán las reuniones del personal, el personal dormirá, y se realizaran la potabilización del agua a entregar, por lo general los campamentos se suelen implementar cerca de fuentes de agua aptas para el tratamiento. En este día sin importar la hora de llegada, el equipo realizará las primeras interacciones con la fuente de captación de agua, estas fuentes de captación pueden ser, pozos comunitarios, lagos, esteros o lagunas, siempre y cuando cumplan con las características necesarias para ser consideradas como fuentes de captación, las siguientes 2 consideraciones son las básicas para que sean consideradas fuentes de captación de agua:

- El agua debe estar en libre de contaminación (basura, animales muertos, heces fecales etc.).
- Su nivel de turbiedad debe ser menor a 5 en su visualización con el turbidímetro.

Si estos 2 requisitos básicos se cumplen se puede iniciar con el proceso para la potabilización de agua (existen otras características tratables que son necesarias, pero al ser tratables, no son requisitos base para el tratamiento de agua).

Son necesarios 5 días como mínimo para movilizar a este equipo de intervención, pero hay que considerar que fuera de estos 5 días, la emergencia ya tiene varios días de transcurso, es decir, cuando un evento toma lugar, y se desplazan personal de ayuda, un segundo personal llamado evaluador de daños desplaza al lugar, conforme la emergencia evolucione, los evaluadores de daños van requiriendo más personal para poder activarlo, puede que el equipo WASH sea requerido 2 semanas después del inicio de la emergencia, o un mes después, y todo esto porque las condiciones aún no evolucionaban como para

que sean requeridos más equipos, ahora, no siempre se movilizan equipos WASH a las emergencias, lo que si es cierto es que cuando estos se movilizan se requieren de una gran variedad de recursos para poder establecer la ayuda que deben dar, la cual inicia por la distribución de agua segura.

Capítulo III

3 Marco Metodológico

3.1 Nombre del Dispositivo

Pila de Filtración de sedimentos.

3.2 Funcionamiento Básico

La función principal de este dispositivo es filtrar el agua a través de un proceso repetitivo de flujo de adsorción y expulsión de agua filtrado por dos cámaras, con dos filtros, uno de sedimentos y otro de carbón, dejando así el agua lista para continuar con el proceso de purificación para su distribución. Dentro del proceso general del tratamiento de agua para ser distribuida a las poblaciones afectadas durante una emergencia o desastre, este dispositivo tiene la función principal de acelerar el proceso de días, a tan solo horas, y así mejorar el tiempo de respuesta de los equipos de agua y saneamiento de las distintas instituciones de ayuda humanitaria.

3.3 Proceso actual para la purificación de agua

El proceso actual está compuesto por 4 métodos claves que son:

- Captación
- Eliminación de sedimentos
- Purificación
- Distribución

Estos procesos a su vez tienen subprocesos los cuales se detallan a continuación:

3.3.1 Captación:

La captación es el proceso inicial donde todo comienza, es importante e imprescindible que este proceso se lo realice con severidad, ya que se deben cumplir ciertos parámetros para garantizar que la fuente sea viable para la potabilización del agua, los subprocesos son:

- a) Análisis de la fuente hídrica.
- b) Revisión de la procedencia de la fuente.
- c) Análisis de niveles de turbiedad.
- d) Análisis de niveles de cloro y PH.
- e) Extracción y almacenamiento del agua (5000 l. en un blader).

3.3.2 Eliminación de Sedimentos:

En este proceso se realizan las modificaciones a la composición natural del agua, para poder dejarla cristalina y así pueda seguir al siguiente proceso, los subprocesos son:

- a) Preparación de solución madre (sulfato de aluminio granulado).
- b) Preparación de 10 muestras de solución madre.
- c) Análisis de muestra más viable.
- d) Preparación de la muestra más viable en comparación con los litros de captación. (5000 litros como mínimo).
- e) Mezclado de muestra más viable en el blader de agua.
- f) Revisión de asentamiento de sedimentos.

3.3.3 Purificación:

El proceso de purificación es el segundo más importante, ya que de aquí saldrán los niveles base para que el agua sea apta para el consumo humano, este proceso es imprescindible por muy cristalina que se vea el agua, los subprocesos son:

- a) Revisión de cloro residual y niveles de PH.
- b) Cálculo de mezclado de cloro final.
- c) Extracción y paso por el filtro de floculación
- d) Extracción y paso por el filtro de arena
- e) Extracción y paso por el filtro de carbón
- f) Extracción y paso por el sistema de mezclado con cloro
- g) Depósito en el blader de almacenamiento final.
- h) Revisión de cloro y PH, para confirmación de niveles óptimos para la distribución.

3.3.4 Distribución:

Este es el proceso final, es donde se entrega el agua a las, o la población afectada.

- a) Traslado del blader hasta la, o las zonas de afectación
- b) Instalación de la rampa de distribución
- c) Dotación de agua y revisión constante de parámetros.

3.4 Comparación de Tiempos de procesamiento

La variabilidad de los tiempos muestra lo siguiente. El 70% del tiempo de procesamiento del agua, se ve congestionado por la eliminación de sedimentos, lo que en la tabla de descripción que veremos más adelante tiene un tiempo de 2 días con 4 horas, y eso se debe fundamentalmente a los procesos químicos que se deben realizar con el agua que tiene sedimentos aceptables para su tratamiento. El proceso se vería mucho más alargado si el nivel de turbiedad del agua fuera mucho más alto, como por ejemplo podríamos decir que tratar de potabilizar el agua del río guayas será mucho más complicado y costoso que tratar de potabilizar el agua de un pozo de la comunidad luz de América en Santo Domingo.

