



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**PURIFICACIÓN DE AGUA LOCAL PARA CONSUMO HUMANO CON
UN DESTILADOR SOLAR DE ALTA EFICIENCIA PARA ENTORNOS
DOMÉSTICOS RURALES ÁRIDOS**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniera en
Medio Ambiente

Autor:

Jiménez Garcia Karina Elizabeth

Tutor:

Ing. PhD. Córdova Yanchapanta Vicente De La Dolorosa

LATACUNGA - ECUADOR

Septiembre 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

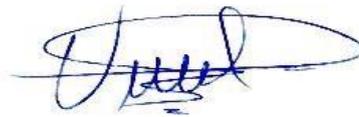
Yo **Jiménez García Karina Elizabeth**, declaro ser autor (a) del presente proyecto de investigación: **“Purificación de agua local para consumo humano con un destilador solar de alta eficiencia para entornos domésticos rurales áridos”**, siendo Ing. PhD. Córdova Yanchapanta Vicente De La Dolorosa, tutor (a) del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga 17 de septiembre del 2020



Jiménez García Karina Elizabeth
CI: 050390518-4



Ing.PhD. Córdova Yanchapanta Vicente
De La Dolorosa
TUTOR DEL PROYECTO
CI: 180163492-2

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte JIMÉNEZ GARCIA KARINA ELIZABETH, identificada/o con C.C. N° 050390518-4, de estado civil **soltera**, y con domicilio en Salcedo Parroquia Mulliquindil Santa Ana, a quien en lo sucesivo se denominará **LA/EL CEDENTE**; y de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA/EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería Ambiental**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**PURIFICACIÓN DE AGUA LOCAL PARA CONSUMO HUMANO CON UN DESTILADOR SOLAR DE ALTA EFICIENCIA PARA ENTORNOS DOMÉSTICOS RURALES ÁRIDOS**” el cual se encuentra elaborado según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico

Fecha de inicio de la carrera: Abril 2015-Agosto 2015

Fecha de finalización: Mayo 2020 -Septiembre 2020

Aprobación en Consejo Directivo: 7 de julio del 2020

Tutor. – Ing. PhD. Córdova Yanchapanta Vicente De La Dolorosa

Tema: “**PURIFICACIÓN DE AGUA LOCAL PARA CONSUMO HUMANO CON UN DESTILADOR SOLAR DE ALTA EFICIENCIA PARA ENTORNOS DOMÉSTICOS RURALES ÁRIDOS**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de

trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA/EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA/EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin. b) La publicación del trabajo de grado.

c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA/EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA/EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA/EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 17 días del mes de septiembre del 2020.

Jiménez García Karina Elizabeth

LA CEDENTE

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“PURIFICACIÓN DE AGUA LOCAL PARA CONSUMO HUMANO CON UN DESTILADOR SOLAR DE ALTA EFICIENCIA PARA ENTORNOS DOMÉSTICOS RURALES ÁRIDOS”, de Jiménez Garcia Karina Elizabeth, de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga 17 de septiembre del 2020



Ing. PhD. Córdova Yanchapanta Vicente De La Dolorosa

TUTOR DEL PROYECTO

CC: 180163492-2

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Jiménez García Karina Elizabeth, con el título del Proyecto de Investigación: **“PURIFICACIÓN DE AGUA LOCAL PARA CONSUMO HUMANO CON UN DESTILADOR SOLAR DE ALTA EFICIENCIA PARA ENTORNOS DOMÉSTICOS RURALES ÁRIDOS”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación de trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga 17 de septiembre del 2020

Dr. Carlos Washington Mantilla Parra. PhD

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

C.I. 0501553291

Ing. Mgs. José Luis Agreda Oña

LECTOR 2

C.I. 0401332101

Ing. Mgs. Jaime Rene Lema Pillalaza

LECTOR 3

C. I. 1713759932

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por la vida, por darme la suficiente sabiduría y madurez para llegar hasta el final de mi meta, a mis queridos padres, hermano y abuelitos, por confiar en mí y por enseñarme que con esfuerzo y constancia se logra las metas.

Mis más sinceros agradecimientos al Personal Docente y Administrativo, de La Universidad Técnica de Cotopaxi, a todos mis maestros, por su apoyo incondicional en el transcurso de mi vida estudiantil, que me han permitido convertir en profesional de éxito.

Un reconocimiento especial al Ing. PhD. Vicente Córdova, Tutor de Tesis, por la orientación y conocimientos brindados capacidad intelectual y profesionalismo demostrado con sus acertados criterios técnicos encaminado hacia el cuidado del medio ambiente.

DEDICATORIA

De manera muy especial, dedicado a mis padres, hermano y abuelitos, pilares fundamentales en mi vida; quienes, con su apoyo incondicional, sabios consejos y sacrificios, en todos estos años de estudios, me incentivaron a que se haga realidad uno de mis grandes anhelos, el de continuar con mi formación académica y culminar con éxito los estudios superiores.

Mi agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a los docentes y en especial a mi Tutor Ing. PhD. Vicente Córdova que gracias a sus conocimientos y ayuda pude concluir con éxitos mi Proyecto de Investigación.

Karina Elizabeth Jiménez Garcia

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

LATACUNGA – ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERIA EN MEDIO AMBIENTE

TITULO: “PURIFICACIÓN DE AGUA LOCAL PARA CONSUMO HUMANO CON UN DESTILADOR SOLAR DE ALTA EFICIENCIA PARA ENTORNOS DOMÉSTICOS RURALES ÁRIDOS”

Autor: Karina Elizabeth Jiménez Garcia

RESUMEN

El proyecto está enfocado en el desarrollo social de las zonas rurales debido a la falta de acceso de agua potable apta para el consumo humano. La población de San José de Pichul se encuentra aislada de los beneficios de la sociedad y no recibe solución por parte de las autoridades para suplir sus necesidades de agua apta para consumo humano. Diferentes tipos de destiladores solares que utilizan el efecto invernadero fueron considerados para el desarrollo de un destilador de diseño y construcción local. Se implementó un nuevo proceso para purificación de agua con mayor énfasis en la eficiencia energética y de bajo costo, optándose por el destilador tipo caseta. El sector San José de Pichul es provisto con agua de pozo profundo llegando a un sistema de tratamiento para coliformes. El agua demostró no ser apta para consumo humano por su alto contenido de sales y no es tratada correctamente poniendo en riesgo la salud de los habitantes. Este proyecto tiene como finalidad verificar mediante energía solar si el sistema de destilación y purificación provee líquido vital apto para consumo humano. El uso de energía solar renovable es fundamental en el calentamiento del sistema del destilador cumpliendo con las etapas de evaporación y condensación. El proceso involucró a 2 núcleos familiares de 5 miembros en la cual se realizó una encuesta online en el programa SURVEYMONKEY, determinando el volumen de agua para consumo que requiere una persona por día evaluado es 3lt/día. Una vez puesto en funcionamiento el equipo se recolectaron datos de agua destilada producida por el sistema en un periodo de los meses de mayo y junio del 2020. Se complementaron los datos mediante el programa satelital SOLCAST, evaluándose de esta manera la eficiencia del destilador. Se registró una producción de agua de 2

litros/día/m² con una radiación mínima 100Wh/m² y de 5 litros/día/m² con una radiación máxima 8000Wh/m². Para la calidad de agua se realizó análisis físico-químico y microbiológico del agua, encontrándose que los valores fueron para, Oxígeno disuelto 9.3 mg/l, Ph 7.91, Conductividad eléctrica 7.8 uS/cm, Coliformes fecales 0, Dureza total 144mg/l, color 1.7, turbiedad 0,9 NTU, nitritos 0 mg/l y nitratos 5 mg/l. La destilación solar pudo transformar agua con altos contenidos de sales no apta para consumo humano en agua con características adecuadas para consumo humano y los parámetros analizados del agua destilada se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de las normativas TULSMA y INEN 1108.

Palabras clave: SOLCAST, destilación, purificación, destilador solar, sostenibilidad, resiliencia comunitaria.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

LATACUNGA – ECUADOR

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RECURCES

THEME: LOCAL WATER PURIFICATION FOR HUMAN CONSUMPTION WITH A HIGH EFFICIENCY SOLAR DISTILLER FOR ARID RURAL DOMESTIC ENVIRONMENTS

Authors: Karina Elizabeth Jiménez Garcia

ABSTRACT

The project focuses on social development in rural areas due to the lack of access to safe drinking water. The population of San José de Pichul is isolated from the benefits of society and does not receive a solution from the authorities to meet its needs for clean drinking water. Different types of solar distillers using the greenhouse effect were considered for the development of a locally designed and built distilleries. A new process for water purification was implemented with greater emphasis on energy efficiency and low cost, opting for the hut type distillery. The San José de Pichul sector is provided with deep-well water reaching a coliform treatment system. The water proved to be unsuitable for human consumption due to its high salt content and is not properly treated, putting the health of the inhabitants at risk. This project aims to verify through solar energy if the distillation and purification system provides vital liquid suitable for human consumption. The use of renewable solar energy is fundamental in the heating of the distiller's system by the use of the evaporation and condensation stages. The process involved 2 households of 5 members each in which an online survey was conducted in the SURVEYMONKEY program, determining that the volume of water for consumption required by a person per day is 3lt/day. Once the equipment started operating, data was collected on the distilled water produced by the system during May and June 2020. The data was complemented by the satellite program SOLCAST, to help evaluate the efficiency of the distillery. Water production of 2 liters/day/m² with minimum radiation of 100Wh/m² and 5 liters/day/m² with maximum radiation of 8000Wh/m² was recorded. For the water quality, physical-chemical and microbiological analysis of the water were conducted, finding that the values were for, Dissolved Oxygen 9.3 mg/l, Ph 7.91, Electrical conductivity 7.8 uS/cm, Fecal Coliforms 0, Total hardness 144mg/l, color 1.7, Turbidity 0.9 NTU, Nitrites 0 mg/l and Nitrates 5 mg/l. The solar distillation was able to transform water with high salt contents not suitable for human consumption into the water with characteristics suitable for human consumption and the parameters analyzed for the distilled water are within the maximum permissible limits of the TULSMA and INEN 1108 regulations.

