



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza
en América Central



POTABILIZACIÓN DEL AGUA PROVENIENTE DE RESERVORIOS A CIELO ABIERTO UTILIZANDO EL PROTOTIPO MARAQUA



UCA
UNIVERSIDAD
CENTROAMERICANA

CIDEA
Instituto
de Capacitación,
Investigación y
Desarrollo Ambiental

INPRHU
Instituto de Promoción Humana
Somoto, Madriz, Nicaragua

INDICE

I.	Introducción.....	5
II.	Materiales y Costos para la Elaboración del Sistema de Tratamiento de Agua MARAQUA.....	6
III.	Caracterización de la tecnología y metodología utilizada para la construcción del sistema MARAQUA	8
IV.	Sistema de mezclado del prototipo MARAQUA	14
V.	Forma y disposición del envase de mezclado.....	15
VI.	Forma de aplicación y dosificación	16
VII.	Tiempo de mezclado y filtración.....	17
VIII.	Beneficios del filtro para purificación	18
	de aguas de reservorios	

Esta guía se basa en la experiencia desarrollada en el proyecto piloto de investigación “Promover la adopción de Moringa sp como alternativa para mejorar la calidad de vida de los pequeños agricultores en el corredor seco del Norte de Nicaragua.

El proyecto fue financiado por la
Cooperación Suiza en América Central

Autores: Justo Castro-Brenes / CATIE Nicaragua
Juan Leyva-Londoño / UCC Colombia
Raúl Obando-Cornejo / INPRHU Somoto Nicaragua
Elvin Navarrete-Palacios / CATIE Nicaragua

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad del consultor y equipo técnico de proyecto, por lo que no representan necesariamente la opinión de COSUDE y CATIE.

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión del material contenido en este producto para fines educativos y otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente.

I. Introducción

La zona norte del Corredor Seco de Nicaragua es una de las zonas más afectadas por el fenómeno El Niño, además es la zona con mayores índices de pobreza. En los últimos años como consecuencia del aumento de la ocurrencia de eventos El Niño y periodos de sequía, los productores han construido estructuras a cielo abierto para cosechar el agua de lluvia, como una manera de adaptarse a las condiciones de déficit de agua. Esta agua es utilizada principalmente en la actividad ganadera, riego y actividades domésticas. Uno de los principales problemas con el uso de esta agua es la contaminación, que puede causar problemas de salud. Por lo tanto, el tratamiento de agua debe ser una prioridad y de bajo costo en las fincas de productores de este territorio, por lo cual buscar alternativas ecológicas pudiese ser una alternativa para resolver este problema. Considerando la problemática y la misión de CATIE en lograr el bienestar humano sostenible, se inicia la implementación del proyecto MORINGA, el cual es un proyecto de investigación ejecutado por CATIE y financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), cuyo objetivo es la validar el uso de Moringa oleífera en Nicaragua como una alternativa de bajo costo para el tratamiento de agua, a través de la investigación aplicada a nivel local para su difusión a una escala más grande en la adaptación al cambio climático. Por lo antes mencionado se inició la elaboración de un sistema de tratamiento de agua, donde se utilizan semillas de marango reduciendo la turbidez del agua, proveniente de reservorios a cielo abierto, luego pasar el agua por filtros para posterior desinfección y utilizarla en consumo humano. Esta guía instruye el procedimiento para la elaboración del sistema de tratamiento de agua MARAQUA, su uso y manejo con la finalidad de obtener agua para consumo humano.



II. Materiales y Costos para la Elaboración del Sistema de Tratamiento de Agua MARAQUA

Los materiales utilizados para la elaboración del sistema MARAQUA son de bajo costo en su mayoría y de comercialización en el mercado Nicaragüense. Este sistema consta de cinco partes generales, una estructura de madera con engranajes del mismo tipo, una serie de accesorios de PVC, garrafones de agua, paleta de agitación y sistema de filtración.

En el siguiente cuadro (1) se muestran los materiales utilizados y su costo para la elaboración del sistema MARAQUA para la purificación de aguas de reservorios a cielo abierto.