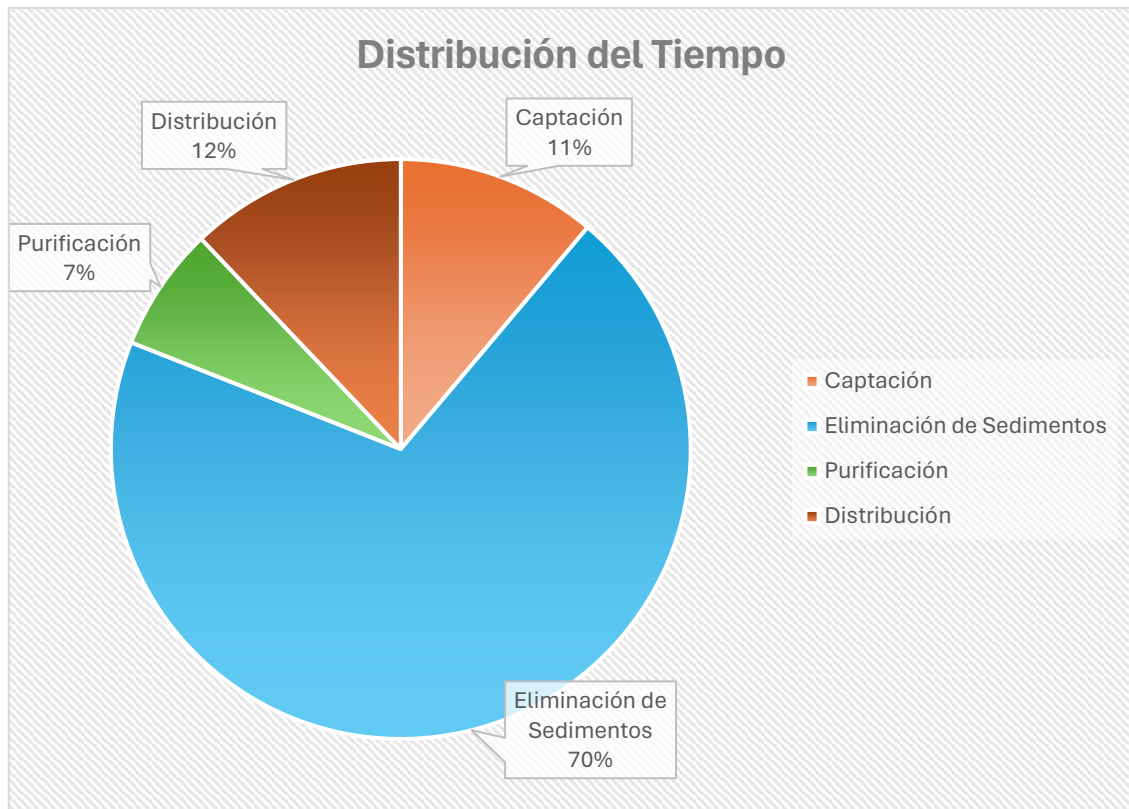


Ilustración 4 Indicador de Tiempo de Proceso

La tabla a continuación describe los tiempos empleados en cada proceso y subproceso, un total de 74 horas con 45 minutos (3 días con 2 horas y 45 minutos), es empleado para el proceso de purificación, siendo el proceso de eliminación de sedimentos el que ocupa el 70% del tiempo empleado en la purificación de agua.

Tabla 1 Tiempo de Proceso Actual

Proceso	Subprocesos	Tiempo	Total de Tiempo
Captación	Análisis de la fuente hídrica.	2 horas	8h30m
	Revisión de la procedencia de la fuente.	1 hora	
	Análisis de los niveles de turbiedad.	15 min	
	Análisis de niveles de cloro y PH.	15 min	
	Extracción y almacenamiento del agua	5 horas	
Eliminación de Sedimentos	Preparación de solución madre	2 horas	2d4h
	Preparación de 10 muestras de solución madre.	24 horas	
	Análisis de muestra más viable.	1 hora	
	Preparación de la muestra más viable en comparación con los litros de captación.	30 min	
	Mezclado de muestra más viable en el blader de agua.	30 min	
	Revisión de asentamiento de sedimentos	24 horas	
Purificación	Revisión de cloro residual y niveles de PH.	30 min	5h15m
	Cálculo de mezclado de cloro final.	30 min	
	Extracción y paso por el filtro de floculación	4 horas	

	Extracción y paso por el filtro de arena		
	Extracción y paso por el filtro de carbón		
	Extracción y paso por el sistema de mezclado con cloro		
	Deposito en el blader de almacenamiento final.		
	Revisión de cloro y PH	15 min	
Distribución	Traslado del blader hasta la o las zonas de afectación	4 horas	9h
	Instalación de la rampa de distribución	2 horas	
	Dotación de agua y revisión	3 horas	

3.5 Descripción del Dispositivo de filtración

El resultado esperado una vez en uso el dispositivo de filtración de agua será que, el proceso “B” de “Eliminación de Sedimentos” se modifique, con esto reducir el tiempo en el procesamiento de agua potabilizada. Con esta modificación el proceso “B”, deberá quedar de la siguiente forma:

3.5.1 Eliminación de Sedimentos:

En este proceso entraría en funcionamiento el dispositivo de filtración de manera directa, dejando los subprocesos de la siguiente forma:

- a) Revisión de la conexión del dispositivo
- b) Activación e inicio del trabajo.
- c) Análisis de nivel de turbiedad.

3.6 Diagrama Interno del funcionamiento del dispositivo.

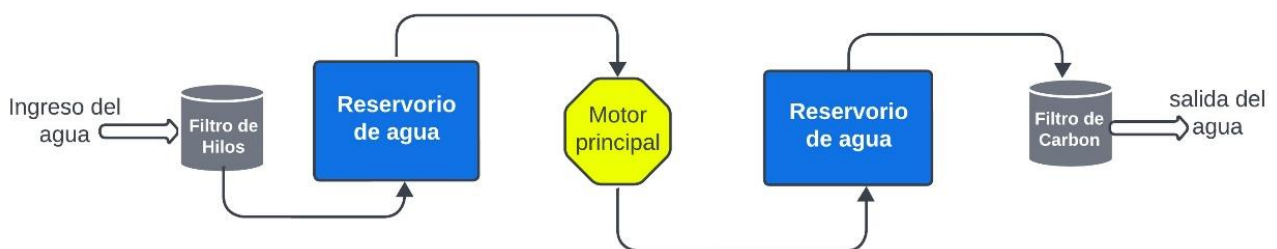


Ilustración 5 Diagrama de funcionamiento del Dispositivo

3.7 Datos Técnicos del Dispositivo

Tabla 2 Datos Técnicos del Dispositivo

Datos Técnicos del Dispositivo		
Largo	38,5	cm
Diámetro	13	cm
Cantidad de reservorios	2	

Datos Técnicos de los Filtros		
Largo del Reservorio	10	cm
Diámetro del Reservorio	12,6	cm
Cantidad de Almacenamiento	260,26	ml
Caudal de Entrada	2,54	cm
Caudal de salida	2,54	cm
Largos de los filtros	9,4	cm
Diámetro de los filtros	6	cm
Retención	5	Micras
Tipo de filtro de sedimentos	Plegado	Poliuretano

Características de la Bomba		
Velocidad Máxima de aspiración	1	m/s
Velocidad Máxima de expulsión	1	m/s
Potencia del Motor	11,145	W
Voltaje de trabajo	110	V
Tipo de bomba	Centrifuga	
Carga Hidrostática	0	
Tipo de Impulsor	Cerrado	
Frecuencia	60	Hz

3.8 Descripción de los componentes y Funcionamiento

Como ya habíamos indicado anteriormente, este dispositivo funcionará con un proceso repetitivo, es decir que por la parte superior ingresará agua y por la parte posterior saldrá agua filtrada, esto lo realizará una y otra vez hasta que el agua esté completamente limpia de sedimentos. Para ello el dispositivo se colocará en el blader de 5 mil litros y después de 27 horas con 40 minutos (según simulaciones), el proceso de eliminación de sedimentos estará terminado. La pila de filtración contará con las siguientes partes:

- a) Reservorio primario
- b) Filtro de sedimentos
- c) Motor de bombeo centrífugo de tipo cerrado
- d) Filtro de carbón
- e) Reservorio secundario

Cabe destacar que los reservorios primarios y secundarios con los filtros están unidos respectivamente, es decir que están dentro los filtros de los reservorios, de esta manera se optimizó espacio y se logró que el dispositivo no sea tan grande ni difícil de transportar por su tamaño compacto de 38,5cm.