Keywords: SOLCAST, distillation, purification, solar distiller, sustainability, community resilience.

CONTENIDO

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. RESUMEN	2
3. JUSTIFICACIÓN	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
6. OBJETIVOS	6
6.1 General	6
6.2 Específicos	6
7. CUADRO DE ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTIFICA TÉCNICA	8
8.1 Agua	8
8.2 Purificación del agua	8
8.3 Métodos de purificación	8
8.3.1 Sedimentación	8
8.3.2 Desinfección solar (método SODIS)	8
8.3.3 Purificación por ozono	8
8.3.4 Purificación mediante filtro cerámico	9
8.4 Destilación del agua	9
8.5 Destilación con métodos solares	9
8.5.1 Destilación por compresión mecánica de vapor	9
8.5.2 Destilación Flash Multietapa	10
8.5.3 Osmosis inversa	10
8.6 Sol	10
8.7 Energía Solar	10
8.8 Energía Térmica	11
8.9 Destilador solar	12
8.10 Evaporación del agua	12
8.11 Condensación	13
8.12 Diferencia entre el DNI, DHI Y GHI	13
8.13 Marco legal	14
8.13.1 Constitución de la República del Ecuador	14

8.13.2	Código Orgánico Ambiental.....	15
9.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPOTESIS	16
10.	METODOLOGÍA /DISEÑO NO EXPERIMENTAL.	17
10.1	Ubicación	17
10.3	Diseño de un prototipo de un destilador solar de alta eficiencia	18
10.3.1	Elección del diseño.....	18
10.3.2	Diseño	18
10.3.3	Construcción	18
10.4	Implementación del destilador solar para la evaluación de producción de agua destilada bajo los parámetros de diseño	18
10.4.1	Técnica para recolección de datos.....	19
10.3.2	Calidad del agua de la red publica	20
10.3.3	Toma de datos del agua destilada	20
10.3.4	Toma de muestras para el laboratorio de agua destilada.	21
10.3.5	Análisis del laboratorio	21
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	22
11.1	Diseño de un prototipo de destilador solar de alta eficiencia.	22
11.1.1	Estudio Teórico de los Diferentes Diseños de Destiladores Solares	22
11.1.2	Diseño del prototipo realizado en el programa Sketchup.....	24
11.1.3	Construcción del prototipo	26
11.2	Evaluación de la producción de agua bajo los parámetros de diseño.	28
11.2.1	Análisis de laboratorio de la calidad de agua de la red publica	28
11.2.2	Encuestas aplicadas	29
11.2.3	Datos de irradiancia DHI, DNI, GHI para la recolección de agua.....	34
11.2.4	Eficiencia del destilador	35
11.2.5	Resultados de análisis de la calidad de agua producida por el destilador...36	
11.3	Propuesta de producción de agua destilada para las necesidades básicas para entornos domésticos áridos	38
11.3.1	Diagnostico	38
11.3.2	Desarrollo.....	39
11.3.3	Factibilidad.....	39
11.3.4	Diseño y construido	39
11.3.5	Materiales	40
11.3.6	Costo	41
11.3.7	Conclusión.....	41

11.3.8	Recomendación.....	41
12.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS) ...	42
12.1	Técnicos.....	42
12.2	Sociales	42
12.3	Ambientales.....	42
12.4	Económicos	42
13.	PRESUPUESTO.....	43
14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
14.1	Conclusiones	44
14.2	Recomendaciones.....	44
15	REFERENCIAS	45

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1:	Beneficiarios del Proyecto	4
Tabla 2:	Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos.	7
Tabla 3:	Ubicación Geográfica.....	17
Tabla 4:	Parámetros utilizados de calidad admisibles para aguas de consumo humano según la normativa tulsma.	21
Tabla 5:	Resultados de los análisis físico-químico y microbiológicos de agua de la red de tubería	28
Tabla 6:	Resultados de los análisis físico-químico y microbiológico del agua generada por el destilador.....	37
Tabla 7:	Costos del destilador solar propuesto	41
Tabla 8:	Presupuesto	43

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1:	Vista lateral del destilador	25
Figura 2:	Vista superior del destilador	26
Figura 3:	Vista frontal del destilador.....	26
Figura 4: Pregunta 1.	¿Dispone usted de agua potable?.....	29
Figura 5: Pregunta 2.	¿Cuál es su fuente de agua para consumo humano?	29
Figura 6: Pregunta 3.	¿Conoce de la calidad del agua que dispone en su domicilio?.....	30
Figura 7: Pregunta 4.	¿Cómo calificaría la calidad del agua que dispone en su domicilio? 30	
Figura 8: Pregunta 5.	¿Cuántos litros de agua consume al día?	31
Figura 9: Pregunta 6.	¿Usted consume agua embotellada?	31
Figura 10: Pregunta 7.	¿Usted consume agua embotellada por?.....	32
Figura 11: Pregunta 8.	¿Usted ha escuchado sobre la purificación de agua solar?.....	32
Figura 12: Pregunta 9.	¿Usted apoyaría a proyectos con iniciativa de purificar el agua? ...	33

Figura 13: Pregunta 10. ¿Qué tipo de apoyo podría usted brindar hacia un proyecto de purificación de agua?	33
Figura 14. Perfil de disponibilidad de variación de datos de irradiancia DHI, DNI y GHI del mes de mayo.	34
Figura 15. Perfil de disponibilidad de variación de datos de irradiancia DHI, DNI y GHI del mes de junio.	35
Figura 16. Perfil de datos de agua destilada diaria, correlación con la irradiación DNI del mes de mayo.	36
Figura 17. Perfil de datos de agua destilada diaria, correlación con la irradiación DNI del mes de junio.	36
Figura 18: Análisis comparativo de agua	38
Figura 19: Diseño del destilador	40
Figura 20: Destilador construido.....	40

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Purificación de agua local para consumo humano con un destilador solar de alta eficiencia para entornos domésticos rurales áridos.

Lugar de ejecución:

San José de Pichul-latacunga

Institución, Unidad Académica y Carrera que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Ingeniería en Medio Ambiente (Carrera)

Equipo de Trabajo:

Ing. PhD. Vicente Córdova (tutor).

Karina Elizabeth Jiménez García (estudiante)

Ing. Carlos Washington Mantilla Parra. PhD (Lector 1)

Ing. Mgs. José Luis Agreda Oña (Lector 2)

Ing. Msg. Jaime Rene Lema Pillalaza (Lector 3)

Área de conocimiento:

Ambiente

Línea de investigación:

Energías Alternativas y renovables eficiencia energética y protección ambiental.

Sublínea de investigación por carrera

Manejo y conservación de Recurso Hídrico

Línea de vinculación Caren

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social.

2. RESUMEN

El proyecto está enfocado en el desarrollo social de las zonas rurales debido a la falta de acceso de agua potable apta para el consumo humano. La población de San José de Pichul se encuentra aislada de los beneficios de la sociedad y no recibe solución por parte de las autoridades para suplir sus necesidades de agua apta para consumo humano. Diferentes tipos de destiladores solares que utilizan el efecto invernadero fueron considerados para el desarrollo de un destilador de diseño y construcción local. Se implementó un nuevo proceso para purificación de agua con mayor énfasis en la eficiencia energética y de bajo costo, optándose por el destilador tipo caseta. El sector San José de Pichul es provisto con agua de pozo profundo llegando a un sistema de tratamiento para coliformes. El agua demostró no ser apta para consumo humano por su alto contenido de sales y no es tratada correctamente poniendo en riesgo la salud de los habitantes. Este proyecto tiene como finalidad verificar mediante energía solar si el sistema de destilación y purificación provee líquido vital apto para consumo humano. El uso de energía solar renovable es fundamental en el calentamiento del sistema del destilador cumpliendo con las etapas de evaporación y condensación. El proceso involucró a 2 núcleos familiares de 5 miembros en la cual se realizó una encuesta online en el programa SURVEYMONKEY, determinando el volumen de agua para consumo que requiere una persona por día evaluado es 3lt/día. Una vez puesto en funcionamiento el equipo se recolectaron datos de agua destilada producida por el sistema en un periodo de los meses de mayo y junio del 2020. Se complementaron los datos mediante el programa satelital SOLCAST, evaluándose de esta manera la eficiencia del destilador. Se registró una producción de agua de 2 litros/día/m² con una radiación mínima 100Wh/m² y de 5 litros/día/m² con una radiación máxima 8000Wh/m². Para la calidad de agua se realizó análisis físico-químico y microbiológico del agua, encontrándose que los valores fueron para, Oxígeno disuelto 9.3 mg/l, Ph 7.91, Conductividad eléctrica 7.8 uS/cm, Coliformes fecales 0, Dureza total 144mg/l, color 1.7, turbiedad 0,9 NTU, nitritos 0 mg/l y nitratos 5 mg/l. La destilación solar pudo transformar agua con altos contenidos de sales no apta para consumo humano en agua con características adecuadas para consumo humano y los parámetros analizados del agua destilada se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de las normativas TULSMA y INEN 1108.