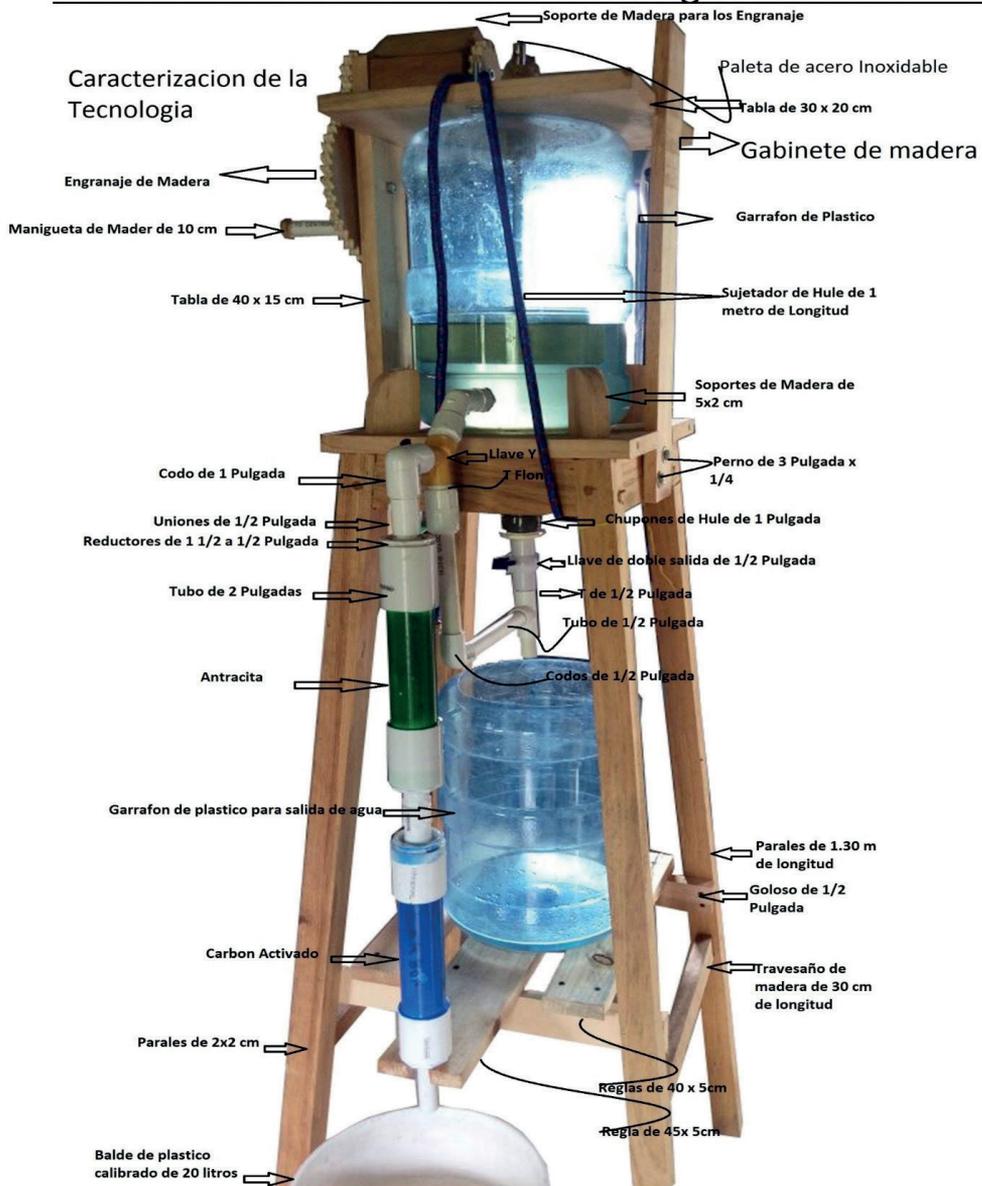
Cuadro 1. Materiales que integran el sistema MARAQUA y sus costos.