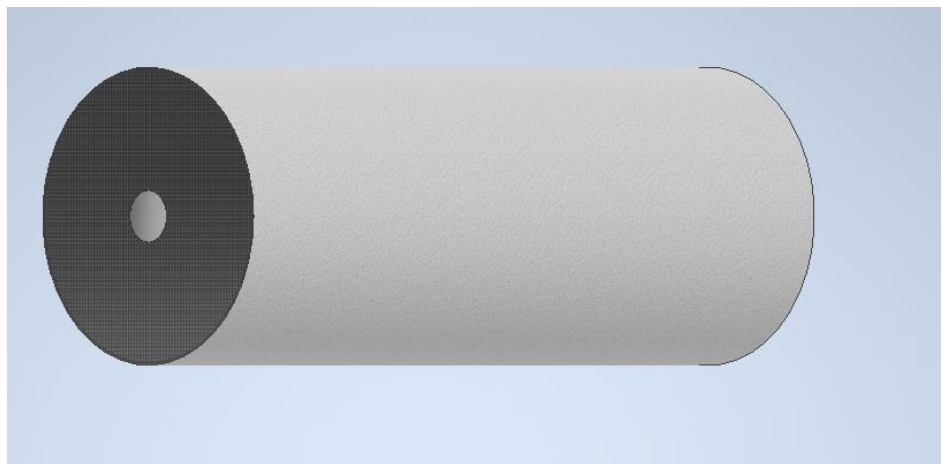


Ilustración 6 Diseño del Dispositivo General

Los reservorios serán los encargados de recibir el agua una vez que pasen por los filtros, en la imagen a continuación, podremos observar que, en medio de reservorio existe un agujero, este servirá para intercambiar los filtros y de esa manera poder reemplazarlos cuando estos estén saturados.

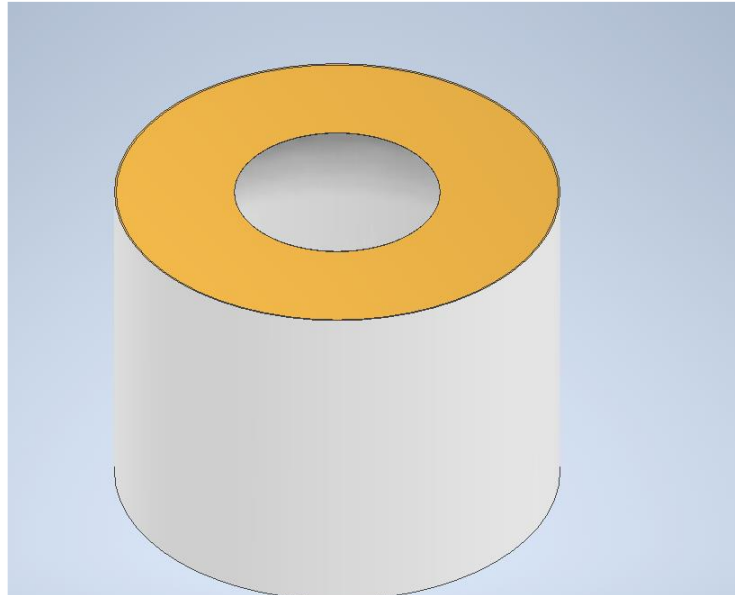


Ilustración 7 Reservorio Principal

Los filtros serán la parte vital de todo el dispositivo, sin ellos no tendrían causa de funcionamiento, es por ello por lo que el principal siempre será el de sedimentos, este es vital para darle cristalinidad al agua, para que de esta manera pueda continuar su proceso final y ser distribuida.

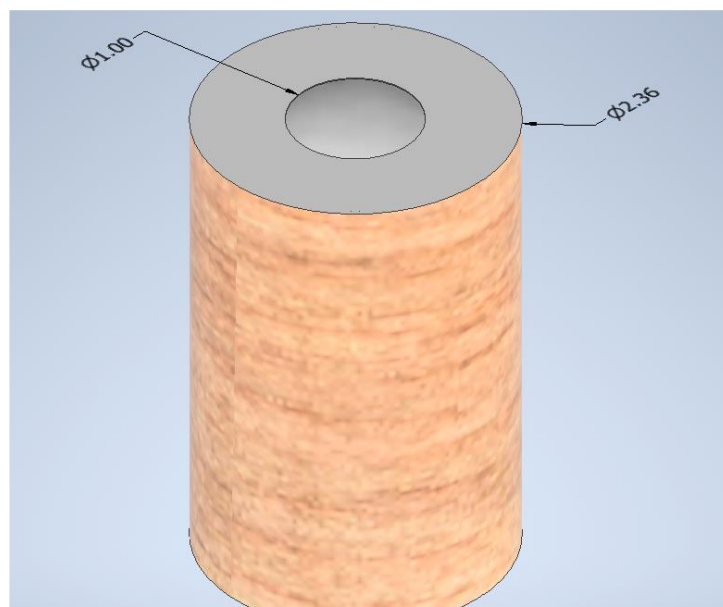


Ilustración 8 Filtro de Sedimentos

Capítulo IV

4 RESULTADOS

4.1 Resultados Generales

Las simulaciones realizadas en los diversos simuladores como Ecosimpro y Python, demuestran que la Pila de Filtración de sedimentos, es capaz de reducir el tiempo en el proceso de eliminación de sedimentos, para lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Para un procesamiento de 5000 litros de agua, se requieren en total 27 horas y 40 minutos, lo que equivale a 1 día con 3 horas, en comparación con el tiempo del proceso actual de 52 horas 40 minutos, se podría obtener una reducción del 52.7% en este proceso, lo que disminuiría drásticamente el tiempo de procesamiento de agua y de manera indirecta afectaría los otros procesos y subprocesos, ya que no sería necesario verificar la turbiedad del agua para establecer la captación, esto sin duda agilizará enormemente la ayuda humanitaria y con ello no será necesario descartar algunas fuentes de captación por el simple hecho de que su análisis de turbiedad es más alto de lo que se puede procesar, esto se debe fundamental mente que al trabajar con un sistema de bombeo y con un sistema de filtración, la sedimentación no será un factor que califique si es posible o no usar dicha agua, los filtros serán intercambiables lo que garantiza que el

dispositivo pueda ser usado de manera constante en cualquier lugar, a continuación se revelarán los datos obtenidos de las simulaciones realizadas.