Palabras clave: SOLCAST, destilación, purificación, destilador solar, sostenibilidad, resiliencia comunitaria.

3. JUSTIFICACIÓN

El proyecto está enfocado en el desarrollo social de la poblaciones de zonas rurales debido a la falta de acceso de agua potable apta para el consumo humano, la población de San José de Pichul se encuentra alejada de la sociedad y sin recibir ayuda por parte de las autoridades donde preliminarmente carecen de varias obras involucrando agua potable no tratada debido a que el agua que llega sus domicilios es natural que provee de un pozo con alto grado de salinidad, el agua llega mediante bombeo a un sistema de tratamiento donde solo utilizan cloro y no es una calidad aceptable para consumo humano.

Para resolver el problema se diseñó y se construyó un destilador solar tipo caseta mediante destilación para separar las sustancias volátiles, por evaporación y condensación se obtendrá sustancias puras. Para la causa de este proyecto se implementó el equipo en un núcleo familiar para comprobar la potabilización de agua utilizando energía limpia mediante radiación solar, generando una fuente de agua para el uso del líquido vital diario, con el propósito de generar impacto social doméstico, de modo que se genere mayor conciencia y difusión de este tipo de técnicas amigables con el Medio Ambiente y tomen conciencia sobre el desperdicio del agua que se vive actualmente, de la misma manera se está generando el bajo impacto socioeconómico debido a que la familia tienen que comprar agua embotellada para mantener su salud firme fuera de enfermedades que sea causada por el agua mal tratada. El análisis de la calidad del agua puede considerarse como primera aproximación a un enfoque de soporte para las medidas de manejo y seguimiento por parte de los formuladores de políticas y tomadores de decisiones, beneficiando a todos los actores involucrados tanto en el manejo como aprovechamiento del recurso hídrico.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1: Beneficiarios del Proyecto

TIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD APROXIMADA
DIRECTOS	2 Familias	10 Personas
INDIRECTOS	Comunidad	Personas voluntarias

Elaborado por: Karina J. (2020)

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿Falta de una fuente sostenible de agua en zonas rurales?

El agua cubre aproximadamente el 75% de la superficie terrestre; es fundamental para los procesos tanto ambientales como sociales e indispensables para el surgimiento y desarrollo de la vida (Hiriati, 2020). El incremento en el deterioro de la calidad del agua es un problema. La escasez de agua se ha hecho presente en todos los continentes ya que solo un 3% es agua dulce y solo el 0,34% es apto para consumo humano, el aumento de la población también es uno de los principales problemas ya que cada año la demanda de agua crezca en 1% en el mundo ambiental evidente a nivel mundial. Los múltiples impactos generados por el ser humano sobre el ambiente, sumado a factores naturales han alterado las condiciones del agua, provocando enfermedades de origen hídrico, desnutrición, crecimiento económico reducido, inestabilidad social, conflictos por su uso y desastres ambientales, de acuerdo a la ONU actualmente en el planeta viven 7.700 millones de personas en lo cual 2.100 millones carecen del acceso al líquido vital y 844 millones no tienen servicio básico de agua potable (LA VANGUARDIA, 2019). En los países en desarrollo el problema de calidad se agrava, ya que las fuentes de financiamiento son insuficientes, así como las opciones o los recursos tecnológicos para el monitoreo de la calidad del agua. En Ecuador el principal problema inherente al agua es el de gestión, la sobreexplotación de los recursos

naturales y la contaminación de las fuentes hídricas del páramo del que se desprenden el deterioro de calidad y la mala distribución. Pese a estas alteraciones, los avances en investigación han sido limitados y puntuales, por lo que no existe una perspectiva clara de su comportamiento y menos una aproximación a la dinámica y variaciones con respecto a factores antropogénicos y naturales, como consecuencia existe una baja disponibilidad de respaldo técnico y científico que contribuya a mejorar la eficiencia del manejo del recurso hídrico, muchos sectores de la zona rural no cuentan con agua potable, en algunas zonas la forma de gestión y distribución es mediante carro repartidor, pozo, río, vertiente o acequia.

Actualmente el agua es un recurso natural escaso y sustentable de usos alternativos, existe varios procedimientos de potabilización de agua debido a que las fuentes son de ríos, lagos o pozo con calidad no apta para consumo humano, a pesar de tantos tratamientos algunos sectores rurales no cuentan con agua potable o algunos tienen agua por red pública pero no es apta para los usos alternativos, la necesidad de realizar estudios sobre un sistema de Diseño y Construcción de purificación de agua mediante energía solar y amigable con el ambiente en sectores rurales tiene como objetivo su rentabilidad económica, financiera y social, para que la humanidad cuente con la cantidad de agua que necesita para su uso diario (IAGUA, s.f.). El problema de investigación se define como “Insuficiente información sobre la eficiencia de un destilador solar como fuente sostenible de agua para consumo humano para entornos domésticos áridos”.

6. OBJETIVOS

6.1 General

Evaluar la eficiencia de un destilador solar como fuente sostenible de agua para consumo humano para entornos domésticos áridos.

6.2 Específicos

- Diseñar un prototipo de destilador solar de alta eficiencia.
- Evaluar la producción de agua bajo los parámetros de diseño.
- Generar una propuesta de producción sostenible de agua, dimensionada para las necesidades de consumo humano de un núcleo familiar rural.

7. CUADRO DE ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2: Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos.

Objetivos	Actividad	Medio de verificación
Diseñar un prototipo de destilador solar, tipo bandeja de alta eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> • Compilar información sobre diseño de destilador solares de alta eficiencia. • Diseñar el prototipo bajo las especificaciones que permitan cumplir con las características de producción de volumen de agua propuestas • Construir el prototipo diseñado 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de diseño del destilador solar • Diseño terminado • Prototipo construido
Evaluar la producción de agua bajo los parámetros de diseño	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar muestras del agua de entrada y salida • Analizar las muestras de agua en un laboratorio • Sistematizar datos de recolección de agua • Evaluar el volumen de producción del destilador 	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de registro de datos de muestras de agua • Matriz de registro de datos de recolección de agua destilada • Exámenes de laboratorio
Generar una propuesta de producción sostenible de agua, dimensionada para las necesidades de consumo humano de un núcleo familiar rural.	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una encuesta de consumo de agua al personal involucrado. • Determinar los requerimientos mínimos de producción de agua, de acuerdo a los datos obtenidos de las encuestas. • Diseñar una propuesta para solventar las necesidades de producción de agua destilada para entornos domésticos áridos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Encuestas aplicadas • Documento de análisis de encuestas familiar • Documento de propuesta

Elaborado por: Karina J. (2020)

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

8.1 Agua

(Azona Carbajal & Fernández González, 2012) El agua es una sustancia de capital importancia para la vida con excepcionales propiedades consecuencia de su composición y estructura, es una molécula sencilla formada por tres pequeños átomos, uno de oxígeno y dos de hidrógeno, con enlaces polares que permiten establecer puentes de hidrógeno entre moléculas adyacentes. (Córdoba, Del Coco, & Basualdo, 2010) El agua es uno de los bienes más preciados para la vida en nuestro planeta, es fundamental para satisfacer las necesidades humanas básicas, la salud, la producción de alimentos, el desarrollo industrial, la energía y el mantenimiento de los ecosistemas regionales y mundiales.

8.2 Purificación del agua

La purificación se refiere a quitar las impurezas o la suciedad de un líquido, en el caso específico del agua, su purificación consiste en reducir el nivel de sustancias dañinas para el organismo, como bacterias, componentes tóxicos, etc. Cuando el agua alcanza un nivel apto para el consumo humano, la purificación se convierte en potabilización (Pérez & Merino, 2015)

8.3 Métodos de purificación

8.3.1 Sedimentación

Consiste en dejar el agua de un contenedor en reposo para que los sólidos que poseen se separen y se dirijan al fondo del recipiente, la sedimentación se fundamenta en la acción de la gravedad (LEMA, 2015).

8.3.2 Desinfección solar (método SODIS)

La radiación ultravioleta ayuda a desinfectar el agua esta técnica es muy barata, simple y requiere poco trabajo, para determinar el procesos se necesita colocar el líquido en botellas limpias de plástico transparente, tapanlas y agitarlas vigorosamente durante 20 segundos, para que exista suficiente aire en el agua, el cual reacciona con la luz del sol en el proceso de purificación (Campismo y Naturaleza, 2020).

8.3.3 Purificación por ozono

Este gas descompone los organismos vivos sin dejar ningún residuo químico, se encarga de perfeccionar el aspecto, olor, sabor y de disminuir la cantidad de sólidos

en suspensión, elimina bacterias, virus y otros microorganismos, este método requiere un mantenimiento constante, instalación especial y uso de energía eléctrica (Acuatecnica S.A.S, 2016).

8.3.4 Purificación mediante filtro cerámico

Los filtros cerámicos para el tratamiento del agua se utilizan desde hace varios siglos, según el tipo pueden ser pequeñas instalaciones fijas (individuales) o aparatos portátiles que permiten filtrar el agua en cualquier lugar, estos equipos pueden ser suministrados por los fabricantes de sistemas y productos de purificación del agua (wikiwater).