Materiales	Cantidad	Costo Unitario(C\$)	Costo Total
Gabinete de madera	1	500,00	550,00
Paleta de acero Inoxidable	1	900,00	900,00
Mano de obra	1	200,00	200,00
Engranaje de madera	4	25,00	100,00
Garrafrones de Plástico de 19 litros	1	150,00	150,00
Balde plástico calibrado de 20 litros	1	80,00	80,00
Antracita	½ lb	300,00	150,00
Carbón Activo	½ lb	400,00	200,00
Sub Total			2.330,00
Accesorios de PVC			
Materiales	Cantidad	Costo Unitario (C\$)	Costo Total
Tubo de ½ pulgada	1 metro	17,00	17,00
Tubo de 1 ½ pulgada	0,5 metro	40,00	20,00
Codo 45° de PVC 1/2 pulgada	1	7,00	7,00
Codo 90° de PVC 1/2 pulgada	1	7,00	7,00
Accesorio T de PVC de ½ pulgada	1	15,00	15,00
Uniones de 1 ½ pulgada	4	16,00	64,00
Reductor de 1 ½ a ½ pulgada	4	20,00	80,00
Tapones de ½ pulgada	4	7,00	28,00
Llave de pase 1/2 pulgada de PVC	1	50,00	50,00
Llave Y de doble salida	1	35,00	35,00
Reductores de 3/4 pulgada a 1/2 pulgada	3	5,00	15,00
Adaptador Hembra de 3/4 pulgada	1	15,00	15,00
Adaptador Macho de 3/4 pulgada	1	15,00	15,00
Codo Combinado de 90° de 3/4 pulgada	1	23,00	23,00
Adaptador Hembra de 1/2 pulgada	2	8,00	16,00
Adaptador Macho de 1/2 pulgada	2	8,00	16,00
Chupón Universal de Hule de ½ pulgada	1	30,00	30,00
Pegamento Blanco	0,5 lata	50,00	25,00
Cinta T Flon	0,5 rollo	10,00	5,00
Perno de 3 pulgadx 1/4 con tuerca y arandela	6	18,00	108,00
Sujetador de Hule	1	45,00	45,00
Goloso de 2 pulgada	8	2,00	16,00
Goloso de 3 pulgada	8	3,00	24,00
Sub Total			676,00
TOTAL (C\$)			3.006,00

III. Caracterización de la tecnología y metodología utilizada para la construcción del sistema MARAQUA

Figura 1. Sistema de tratamiento de agua MARAQUA

Diseño de Filtro de Purificación de Agua de Reservorio



El sistema MARAQUA para el tratamiento de agua proveniente de reservorios a cielo abierto está conformado por una estructura de madera, garrafones de 19 litros, paletas de acero inoxidable y accesorios de PVC, en la figura 1 y cuadro 2 se muestran cada pieza del sistema.

Materiales
Gabinete de madera
Paleta de acero Inoxidable
Mano de obra
Engranaje de madera
Garrafones de Plástico de 19 litros
Balde plástico calibrado de 20 litros
Antracita
Carbón Activo
Sub Total
Accesorios de PVC
Materiales
Tubo de ½ pulgada
Tubo de 1 ½ pulgada
Codo 45° de PVC 1/2 pulgada
Codo 90° de PVC 1/2 pulgada
Accesorio T de PVC de ½ pulgada
Uniones de 1 ½ pulgada
Reductor de 1 ½ a ½ pulgada
Tapones de ½ pulgada
Llave de pase 1/2 pulgada de PVC
Llave Y de doble salida
Reductores de 3/4 pulgada a 1/2 pulgada
Adaptador Hembra de 3/4 pulgada
Adaptador Macho de 3/4 pulgada
Codo Combinado de 90° de 3/4 pulgada
Adaptador Hembra de 1/2 pulgada
Adaptador Macho de 1/2 pulgada
Chupón Universal de Hule de ½ pulgada
Pegamento Blanco
Cinta T Flon
Perno de 3 pulgada x 1/4 con tuerca y arandela
Sujetador de Hule
Goloso de 2 pulgada
Goloso de 3 pulgada

Cuadro 2. Materiales utilizados en el sistema MARAQUA

Gabinete de Madera: El Gabinete de madera tiene dimensiones de 1.30 metros de la base donde se sienta el garrafón hasta la base del suelo, se utiliza 4 reglas de 2pulgada x 2pulgada y tablas de 40 cm de longitud y 1pulgada de grosor, con un ancho de 15 cm, la madera utilizada es el pino, pero también puede utilizarse guanacaste porque soportan la humedad y además son más fácil de adquirir por su bajo costo, se recomienda que la madera que se va a utilizar este al menos 90% seca.

Paleta de Acero Inoxidable: La paleta se utiliza para remover el agua que se encuentran en el garrafón y permite homogenizar la mezcla de marango pulverizado, la paleta tiene que ser de acero inoxidable porque evita desprendimiento de partículas al agua tratada en comparación al hierro o madera. Las dimensiones son un eje de ½ pulgada, de 30 cm de largo y la paleta que es de 15 cm de largo x 10 cm de ancho, con un espesor de 2 mm.