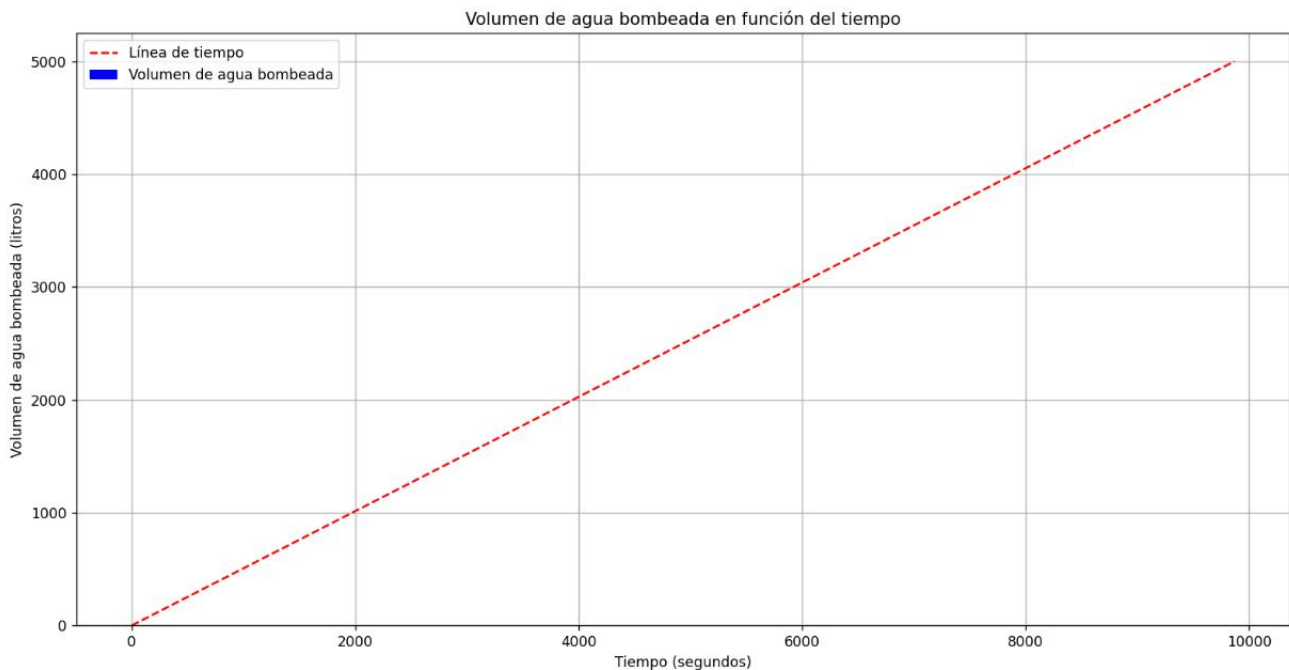


Ilustración 9 Grafica Simulación de Agua Bombeada

Esta primera gráfica nos muestra la relación de agua bombeada en relación con los litros por segundos, dado que para generar esta simulación el análisis de masa del planteamiento inicial se ingresaron los parámetros designados en los datos técnicos del dispositivo, lo que nos ayudó a concluir el tiempo que se tardaría en procesar 5mil litros de agua, esto con una velocidad de aspiración de 1m/s, con una potencia de 11.145W. El tiempo en la filtración de agua y su rendimiento energético es un factor que se considera, ya que se podría aumentar la velocidad de aspiración y expulsión, pero esto elevaría tanto el calor del dispositivo como la fricción con las partículas sedimentadas y demás restos que se pudieran encontrar en el agua sucia. Diversos fabricantes de equipos de bombeo recomendaban que la velocidad de aspiración no podría ser mayor a 3.5m/s ya que, esto comprometería la integridad de los filtros y podría destruirlos, y a su vez no podría ser inferior a 0.6m/s ya que, esta baja velocidad interferiría con el

proceso de filtración provocando que se acumulen muchos sedimentos en el interior del filtro, saturándolo y comprometiendo el proceso de filtración.

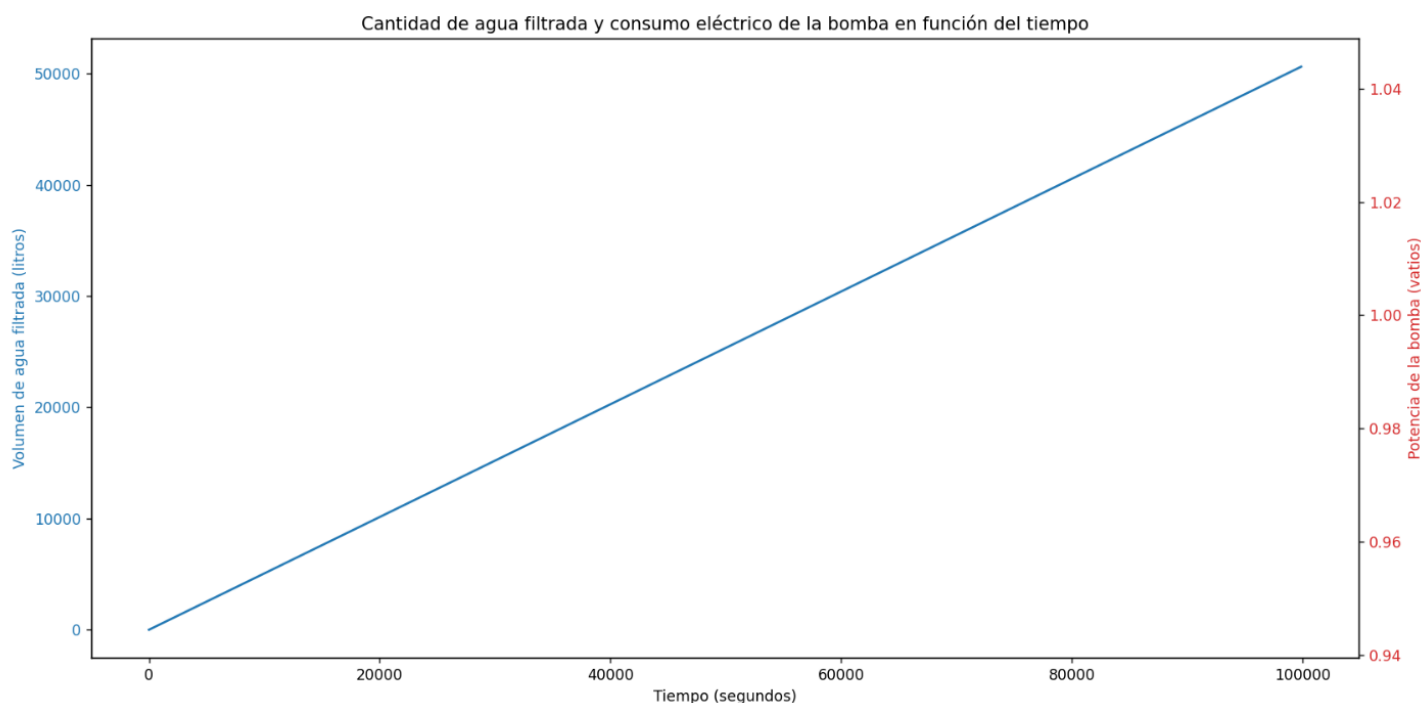


Ilustración 10 Cantidad de Agua Filtrada y Consumo de Energía

El rendimiento energético es otro de los resultados que podremos comparar como esencial, ya que en momentos de emergencia la energía eléctrica juega un papel muy importante, si bien es cierto este dispositivo requerirá una conexión de 110v. Para su funcionamiento durante las 27 horas de filtración de los 5mil litros de agua, pero su rendimiento eléctrico es favorable con respecto al periodo de trabajo que realizará, es decir que el consumo eléctrico no será un factor que afecte su funcionamiento, ya que la variación que este presenta con respecto al tiempo es mínima. Las bombas normales de agua trabajan bajo una dependencia de 110 y 220v. Más aún para la cantidad de agua que manejamos en este ejercicio, si tenemos en cuenta que la velocidad de aspiración es casi equivalente a la velocidad de trabajo de una bomba en condiciones normales, estaríamos hablando de que la bomba de este dispositivo está aprovechando de

manera correcta la eficiencia energética. Esto permite que el trabajo realizado sea igual de importante que una bomba en condiciones normales.