8.4 Destilación del agua

Según (Romero, Soto, Figueroa, & Silva , 2018) La destilación es un método comúnmente utilizado para la purificación de líquidos y la separación de mezclas con el fin de obtener sus componentes individuales, es una técnica de separación de sustancias que permite separar los distintos componentes de una mezcla.

El proceso de destilación es un sistema diseñado por la naturaleza ya que ha permitido la vida en nuestro planeta, lo cual consiste en evaporación del agua con el calor del sol, pasando de un estado líquido a un estado gaseoso, permitiendo que el agua deje casi todas las partículas al mar o lago, al encontrarse en estado gaseoso este se condensa y se precipita hacia la tierra en forma de lluvia, es por esta razón que el agua de la lluvia es muy pura y le da muchos beneficios a las plantas (Slideshare).

8.5 Destilación con métodos solares

8.5.1 Destilación por compresión mecánica de vapor

Estos sistemas funcionan comprimiendo vapor de agua lo que causa condensación sobre una superficie de transferencia de calor (un tubo) lo cual permite al calor de la condensación ser transferido a la salmuera del otro lado de la superficie resultando en la vaporización de ésta, el compresor es el requerimiento de energía principal y aumenta la presión en el lado del vapor y baja la presión del lado del agua salada para bajar su temperatura de ebullición (Cipollina, 2005).

8.5.2 Destilación Flash Multietapa

Las plantas MSF constituyen una gran parte de la capacidad de desalinización mundial. En este proceso, el agua de mar es calentada en un tanque por medio de un serpentín o tubos en paralelo que contienen algún fluido caliente; después se pasa a otro tanque, llamado etapa, donde la presión reducida permite que el agua hierva, después el agua vaporizada es enfriada y condensada para obtener el producto, posteriormente que el calor latente liberado en la condensación del vapor es utilizado para calentar la salmuera en otra etapa; el producto destilado se colecta en cascada, en cada uno de los tanques colocados en paralelo con la salmuera y se bombea a un tanque de almacenamiento (Khawaji, 2008).

8.5.3 Osmosis inversa

El proceso Osmosis Inversa consiste en separar un componente de otro en una solución, mediante las fuerzas ejercidas donde pasa espontáneamente una solución menos concentrada a otra más concentrada sobre una membrana semipermeable, el sistema toma su nombre proviene de "osmosis", el fenómeno natural por el cual se proveen de agua las células vegetales y animales para mantener la vida (Textos Científicos, 2007).

8.6 Sol

Es la alta dependencia de los combustibles fósiles con impacto negativo sobre el ambiente lleva a pensar en la integración de las energías renovables, como la energía solar, para disponer de alternativas que mejoren la sostenibilidad de los sistemas ambientales, productivos y sociales (Cámpora, 2015).

8.7 Energía Solar

La energía solar es una fuente de combustible inagotable libre de contaminación y de ruidos, la tecnología también es versátil. Por ejemplo, las células solares generan energía para lugares remotos como los satélites en la órbita de la Tierra y las cabañas en las Montañas Rocosas tan fácilmente como suministran la energía a edificios del centro de las ciudades y a los coches futuristas

Cada hora el sol lanza a la Tierra más energía de la que sería necesaria para satisfacer las necesidades mundiales de energía durante un año entero. La energía solar es la

tecnología utilizada para aprovechar la energía del sol y hacerla utilizable, en la actualidad la tecnología produce menos de una décima parte del 1% de la demanda mundial de energía.

El uso de la energía solar ha aumentado un 20% al año durante los últimos 15 años gracias al rápido descenso de los precios y a las ganancias en eficiencia. Japón, Alemania y los Estados Unidos son los principales mercados de las células solares. Con incentivos tributarios, la electricidad solar a menudo puede amortizarse en un periodo de cinco a diez años (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2010).

8.8 Energía Térmica

Son partículas presentes en la materia cuentan con energía cinética y energía potencial (fundamentalmente energía potencial elástica) asociadas a su movimiento. Estas energías son responsables de la energía térmica. La energía térmica es la que poseen los cuerpos debido al movimiento interno de las partículas, moléculas, iones y átomos (Fernández, 2013).

8.8.1 Energía térmica por radiación

Se transmite a través de ondas electromagnéticas, es el modo con el que nos llega la energía térmica proveniente del Sol, el principal ejemplo de este caso lo encontramos en las instalaciones de energía solar térmica, que aprovechan la radiación solar para calentar agua, el agua caliente que se obtiene de estas instalaciones solares habitualmente se utiliza para calefacción y para usarla como agua caliente sanitaria (ENERGIA NUCLEAR, 2016).

8.8.2 Transmisión de la energía térmica por conducción

Es la interacción directa entre partículas moléculas y átomos, es una consecuencia directa de la naturaleza de la temperatura a nivel microscópico como energía cinética de cada molécula, la conducción no es igual de eficaz en todas las circunstancias, sino que depende de varios factores, comprender cuáles son muy útil cuando queremos influir sobre ella, ya sea para hacerla más rápida (por ejemplo, si tenemos calor y queremos enfriarnos) o más lenta (si vamos a dormir en el campo y no queremos pasar frío), más allá de la propia curiosidad científica (Gómez, 2010).

8.8.3 Transmisión de la energía térmica por convección

Se transmite por el movimiento físico de moléculas “calientes” de las zonas de alta temperatura a las zonas de baja temperatura y viceversa equilibrándose las temperaturas. Este proceso tiene gran importancia en fluidos y también es denominado conducción superficial, ya que el flujo de calor entre la superficie de un material y un fluido está relacionado con la conducción a través de una fina capa del fluido que se encuentra junto a la superficie (Domingo, 2011).

8.9 Destilador solar

Equipo que usa el fenómeno natural de evaporación para destilar líquidos a partir de la radiación solar, como fuente energética, se obtiene líquido puro de una mezcla contaminada, estos equipos son principalmente utilizados para la purificación de líquidos como la desalación o destilación de agua, utilizando la radiación solar como fuente energética, es una técnica que aporta grandes ahorros económicos en cuanto al consumo de electricidad y petróleo, sin mermas en la calidad del producto, las experiencias ya acumuladas en la destilación solar del agua de mar o salobre es una opción tecnológica y económicamente factible, que puede ser utilizada por cualquier país con necesidades del preciado líquido.

Los destiladores solares pueden ser construidos de muchas formas y con diferentes materiales, así como destinados a diferentes usos, estos pueden construirse fijos o portátiles, así como instalarse permanentemente o de forma transitoria, se pueden construir masivamente en las industrias, o uno por uno in situ e incluso pueden ser de construcción casera (ECURED, s.f.)

8.10 Evaporación del agua

Evaporación consiste en el proceso físico mediante el cual una sustancia líquida pasa lenta y gradualmente al estado de vapor, pasando del estado de la materia líquido al gaseoso (Significados, 2018). La presión de vapor del agua es mucho mayor que la de las sales minerales, lo que hace que, al calentar una solución de agua con sales minerales, aquélla se evapore mientras éstas se quedan en la charola, por lo que se logra una separación eficiente.

Para facilitar la evaporación, conviene que el evaporador tenga un área grande comparada con el volumen de destilando que puede contener, esta conveniencia coincide con la necesidad de tener también la mayor área posible para colección de energía solar (HERMOSILLO, 1989)

8.11 Condensación

Se denomina condensación al proceso físico que consiste en el paso de una sustancia en forma gaseosa a forma líquida, este cambio de fase genera una cierta cantidad de energía llamada “calor latente”. El paso de gas a líquido depende, entre otros factores, de la presión y de la temperatura, el proceso de condensación suele tener lugar cuando un gas es enfriado hasta su punto de rocío, este punto también puede ser alcanzado variando la presión (ABSORSISTEM).

8.12 Diferencia entre el DNI, DHI Y GHI

La irradiancia normal directa (DNI) es la cantidad de radiación solar recibida por unidad de área por una superficie que siempre se mantiene perpendicular (o normal) a los rayos que vienen en línea recta desde la dirección del sol en su posición actual en el cielo, por lo general, puede maximizar la cantidad de irradiancia recibida anualmente por una superficie manteniéndola normal a la radiación entrante, esta cantidad es de particular interés para concentrar instalaciones solares térmicas e instalaciones que rastrean la posición del sol.

La irradiancia horizontal difusa (DHI) es la cantidad de radiación recibida por unidad de área por una superficie (no sujeta a sombra o sombra) que no llega en un camino directo desde el sol, sino que ha sido dispersada por moléculas y partículas en la atmósfera y viene igualmente de todas las direcciones.

La irradiancia horizontal global (GHI) es la cantidad total de radiación de onda corta recibida desde arriba por una superficie horizontal al suelo. Este valor es de particular interés para las instalaciones fotovoltaicas e incluye tanto la irradiancia normal directa (DNI) como la irradiancia horizontal difusa (DHI) (VASHISHTHA, 2012).