Engranaje de Madera (ver anexo 1): El engranaje grande de madera tiene un radio de 10 cm y los pequeños de 5cm, su función es girar la paleta para que su movimiento permita mezclar los productos, está conformada por tres engranajes pequeños y un grande, estos engranajes pueden ser de madera o de plástico de un espesor al menos de 1,5 cm (ver anexo 1, plantillas de engranaje).

Garrafones de Plástico de 19 litros : Los garrafones se utilizan en la parte superior como inferior para hacer las mezclas del agua que se va a tratar, el garrafón inferior es para eliminar el agua sucia o el lodo decantado producto de acción floculante de las semilla de marango, a medida que aumenta la floculación, todas las partículas decantan en la parte inferior del garrafón formando un sedimento, el cual posteriormente es evacuado.

Balde de plástico Calibrado de 20 litros:

El bidón de capacidad de 20 litros se utiliza para obtener el agua limpia después de haberse aplicado la semilla de marango y pasado por el filtro, se puede utilizar otro tipo de recipiente para esta función.

Antracita: Es un mineral de carbón oscuro con tonalidades azules brillantes, suele ser usado en la fundición de metales especialmente el hierro, acero, se puede utilizar también como filtro para agua, la mayoría de estos depósitos se formaron hace 250 millones de años en el periodo conocido como carbonífero, es uno de los medios filtrantes más empleados básicamente, encontrándose en partículas diminutas. La antracita se caracteriza por producir mejoras confiables en la extracción de turbidez, principalmente gracias a su mayor capacidad para retener sólidos, además es un medio coeficiente de uniformidad. La utilización de este material va a depender del grado de turbidez del agua.

Carbón Activado: El carbón activado es un carbón poroso que atrapa compuestos principalmente orgánicos, presente en los gases o líquidos. Lo hace con tal efectividad que es el purificante más utilizado por el ser humano, este material es utilizado en los hospitales para desintoxicar a personas intoxicadas por productos químicos debido que permite absorber rápidamente materiales extraños en los cuerpos, también es utilizado por empresas que fabrican aceite y licores para absorber materiales turbios, es fundido a una temperatura de 600 a 120°C, este material es comercializado por empresas nacionales. Su vida útil dependerá del grado de turbidez del agua entre menos turbia se encuentre el agua su efectividad tendrá mayor duración.

Tubo de ½ y 1 1/2 Pulgada: Estas dimensiones de tubos se utilizan para formar el filtro y unir accesorios, se ubican en la parte superior e inferior del filtro. Tubos de

1 ½ pulgada son utilizados para formar los dos filtros su longitud es de 20 cm, cada tubo (color verde) es llenado uno de antracita y el otro (color azul) de carbón activado en el caso de los tubos de ½ pulgada son utilizados para unir algunos accesorios a como se muestra en la figura 1.

Uniones de 1 ½ pulgada: Se utilizan para unir piezas como los tubos de 1 ½ pulgada y reductores de 1 ½ a ½ pulgada de PVC para formar los filtros. Tapones de ½ Pulgada: Estos tapones se encuentran adheridos en los reductores de 1 ½ a media dentro de cada mortero relleno de antracita y carbón activado donde su función es de evitar que partículas de antracita y carbón se escurran durante la filtración de agua, se les hacen orificios finos para que sirvan también de colador. Codo combinado de ¾ Pulgada: es utilizado para dirigir el agua proveniente de la llave Y hacia el filtro de antracita.

Adaptador hembra de ¾ pulgada: se utiliza para dirigir el agua de la segunda salida de la llave Y hacia una tubería de ½ pulgada que conecta al ducto de salida del sedimento en la parte inferior del garrafón.

Llave Y: evita la salida del agua por un costado del garrafón de mezclado y sirve de doble flujo, uno dirige el agua ya tratada con marango hacia los filtros y el otro ducto drena un poco el agua con sedimentos.

Adaptador macho de ¾ pulgada: se utiliza para drenar el agua proveniente del garrafón a un costado de este, con el fin de evacuar parte del sedimento y filtrar el agua ya tratada.

Reductores de ¾ a ½ pulgada: estos se utilizan en cada accesorio de ¾ de pulgada para unir a los accesorios de ½ pulgada.

Codo de 90° de ½ Pulgada: este codo une la llave Y con el ducto proveniente del garrafón de mezclado.