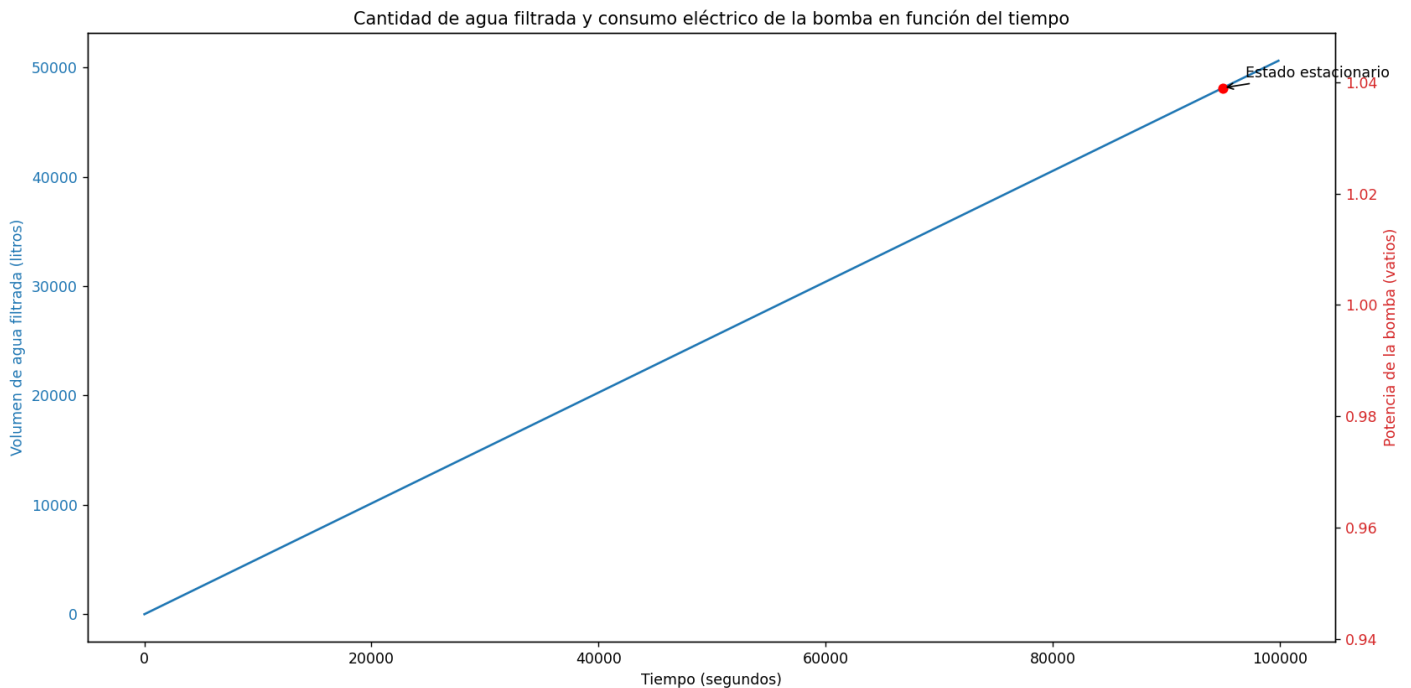


Ilustración 11 Gráfica de Estado Estacionario

Las gráficas no muestran resultados variables, ya que no estamos contando con caudales que podrían variar en relación con el tiempo, es decir que, al ser la fuerza de aceleración constante. Para ello obtendremos el caudal con el que el dispositivo trabajara

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Entonces la ecuación de Bernoulli se reduce.

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 = \frac{P_2}{\rho}$$

Dado que la potencia de la bomba (P) está directamente relacionada con la fuerza (F) y la velocidad (v) por la fórmula $P=Fv$ reorganizamos la ecuación y nos quedará

$$v = \sqrt{\frac{2P}{\rho A}}$$

Donde (A) es el área de la sección transversal de la tubería de aspiración, para ello transformamos la pulgada del diámetro de la tubería a metros:

$$\text{Diámetro} = 1 \text{ pulgda} \times 0.0254 \text{ m/s}$$

$$\text{Diámetro} = 0.0254 \text{ m}$$

Usando la fórmula del área de la sección transversal tenemos:

$$\begin{aligned} A &= \pi \left(\frac{\text{diámetro}}{2} \right)^2 \\ A &= \pi \left(\frac{0.0254}{2} \right)^2 \\ A &\approx \pi \times (0.0127)^2 \\ A &\approx \pi \times 0.00016129 \\ A &\approx 0.00050671 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Ahora reemplazamos en las ecuaciones correspondiente

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{\frac{2 \times 11.145}{1000 \times 0.00050671}} \\ v &\approx \sqrt{\frac{22.29}{0.50671}} \\ v &\approx \sqrt{44.042} \\ v &\approx 6.637 \text{ m/s} \end{aligned}$$

y finalmente obtenemos el resultado del caudal

$$\begin{aligned} Q &= A \times v \\ Q &\approx 0.00050671 \text{ m}^2 \times 6.637 \text{ m/s} \\ Q &\approx 0.003372 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

En la gráfica que se presenta a continuación, podremos observar como el caudal varía conforme a la velocidad de aspiración, esto en caso de que se requiera trabajar con velocidades de aspiración mayores a la programada en nuestro dispositivo, ya que la velocidad de aspiración está dada en los parámetros iniciales y con ello tenemos el tiempo final de procesamiento sobre los 5mil litros de agua.