- Irradiancia normal directa (DNI)

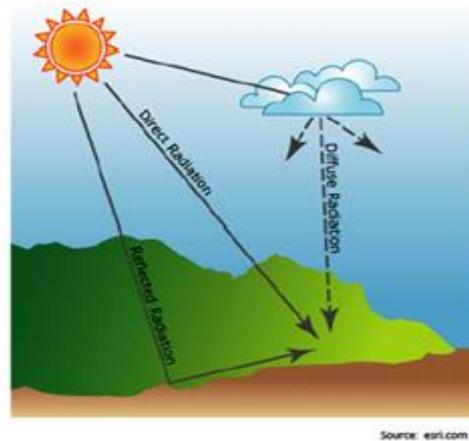


- Irradiancia horizontal difusa (DHI)



Source: nrel.gov

- Irradiancia horizontal global (GHI)



Source: esri.com

Horizontal global (GHI) = Directo Normal (DNI) X cos (θ) + Horizontal difuso (DHI)



8.13 Marco legal

En función de la pirámide de Kelsen y por su jerarquía se ha definido la siguiente base legal:

8.13.1 Constitución de la República del Ecuador

Constitución de la República del Ecuador (Ecuador, 2008) Publicada en el Registro

Oficial No. 449 20 de octubre de 2008

TÍTULO II DERECHOS

Capítulo segundo Derechos del buen vivir

SECCIÓN PRIMERA Agua y Alimentación

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art. 14.- La Constitución de la República del Ecuador reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 5- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende; 8. El desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías alternativas no contaminantes, renovables, diversificadas y de bajo impacto ambiental.

8.13.2 Código Orgánico Ambiental

Para el Código Orgánico Ambiental (COA, 2017) se estipula lo siguiente:

Art.413.- de la Constitución de la República del Ecuador dispone que el Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua;

Art. 245.- Obligaciones generales para la producción más limpia y el consumo sustentable. Todas las instituciones del Estado y las personas naturales o jurídicas, están obligadas según corresponda, a:

1. Incorporar en sus propias estructuras y planes, programas, proyectos y actividades, la normativa y principios generales relacionados con la prevención de la contaminación, establecidas en este Código;
2. Optimizar el aprovechamiento sustentable de materias primas;
3. Fomentar y propender la optimización y eficiencia energética, así como el aprovechamiento de energías renovables;
4. Prevenir y minimizar la generación de cargas contaminantes al ambiente, considerando el ciclo de vida del producto;
5. Fomentar procesos de mejoramiento continuo que disminuyan emisiones;
6. Promover con las entidades competentes el acceso a la educación para el consumo sustentable;
7. Promover el acceso a la información sobre productos y servicios en base a criterios sociales, ambientales y económicos para la producción más limpia y consumo sustentable;
8. Coordinar mecanismos que faciliten la transferencia de tecnología para la producción más limpia;
9. Minimizar y aprovechar los desechos; y,
10. Otros que la Autoridad Ambiental Nacional dicte para el efecto.

9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPOTESIS

- ¿Es un destilador una fuente sostenible de agua para consumo humano para entornos domésticos áridos?

Si, el destilador solar dimensionado adecuadamente puede constituirse en una fuente sostenible de agua adecuadamente para consumo humano, como lo verifican los análisis de producción y físico-químicos y microbiológicos

10.METODOLOGÍA /DISEÑO NO EXPERIMENTAL.

El tipo de investigación que se realizó en la tesis será de carácter cuantitativo, de manera analítica y descriptiva para llevar a cabo los objetivos planteados.

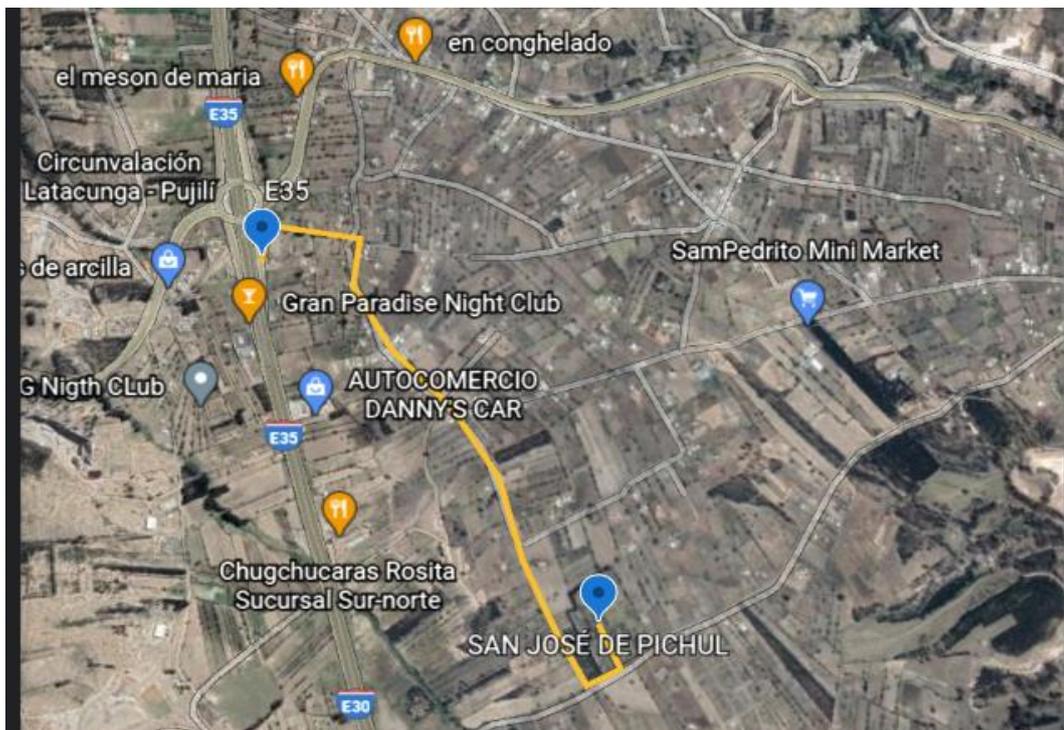
10.1Ubicación

Para el desarrollo del presente proyecto se realizó en la ciudad de Latacunga en la comunidad de San José de Pichul.

Tabla 3: Ubicación Geográfica

X	Y	ALTURA
-0.9420534	-78. 6503995	2926

Elaborado por: Karina J. (2020)



Fuente: Google earth

Elaborado por: Karina J. (2020)

10.3 Diseño de un prototipo de un destilador solar de alta eficiencia

Para llevar a cabo el cumplimiento de este objetivo se hizo una previa revisión bibliográfica en revista, libros o expertos en la materia con información relacionada a diseño y construcción de un destilador solar sencillo enfocado en materiales de bajo costo.

10.3.1 Elección del diseño

La elección del tipo de diseño deseado fue planteado de acuerdo a las fuentes bibliográficas consultadas, se consideró un destilador tipo caseta el equipo de forma rectangular con fondo negro y una cubierta transparente de vidrio para la captación de energía solar.

10.3.2 Diseño

El diseño del prototipo fue realizado en el software (SKETCHUP) ya que es un programa de diseño en 3D que permite realizar de forma sencilla modelos fotorealistas con sus respectivas mediciones en planificación urbana, arquitectura, ingeniería civil, diseño industrial, diseño escénico, GIS, videojuegos o películas.

10.3.3 Construcción

La construcción del prototipo planteado se realizó en la comunidad de San José de Pichul de la ciudad de Latacunga donde se realizó los respectivos estudios de la eficiencia del sistema de destilación, cuenta con ángulos de inclinación que puedan recolectar intensamente la energía solar, por medio de este destilador se puede reproducir el ciclo del agua a menor escala con un ángulo de 45° en cada lado y es más eficiente en la captación de energía y permite el deslizamiento del agua destilada por sus paredes correctamente.

10.4 Implementación del destilador solar para la evaluación de producción de agua destilada bajo los parámetros de diseño

Una vez puesto en funcionamiento el equipo se tomó en cuenta la demanda de consumo de agua diaria por persona estimada en 3lt este dato se obtuvo mediante una encuesta realizada a las personas involucradas en el proyecto, por lo que se desea que el sistema produzca un abastecimiento diario para 5 persona.

10.4.1 Técnica para recolección de datos

10.4.1.1 Encuestas

Mediante la encuesta realizada se pudo obtener datos exactos de las necesidades básicas, económica, sociales sobre el agua y lo importante que es el líquido vital para el ser humano.

El tamaño de la muestra es de 10 personas, las personas encuestadas viven en un sector con bajo déficit de agua potable, cuentan con agua no apta para consumo humano debido al mal tratamiento que realizan las autoridades.

10.4.1.2 Formulación de preguntas

1. ¿Dispone usted de agua potable?
 - Si
 - No
2. ¿Cuál es su fuente de agua para consumo humano?
 - Red (tubería)
 - Pluviales (agua de lluvia)
 - Subterráneas
 - Tanqueros
3. ¿Conoce de la calidad del agua que dispone en su domicilio?
 - Si
 - No
4. ¿Cómo calificaría la calidad del agua que dispone en su domicilio?
 - Buena
 - Regular
 - Mala
5. ¿Cuántos litros de agua consume al día?
 - 0 litros
 - 1 litro
 - 2litros
 - 3 litros
 - 4 litros
 - 5 litros
6. ¿Usted consume agua embotellada?

- Si
 - No
7. ¿Usted consume agua embotellada por?
- Salud
 - Necesidad
 - Costumbre
 - Ninguna de las anteriores
8. ¿Usted ha escuchado sobre la purificación de agua solar?
- Si
 - No
9. ¿Usted apoyaría a proyectos con iniciativa de purificar el agua?
- Si
 - No
10. ¿Qué tipo de apoyo podría usted brindar hacia un proyecto de purificación de agua?
- Económico
 - Investigación
 - Tecnología

10.3.2 Calidad del agua de la red publica

Mediante un análisis de laboratorio se realizó un análisis físicos-químicos y microbiológicos, mediante el oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica, coliformes fecales, dureza total, color, turbidez, nitritos y nitratos se determinará la calidad en la que se encuentra el agua de red de tubería de la comunidad de San José de Pichul líquido vital que llega a los domicilios de los núcleos familiares.