Adaptador hembra y macho de ½ pulgada: están unidos al garrafón de mezclado para dirigir el agua al codo de 90° y posterior a la llave Y.

Codo de 45° de ½ pulgada: dirige el agua remanente del sedimentado de la llave y al ducto principal de salida del sedimento.

Accesorio T: este une el ducto proveniente de la llave Y donde se acumula y drena parte del sedimento con el ducto principal de salida del sedimento proveniente de la boquilla del garrafón de mezclado.

Llave de pase: evita la salida del agua proveniente de la boquilla del garrafón de mezclado y se une al accesorio T.

Chupón universal de Hule: es utilizado en la salida del garrafón, para unir al garrafón con un reductor de $\frac{3}{4}$ pulgada, es introducido a presión para evitar salida del agua una vez que se llene el garrafón.

T Flon: Se utiliza para fijar y asegurar los accesorios PVC con rosca, para evitar el escape de agua una vez construido el filtro.

Pegamento PVC transparente: Se utiliza para fijar todos los accesorios PVC y tuberías con la finalidad de evitar la filtración de agua fuera de los ductos.

Sujetador de Hule: Este sujetador es utilizado para sostener el engranaje debido al movimiento de la paleta de acero, lo cual es fijado a través de orificio elaborados en la tabla que sostiene los engranajes, tiene una longitud de un metro, y se puede sustituir por hule de llanta de vehículo.



IV. Sistema de mezclado del prototipo MARAQUA

El sistema para que se transfiera el movimiento a la paleta de una forma suave y constante, que además permita regular aproximadamente la velocidad, facilitar y garantizar en lo posible, el menor uso del esfuerzo manual para accionar este sistema es a través de un sistema de engranaje para logra el objetivo de la mezcla y optimizar los recursos.

El siguiente esquema muestra, la manivela que transmite 4 veces la velocidad que se le aplique a ella, a la paleta, para facilitar el proceso de mezcla rápida, y con mayor facilidad la mezcla lenta.

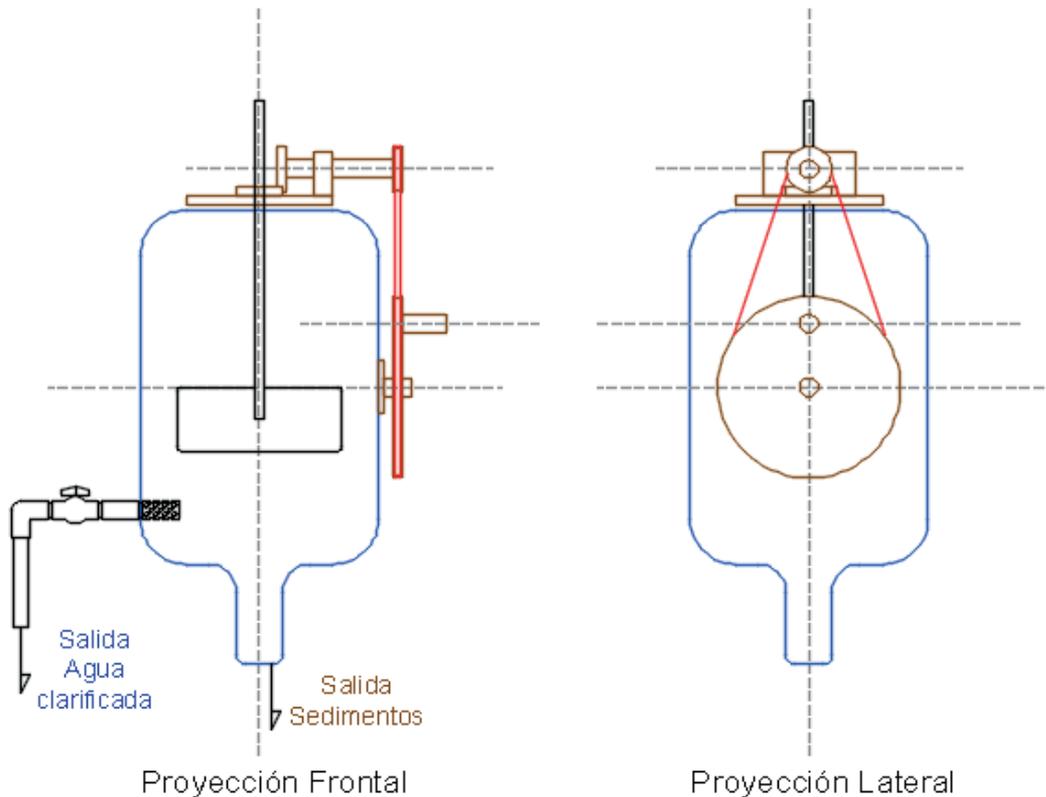


Figura 2. Representación gráfica del sistema de mezclado.