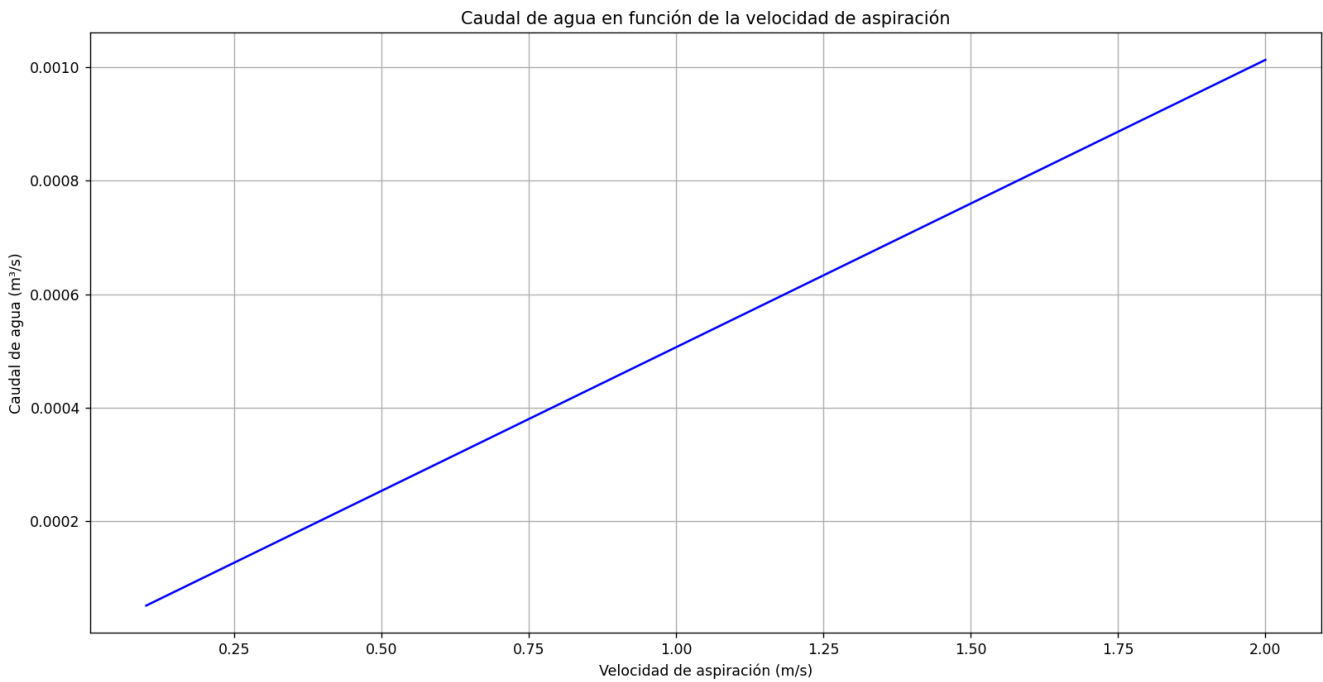


Ilustración 12 Caudal de Agua conforme a la Aspiración

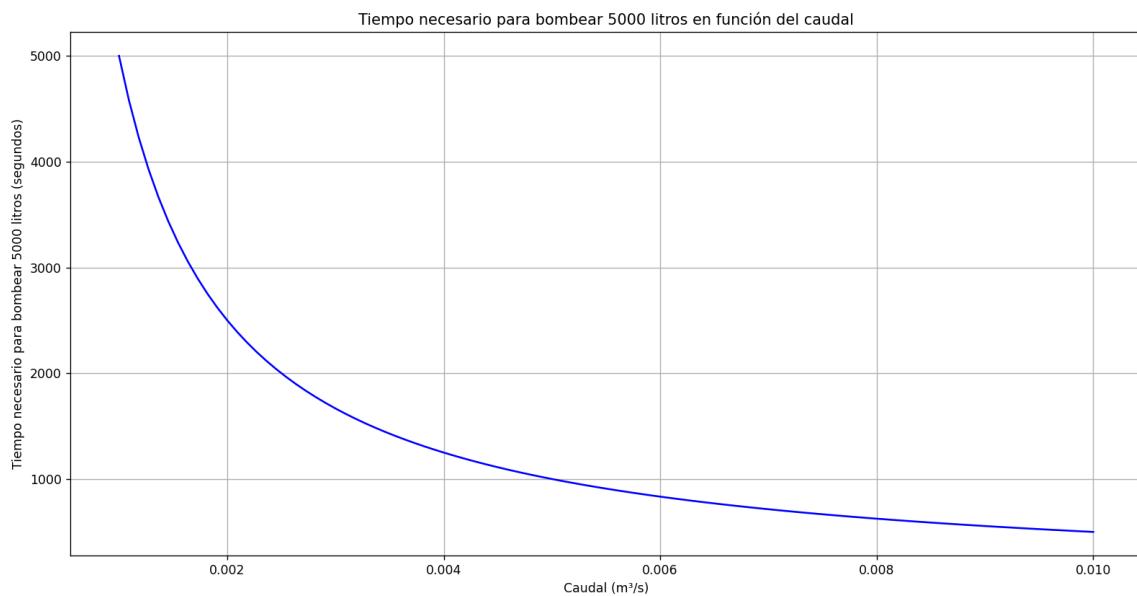


Ilustración 13 Tiempo de Procesamiento

Y para finalizar, en la última gráfica detalla la relación entre el caudal y los litros de agua procesados, con una curva de proceso que muestra exactamente el caudal que se calculó anteriormente.

4.2 Conclusiones

El dispositivo de filtración muestra ser efectivo en el procesamiento de agua para ser distribuida en momentos de emergencia, dado que los resultados obtenidos en las simulaciones muestran una reducción significativa de tiempo dejándolo a 27 horas 40 minutos, una reducción favorable del 52.7%, en el proceso de eliminación de sedimentos.

Al ser la sedimentación un factor que no influya en la calificación de la fuente hídrica, los demás procesos se agilizarán y permitirán que más fuentes sean consideradas para ser tratadas y poder entregarlas en momentos de emergencia, dado que el tiempo es un factor fundamental, el dispositivo modificaría la carga de tiempos de la siguiente manera.

- Se elimina el subproceso de Análisis de turbiedad, lo cual tomaba alrededor de 15 minutos.
- El proceso de eliminación de sedimentos cambia completamente y se resume en tres subprocesos que van desde la activación al análisis final de los niveles de turbiedad.
- Del proceso de purificación se elimina el subproceso de extracción y paso por el filtro de carbón, ya que el dispositivo posee un filtro de carbón que ayudará a eliminar los olores.
- Y se presume que como la turbiedad de la fuente hídrica no será ya un factor que determine si se puede trabajar con cierta clase de agua, se espera que se usen

fuentes hídricas más cercanas a las poblaciones afectadas, reduciendo el tiempo de traslado de agua de 4 horas a 2 horas aproximadamente.

Estos resultados son favorables, ya que nos deja una nueva tabla de tiempos de procesamientos de la siguiente forma:

Tabla 3 Nuevo Proceso Recomendado

Proceso	Subprocesos	Tiempo	Total, de Tiempo
Captación	Análisis de la fuente hídrica.	2 horas	8h15m
	Revisión de la procedencia de la fuente.	1 hora	
	Análisis de niveles de cloro y PH.	15 min	
	Extracción y almacenamiento del agua	5 horas	
Eliminación de Sedimentos	Preparación del dispositivo	30 min	1d4h
	Activación e inicio del trabajo	27 horas	
	Análisis del nivel de turbiedad	15 min	
Purificación	Revisión de cloro residual y niveles de PH.	30 min	3h15m
	Cálculo de mezclado de cloro final.	30 min	
	Extracción y paso por el filtro de floculación	2 horas	
	Extracción y paso por el filtro de arena		
	Extracción y paso por el sistema de mezclado con cloro		
	Deposito en el blader de almacenamiento final.		
	Revisión de cloro y PH	15 min	
Distribución	Traslado del blader hasta la o las zonas de afectación	2 horas	4h30m

	Instalación de la rampa de distribución	2 horas	
	Dotación de agua y revisión	3 horas	