10.3.3 Toma de datos del agua destilada

En este punto se utilizó el programa (SOLCAST) (tecnología de evaluación de recursos solares y datos de pronóstico para irradiancia y energía fotovoltaica, utilizando la información de una flota global de satélites meteorológicos) para la recolección de datos de destilación y la evolución de producción del equipo durante el día en los meses de mayo y junio, se realizó mediante el grado de radiación cada 1 hora desde las 6 am hasta las 4pm, este programa nos permite datos de irradiancia normal directa, irradiancia horizontal difusa e irradiancia horizontal global, para

sistematización de datos de agua destilada se realizara mediante la radiación total del día y correlación de irradiancia normal directa.

10.3.4 Toma de muestras para el laboratorio de agua destilada.

Para que el agua sea apta para consumo humano se realizó análisis físicos-químicos y microbiológicos, para este punto se realizó un solo muestreo de agua destilada del prototipo construido, los parámetros a analizar serán oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica, coliformes fecales, dureza total, color, turbidez, nitritos y nitratos.

10.3.5 Análisis del laboratorio

Las muestras de agua fueron tomadas en la comunidad de San José de Pichul la interpretación y análisis de los resultados se realizará con la Normativa de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, que se encuentra Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA), Libro VI, Anexo 1, para sus límites máximos permisibles. La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

Las aguas destinadas a uso de consumo humano deberán cumplir con los siguientes criterios de calidad

Tabla 4: Parámetros utilizados de calidad admisibles para aguas de consumo humano según la normativa tulsma.

Parámetro	Expresado como	Unidad	Limites Máximo Permisible
Potencial de hidrogeno	pH	-	6-9
Color aparente	Pt-Co	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad		NTU	5
Conductividad Eléctrica		uS/cm	

Dureza total	CaCO ₃	mg/l	500
Nitritos	N-Nitrito	mg/l	1,0
Nitratos	N-Nitrato	mg/l	10,0
Oxígeno disuelto			No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO			
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600

Elaborado por: Karina Jiménez (2020)

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

11.1 Diseño de un prototipo de destilador solar de alta eficiencia.

11.1.1 Estudio Teórico de los Diferentes Diseños de Destiladores Solares

- **Destilador solar de una vertiente.** - Consiste de una caja cubierta por un cristal inclinado, la caja está dividida en dos compartimientos: uno con el fondo de color negro donde se coloca el agua a evaporar y que ocupa la mayor parte de la caja y el otro el receptáculo donde se recoge el agua destilada y que se encuentra en el lado de menor altura (Sitiosolar).



Fuente: (Sitiosolar)

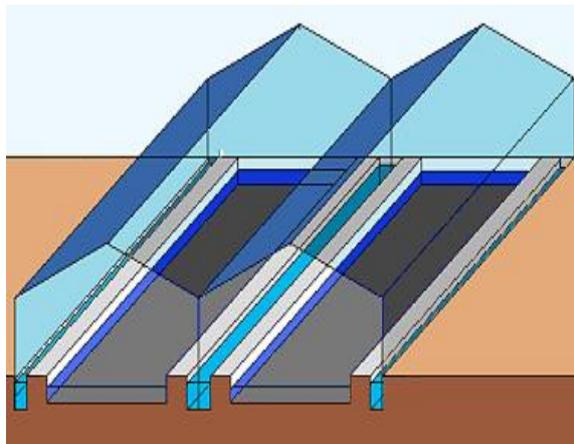
- **Destilador solar de dos vertientes o tipo caseta.** – Este destilador es el más conocido en el mundo consiste de material transparente de dos vertientes, la

radiación del sol pasa a través del vidrio y se evapora el agua y luego condensa en el panel transparente se deslizan por los lados de la fibra de vidrio (Colmenares & Pizon, 2013).



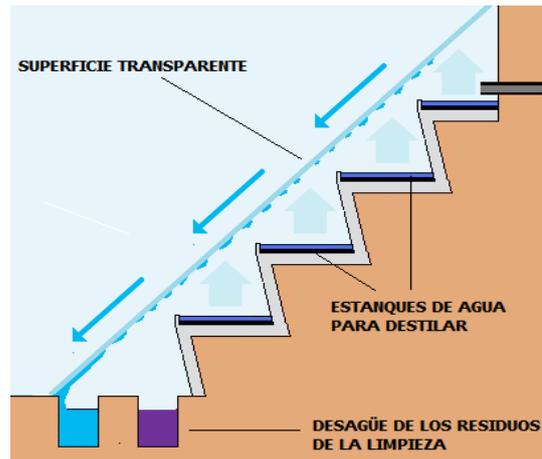
Fuente: (Sitiosolar)

- **Destilador solar de invernadero.** - Consiste en una bandeja poco profunda y con el fondo de color negro, donde se almacena el agua a destilar, el agua evaporada se condensa en las paredes del invernadero y se desliza hacia los receptáculos situados en la base de las paredes (Fonseca, 2017).



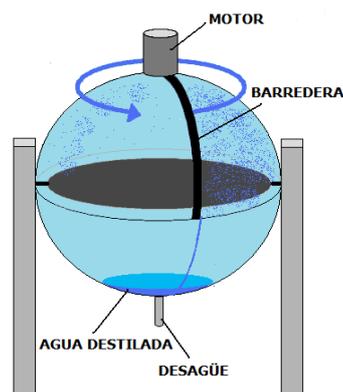
Fuente: (Sitiosolar)

- **Destilador solar de cascada.** - Consiste en la inclinación de dos caras, con pequeños estanques con fondo de color negro colocados a corta distancia de la cubierta del vidrio, llenos de agua para destilar, este equipo es modular y puede ser separada la una cara de la otra porque es completamente independiente (Albuja & Pazmiño, 1989).



Fuente: (Sitiosolar)

- **Destilador solar esférico de barrera.** - Está compuesto de una esfera de material transparente, así como de la introducción de una barrera que se desliza en su cara interna, accionada por un pequeño motor. En una bandeja con fondo de color oscuro situada en la parte central de la esfera se coloca el agua a destilar (Roman & Urbina, 2017).



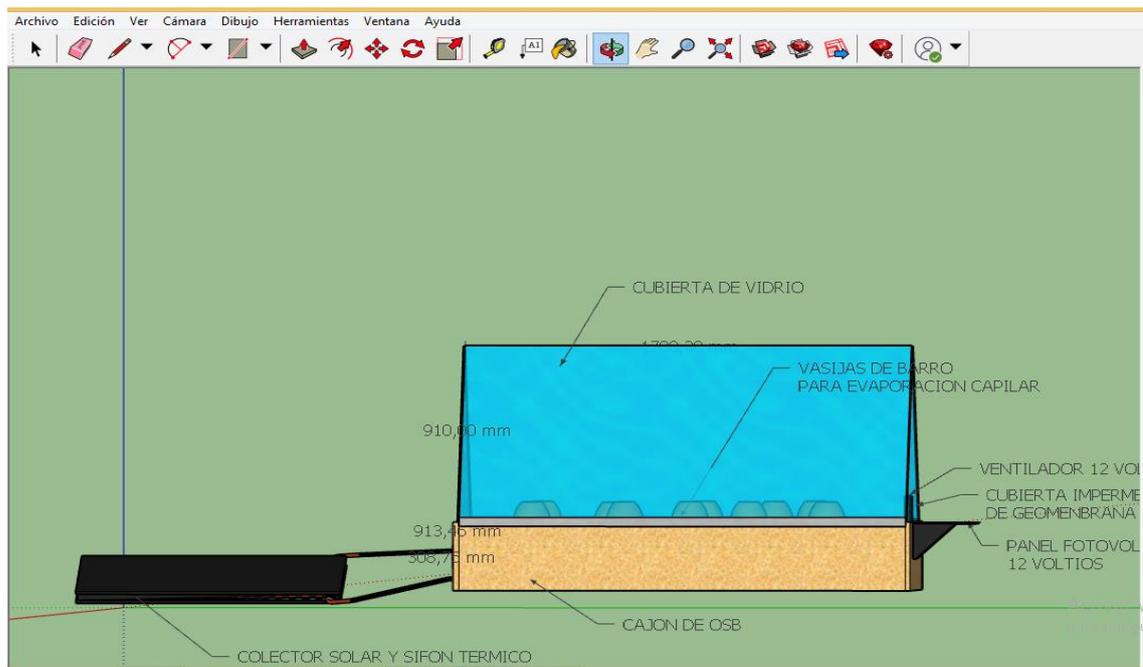
Fuente: (Sitiosolar)

11.1.2 Diseño del prototipo realizado en el programa Sketchup

Se diseñó un prototipo de un destilador solar en donde está conformado por un cajón que tiene un ancho de 910,00mm y una longitud de 1788,30mm. La altura del cajón de evaporación es de 300mm., en la parte interior fue cubierta con geomembrana para