Fuente: Autores.

V. Forma y disposición del envase de mezclado

Para solucionar la problemática de la fase de expulsión o evacuación de los sedimentos (sólidos floculados) se propone no usar la salida de la boquilla que existe de manera predeterminada en el envase, sino instalar una salida lateral (como lo muestra la figura 2) por medio de la cual se evacuará el agua una vez clarificada (posterior al proceso de sedimentación) reposando al final de esta evacuación, la porción de agua que usará la salida predeterminada del envase hacia un manejo o disposición final.



VI. Forma de aplicación y dosificación

Esta etapa consiste en aplicar la semilla triturada de marango (coagulante) para garantizar que se disuelva en su totalidad en el volumen de agua.

El método consiste en aplicar la semilla triturada hasta punto de polvo a través de una solución patrón (disuelta en líquido) en un medio de agua destilada (para evitar contaminar el agua a tratar) y esta solución, debe ser aplicada directamente al volumen de agua procurando evitar contacto con elemento adicional alguno.

A continuación, se explica el desarrollo de este proceso:

1. Tritura y/o pulverizar la semilla de marango
2. Tamizar el material pulverizado para retirar partículas con tamaño mayor a 1 mm.
3. Se recomienda usar el diámetro de partículas más pequeño que sea posible de obtener.
4. Determinar la dosis óptima para lo cual se recomienda en este caso usar una concentración del 2%, en donde se disolverán 1.000,00 mg de coagulante en 50 ml de agua destilada, teniendo así que, por cada 1ml de solución aplicada, se introducen 20 mg de coagulante.
5. Disolver el coagulante en el agua destilada con la ayuda de un contenedor adecuado (limpio) el cual no contamine la solución y un aparato de mezcla o centrifugado que permita facilitar la disolución.
6. Usar jeringas o medios calibrados para la medición de las dosis y disponer de tantas aplicaciones como contenedores que recibirán la solución.
7. Aplicar la respectiva dosis de solución con la ayuda de la jeringa directamente al volumen del agua en el envase, sin permitir que la solución entre en contacto con material alguno diferente al agua. Esta aplicación debe ser durante el proceso de la mezcla rápida o mezcla instantánea.

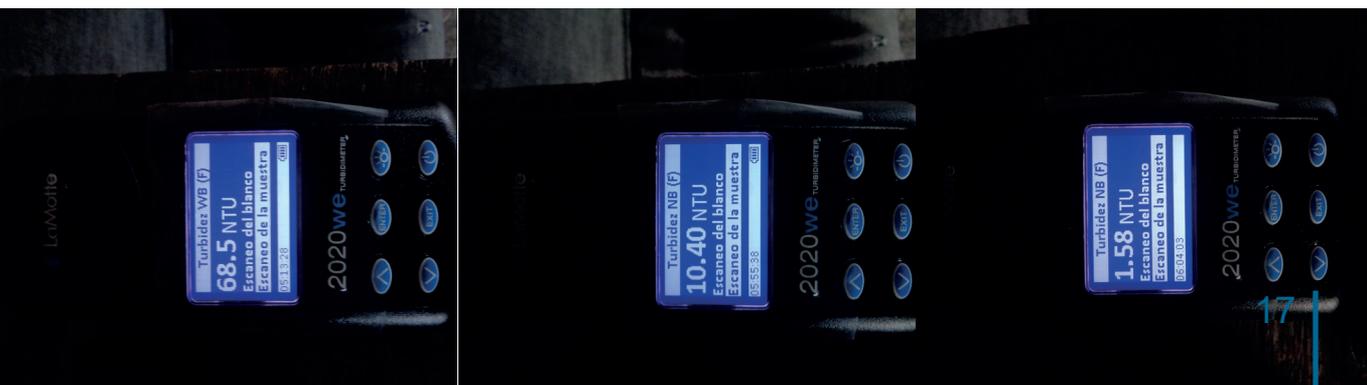


VII. Tiempo de mezclado y filtración

Según las pruebas de laboratorio (Leyva 2017), inmediatamente después de depositar la mezcla de solución de marango, se procede a girar la paleta de mezclado por 1 minuto a 120 rpm (lo más rápido posible), posterior luego del minuto se mezcla por 10 minutos a 40 rpm (de manera lenta), pasado los 10 minutos se deja de mezclar para que los flocúlos formados se sedimenten, este tiempo puede ser de 20 a 30 minutos.