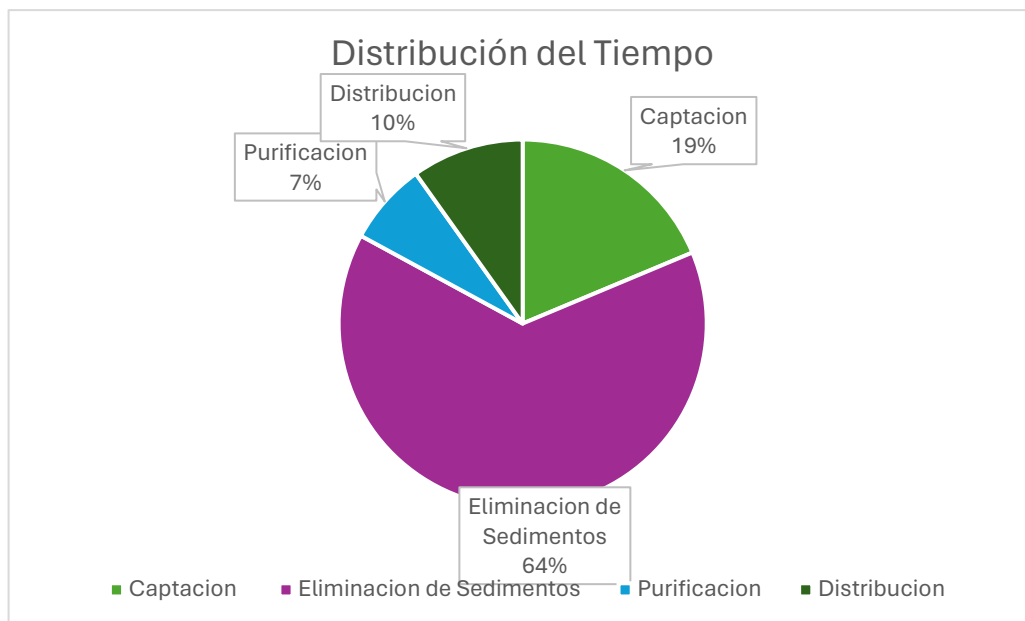


Ilustración 14 Distribución de Tiempo

Es visiblemente notable que aun el proceso de eliminación de sedimentos ocupa gran parte del proceso general de potabilización de agua (64%) pero, en general todos los tiempos se redujeron cuando se descartó la turbiedad como un factor determinante, es entonces de mucha ayuda que el dispositivo entre en funcionamiento para que el proceso ahorre tiempo y la ayuda llegue más rápido a poblaciones afectadas y a más personas.

4.3 Recomendaciones

- a) Este dispositivo ha demostrado que puede ayudar a reducir el tiempo de eliminación de sedimentos del proceso general del tratamiento de agua para su distribución a las poblaciones afectadas durante una emergencia, ya que eficazmente reducirá el tiempo de un total de 74 horas con 45 minutos (3 días, 2 horas y 45 minutos), a 44 horas (1 día con 20 horas), una gran e importante reducción que sin duda alguna, ayudará a reducir el tiempo de respuesta de los equipos mult institucionales de agua y saneamiento.

- b) Se recomienda modelar y construir este dispositivo con la información obtenida en este trabajo de titulación, el cual permita poner en evidencia todo lo descrito anteriormente, logrando así poder ayudar de una manera más eficaz a las personas afectadas en tiempos de emergencia.
- c) Con los parámetros descritos en potencia y succión, el dispositivo podría ser usado no solo para eliminar sedimentos para la purificación de agua, sino también para que filtre el agua producto de un derrame de químico como; petróleos, aceites, y demás químicos que no se mezclan con el agua. ya que su principal función es retener impurezas, con un cambio de filtros podría retener otra clase de partículas como petróleo, o aceites. El principio de funcionamiento sería el mismo, un proceso de repetitivo de aspiración y expulsión por diferentes filtros, de esta manera podría ayudar a controlar derrame de cualquier tipo de sustancias.