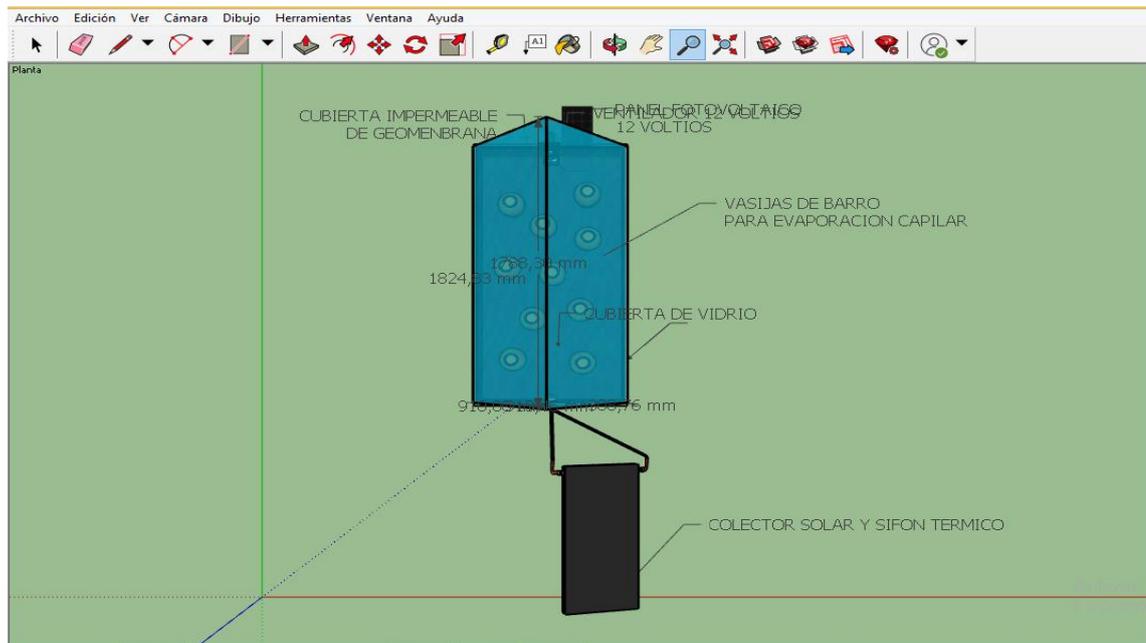
evitar las pérdidas de agua por infiltración. Se colocara vasijas de barro para acelerar la evaporación capilar. El material que cubre el cajón esta reforzado con fibra de vidrio. La cobertura del vidrio tiene una inclinación de 45° en donde las dos capas laterales se unen y forman un triángulo permitiendo el deslizamiento de las gotas de el agua destilada por la superficie interna del mismo hasta el canal de recolección, así dirigiéndose hacia un sistema de luz ultravioleta que se acopla directamente al recolector solar. El sifon térmico se acopla al destilador para incrementar la cantidad de radiación integrada en el sistema.

Figura 1: Vista lateral del destilador



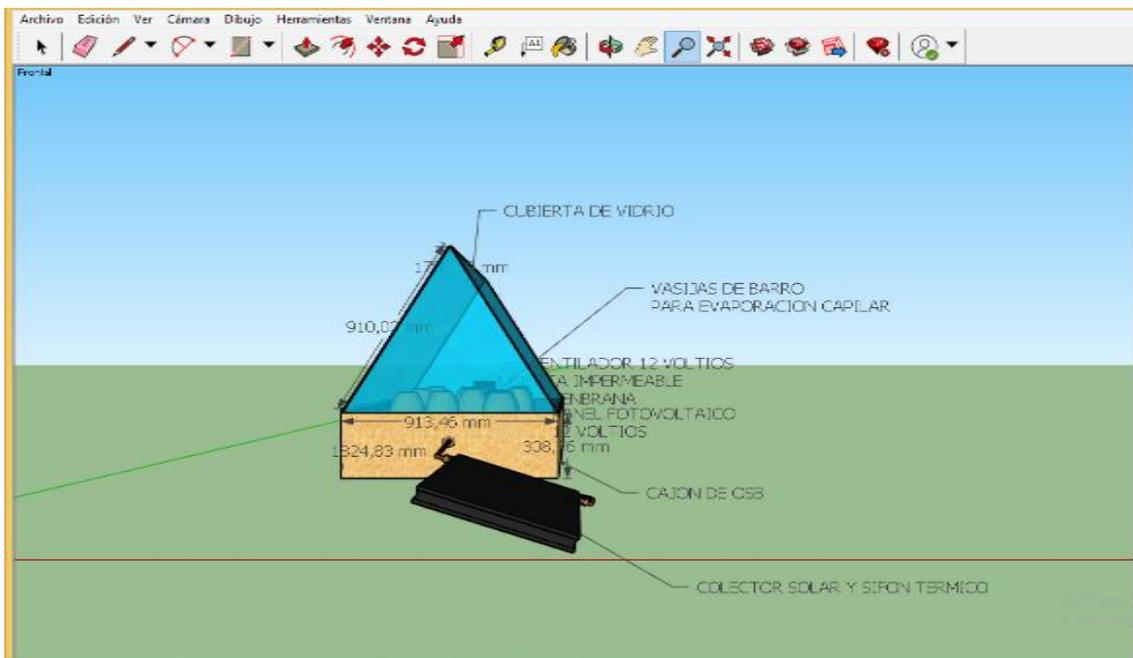
Elaborado por: Karina Jiménez (2020)

Figura 2: Vista superior del destilador



Elaborado por: Karina Jiménez (2020)

Figura 3: Vista frontal del destilador



Elaborado por: Karina Jiménez (2020)

11.1.3 Construcción del prototipo

Para la construcción se realizó una observación directa de las condiciones climáticas del lugar para la elección de los materiales adecuados.

Para la bandeja se utilizó madera OSB. En la parte interior esta cubierta con geomembrana para evitar cualquier filtración de agua; para la cubierta se utilizó vidrio transparente de 6 líneas sostenido hacia la madera por perfiles de aluminio. Estos perfiles también sirven como canales de conducción del agua destilada que se desprende de las paredes del vidrio hacia el sifón de recolección.



11.2 Evaluación de la producción de agua bajo los parámetros de diseño.

11.2.1 Análisis de laboratorio de la calidad de agua de la red pública

Tabla 5: Resultados de los análisis físico-químico y microbiológicos de agua de la red de tubería

Parámetro	Unidad	Agua cruda	LMP
FISICO-QUIMICO			
Potencial hidrógeno	U. PH	7.37	6-9
Color aparente	Pt-Co	2.5	15
Turbiedad	NTU	1.1	5
Conductividad eléctrica	uS/cm	304.1	
Dureza total	mg/L	760	500
Nitritos	mg/L	0	1,0
Nitratos	mg/L	30	10,0
Oxígeno disuelto		8.8	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
MICROBIOLOGICO			
Colibacilos fecales	ufc/100ml	0	

Elaborado por: Karina Jiménez (2020)

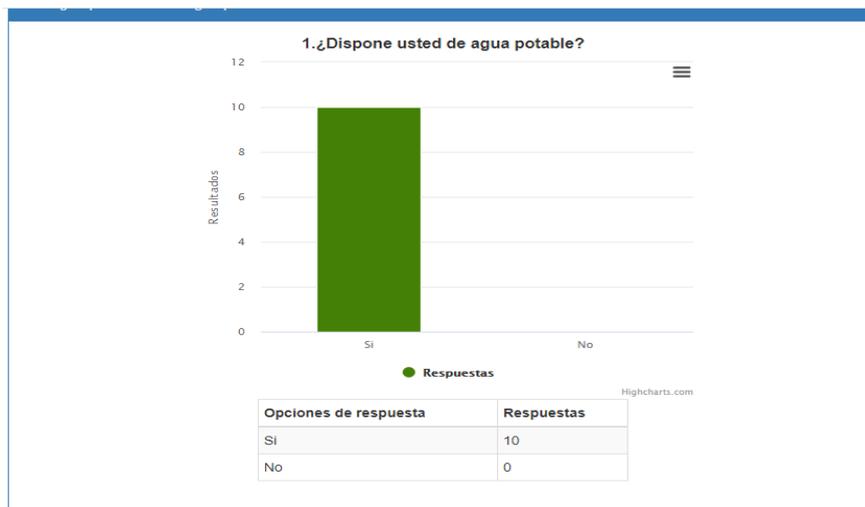
Los resultados respecto a la calidad del agua para consumo humano de la comunidad de San José de Pichul de la red pública del domicilio mediante la normativa TULSMA se determinó que antes de pasar por el proceso de destilación los resultados de los análisis físicos químicos presentan alto grado de concentración en todos los parámetros, mediante la conductividad eléctrica y la dureza total presenta un alto grado de concentración de sales y es una agua dura lo cual no es apta para el consumo

humano, para el mejoramiento de esta fuente de agua mediante la destilación se verificara la reducción de sales de esta manera obteniendo una agua limpia y saludable.

11.2.2 Encuestas aplicadas

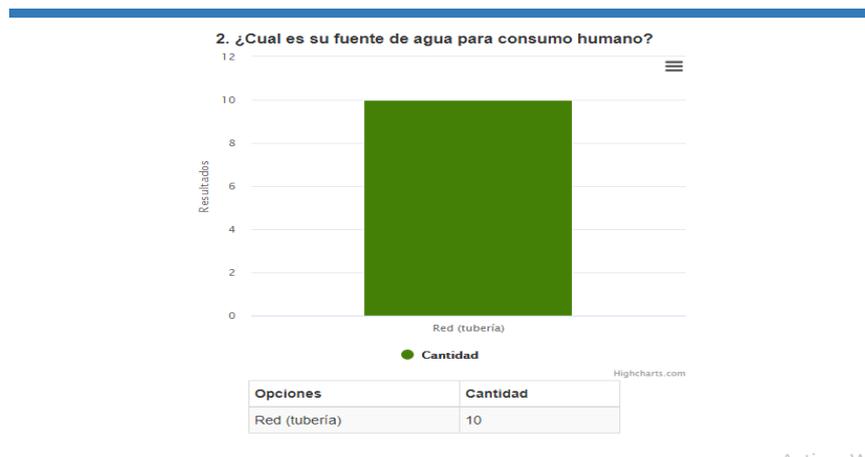
La encuesta se realizó en el programa online Survey.