Sedimentados los flocúlos, se procede a evacuar parte del agua que queda en el conducto de la llave Y que está unida al garrafón en el costado para no colmatar el filtro, este se evacua por el flujo que se junta a la salida principal de sedimento. Luego el agua un poco clarificada se procede a pasarla por los filtros de antracita y carbón activado, para que quede completamente clarificada, con una turbidez por debajo de 5 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

Unidades Nefonometrica de Turbidez (NTU) del agua del reservorio, turbidez despues de actuar el marango y turbidez final luego de pasar los filtros.



VIII. Beneficios del filtro para purificación de aguas de reservorios.

Beneficio del sistema de tratamiento MARAQUA en términos cualitativos y cuantitativos se describen en el cuadro 3, se expresan los beneficios cualitativos y cuantitativos al utilizar el prototipo MARAQUA a partir del agua de reservorios en las comunidades de incidencia del proyecto como una alternativa para mejorar la calidad del consumo de vital líquido y para comparar resultado entre comprar aguas de uso comercial y la utilización de MARAQUA para la purificación de aguas de reservorios.

En el cuadro 3 se reflejan los resultados encontrados a través del diagnóstico realizado, donde se registra una posible reducción de las enfermedades de origen hídrico con la utilización de MARAQUA como diarrea, dolores estomacales, vómitos, parásitos intestinales, infecciones, cólera y leptospirosis y además se reflejan los costos mensuales por familias si no se utilizara la tecnología. Cabe destacar que existe rentabilidad al utilizar MARAQUA porque el costo para construir el sistema (C\$ 3.006,00 córdobas netos), los beneficios cuantitativo C\$ 901,80 córdobas por mes y los beneficios cualitativos C\$ 2.400,00 por mes, son muchos menores comparando la adquisición de 20 litros de agua purificada por día por consumo de las familias.



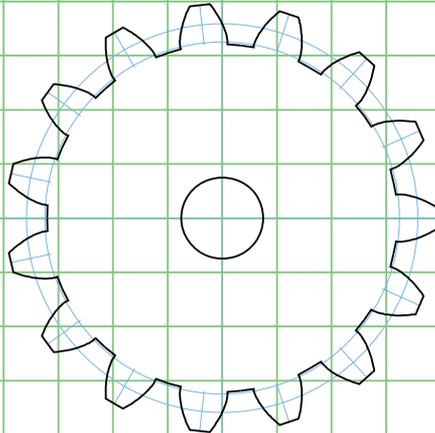
Cuadro 3. Beneficios cuantitativos al consumir 20 litros de agua purificada utilizando el sistema MARAQUA considerando el costo de un litro de agua purificada comercial.

Costos cuantitativos considerando compra de agua purificada comercial vs costo de agua purificada utilizando filtro para consumo humano						Beneficios cualitativos al utilizar filtros de agua para consumo humano de un promedio de 5 personas por familia	
Beneficios cuantitativos al utilizar MARAQUA vs Agua purificada con filtro	Consumo x Día	Costo C\$ x litro	Costo C\$ x Día	Costo Mensual C\$	Costo Total C\$	Reducción de enfermedades como	Reducción del costo mensual(C\$)
Consumo de 20 litros de agua purificada comercial	20 litros x día	20 córdobas	400 córdobas	18.000,00	18.000,00	Diarrea	500,00
Consumo de 20 litros de agua purificada utilizando MARAQUA	20 litros x día	1,503 córdobas*	30,06 córdobas	901,80	901,80	Dolores estomacales	300,00
*Se considera que la efectividad del filtro alcanza los 2.000,00 de agua filtrada antes que llegue a su vida útil (C\$ 3.006 ,00 / 2.000 lt)						Vómitos	100
						Parásitos intestinales	100
						Infecciones	1.000,00
						Cólera	200,00
						Leptospirosis	200,00
						Costo mensual	2.400,00

ANEXOS

Engranaje 15

← Angle = 25 Pitch = 15 G1: 15 Teeth G2: 7 Teeth 210 mm →



Engranaje 40