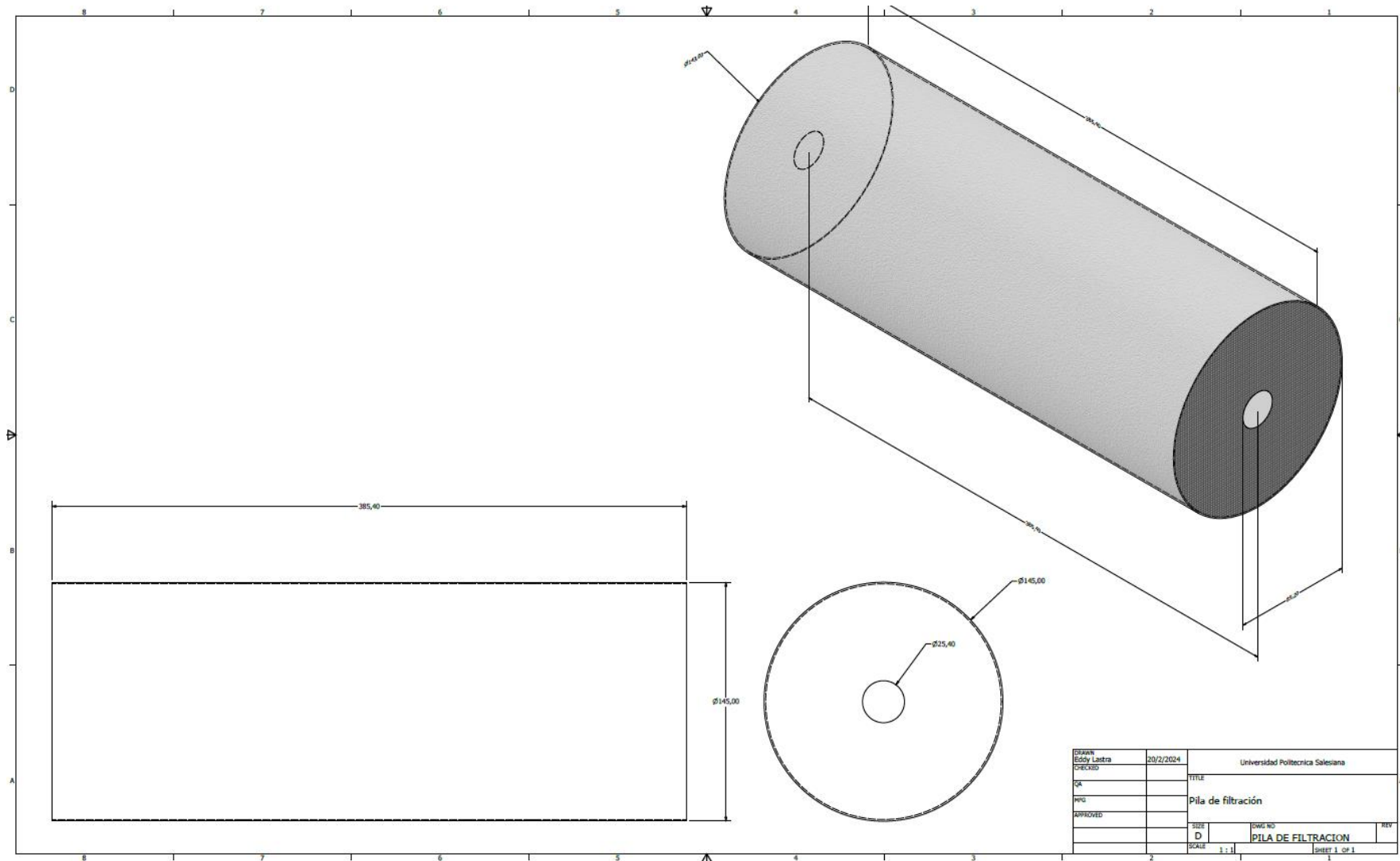
Bibliografía

- ACNUR. (1 de Agosto de 2017). Obtenido de Informe Mundial de las Naciones Unidas Los derechos del Agua y el Saneamiento y la agenda 2030 para el desarrollo sostenible: <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>
- Cluster WASH. (13 de agosto de 2014). *OCHA*. Obtenido de [https://wiki.salahumanitaria.co/wiki/Cluster_de_Agua,_Saneamiento_e_Higiene_\(WASH\)?useskin=18](https://wiki.salahumanitaria.co/wiki/Cluster_de_Agua,_Saneamiento_e_Higiene_(WASH)?useskin=18)
- Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de naciones Unidas. (16 de Octubre de 2010). *Decenio Internacional para la Acción "El Agua Fuente de Vida" 2005-2015*. Obtenido de https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml#:~:text=El%2028%20de%20julio%20de,de%20todos%20los%20derechos%20humanos.
- Junta del Agua Potable y Alcantarillado de Mazatlan. (16 de Septiembre de 2019). *Jumapam*. Obtenido de <http://jumapam.gob.mx/cultura-del-agua/distribucion-de-agua-en-el-planeta/#:~:text=El%2097.5%25%20del%20agua%20en,encuentra%20en%20un%20estado%20s%C3%B3lido.>
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador y OPS. (septiembre de 2001). Obtenido de Universidad de Guayaquil: <https://www.eird.org/estrategias/pdf/spa/doc12863/doc12863-10.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (16 de junio de 2019). *Regulacion Agua*. Obtenido de <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas . (3 de Junio de 2019). *Paz, Dignidad e Igualdad en un Planeta Sano*. Obtenido de <https://www.un.org/es/global-issues/water#:~:text=El%20agua%20est%C3%A1%20en%20el,supervivencia%20de%20los%20seres%20humanos.>
- Paho Haití. (14 de septiembre de 2011). *Informe Mundial Sobre Haití*. Obtenido de <https://www.paho.org/disasters/dmdocuments/HAITI-Fact-Sheets-05-ESP%20Cluster.pdf>
- Programa WASH Ecuador . (febrero de 2019). Obtenido de Unicef: https://www.unicef.org/ecuador/media/3736/file/Ecuador_2019-2022_WASH_Strategy_Note.pdf.pdf
- Unicef . (3 de Marzo de 2019). *Unicef para cada Infancia*. Obtenido de <https://www.unicef.org/ecuador/acceso-agua-saneamiento-e-higiene>

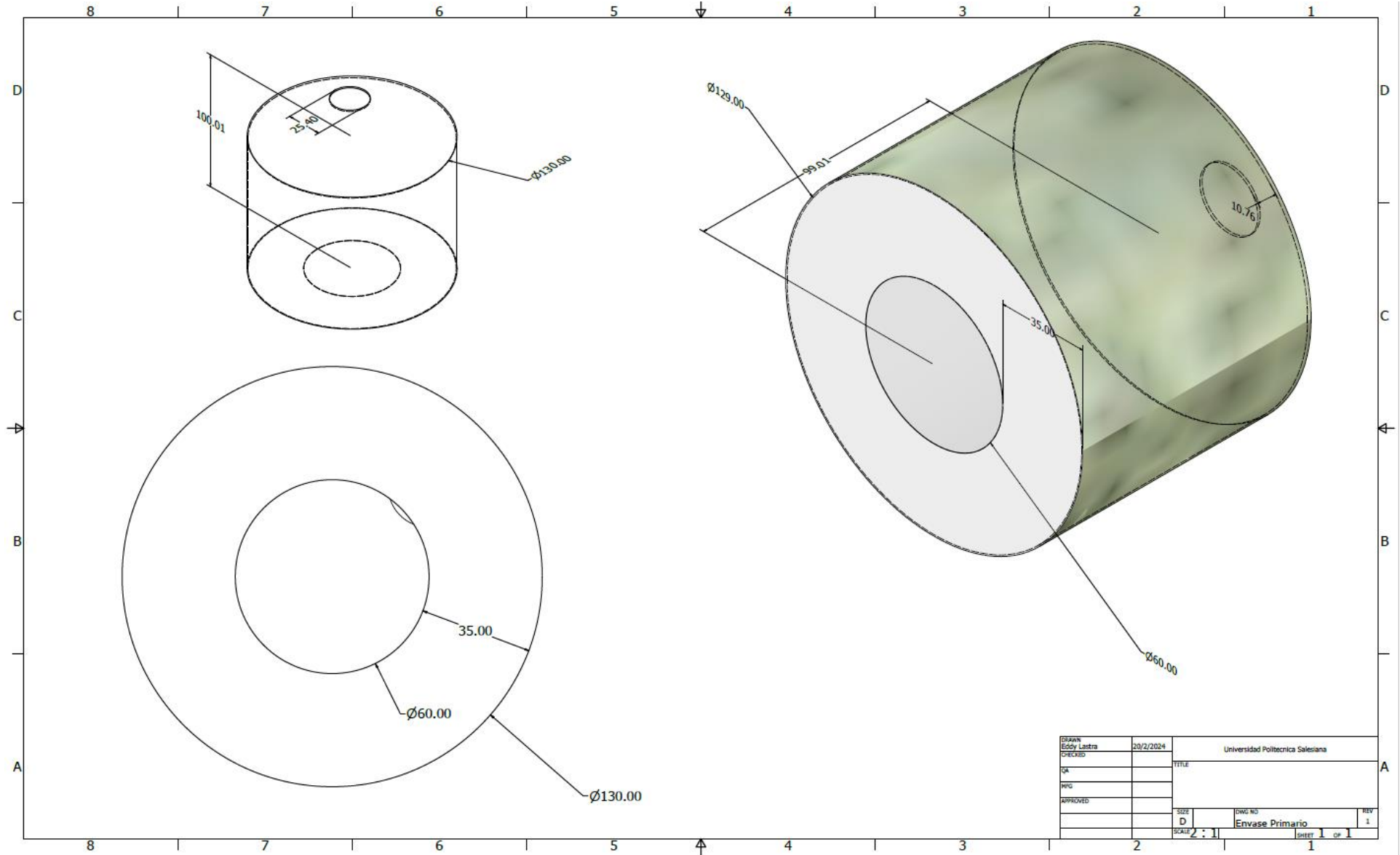
UNICEF. (14 de Diciembre de 2020). *Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news/item/14-12-2020-almost-2-billion-people-depend-on-health-care-facilities-without-basic-water-services-who-unicef>

ANEXOS

4.4 Plano General del Dispositivo



4.5 Pano del Envase Primario



4.6 Plano del Filtro de Sedimentos y de Carbón