Figura 4: Pregunta 1. ¿Dispone usted de agua potable?



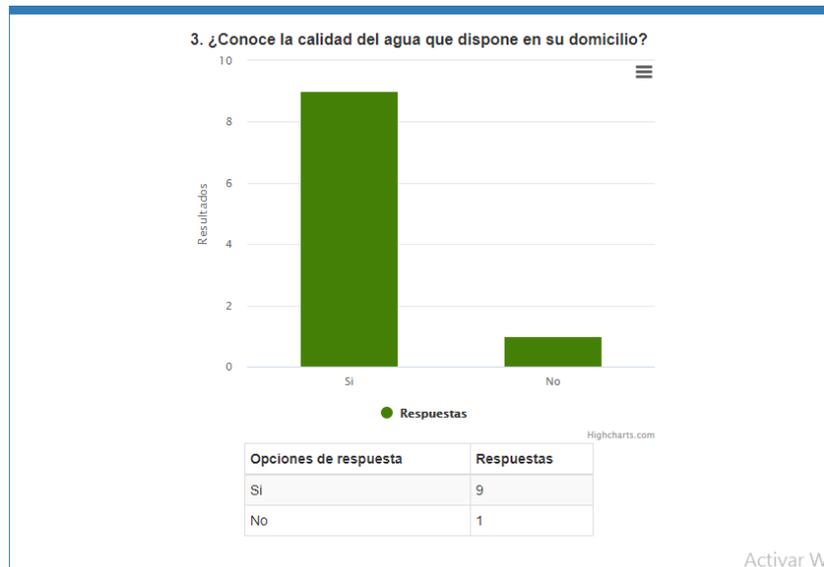
Las personas encuestadas en su totalidad tienen agua potable en su domicilio, pero este líquido vital que llega a sus domicilios no es apto para consumo humano.

Figura 5: Pregunta 2. ¿Cuál es su fuente de agua para consumo humano?



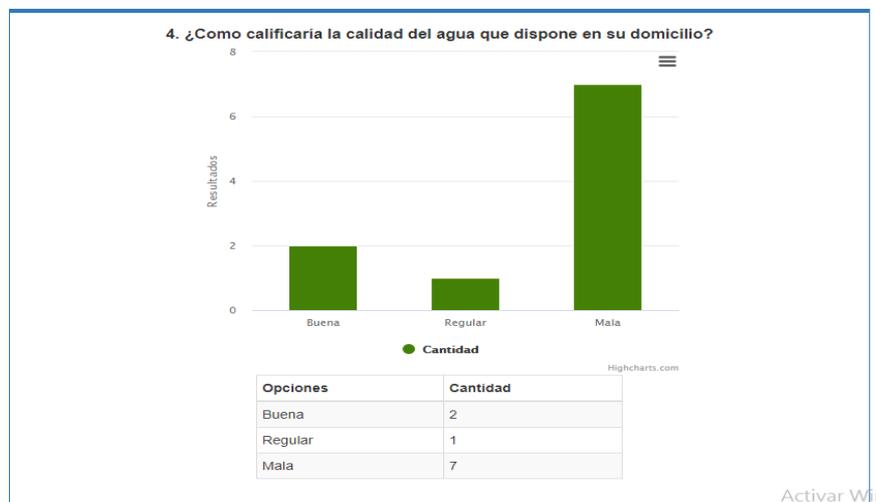
Las personas encuestadas en su totalidad por medio de Red de tubería obtienen agua en sus domicilios no apta para consumo humano que solo es utilizada para servicio higienico, el agua para consumo humano o agua dulce obtienen mediante tanqueros que pasan una vez por semana.

Figura 6: Pregunta 3. ¿Conoce de la calidad del agua que dispone en su domicilio?



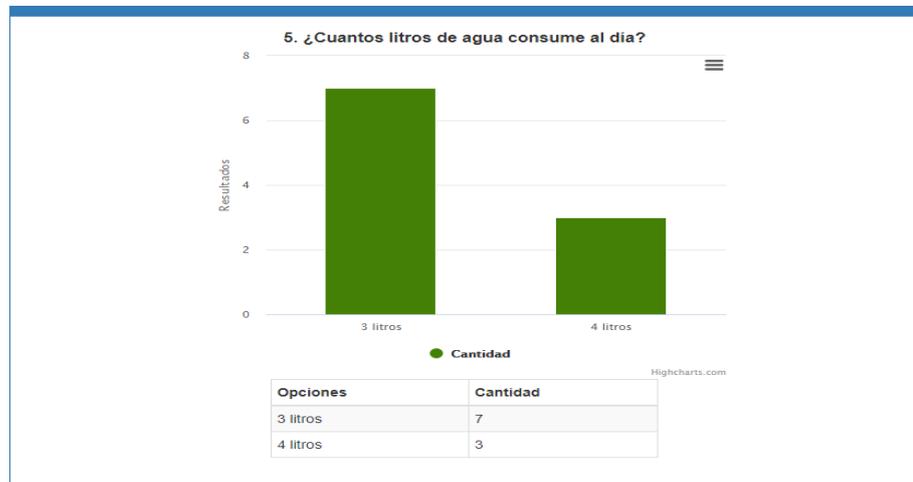
La mayoría de las personas encuestadas conocen la calidad de agua que llega a sus hogares.

Figura 7: Pregunta 4. ¿Cómo calificaría la calidad del agua que dispone en su domicilio?



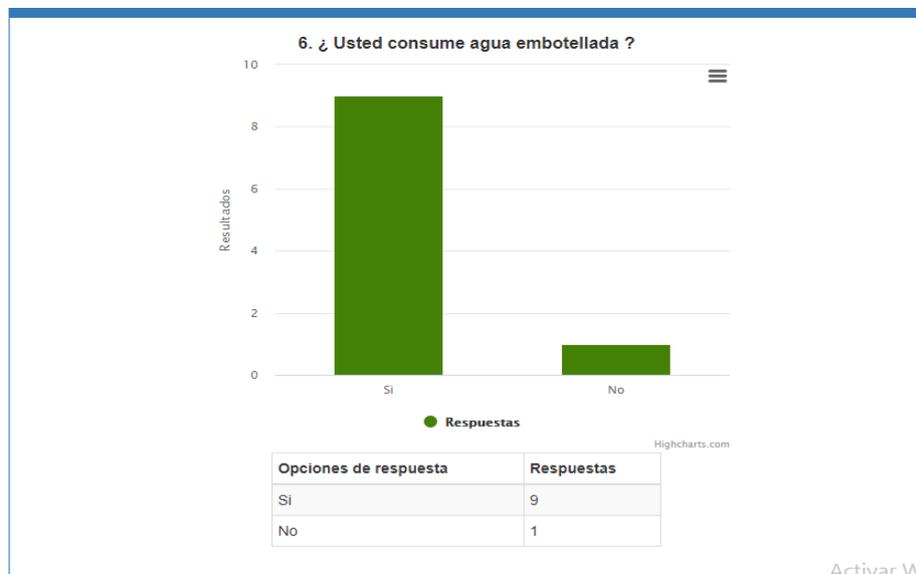
En la pregunta anterior las personas estaban concientes de la calidad de agua que obtienen en sus hogares, de esta manera la mayoría determinas que el agua es de mala calidad debido a que el líquido que llega a sus domicilios es salada.

Figura 8: Pregunta 5. ¿Cuántos litros de agua consume al día?



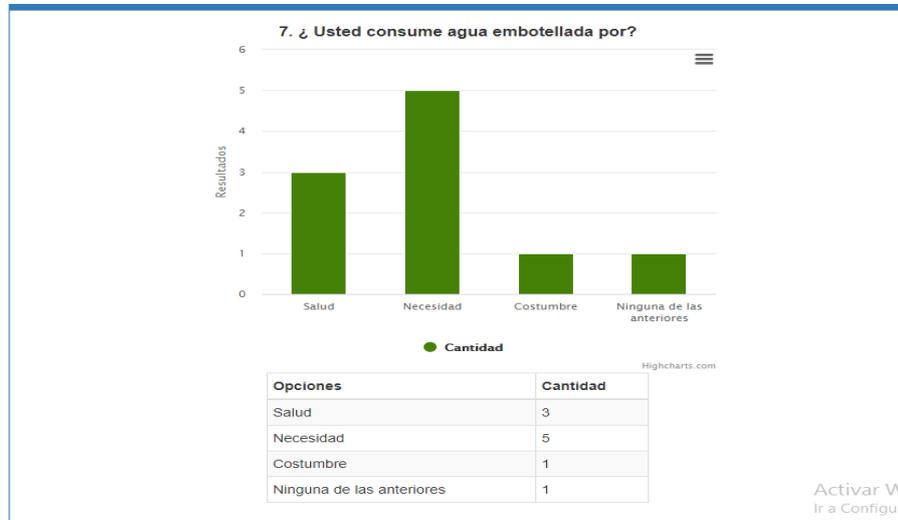
Al analizar la pregunta en la cual tiene un rango de 1lt a 5lt los encuestados en su mayoría respondieron 3lt lo que se determinó que en el día una persona consume 3lt de agua.

Figura 9: Pregunta 6. ¿Usted consume agua embotellada?



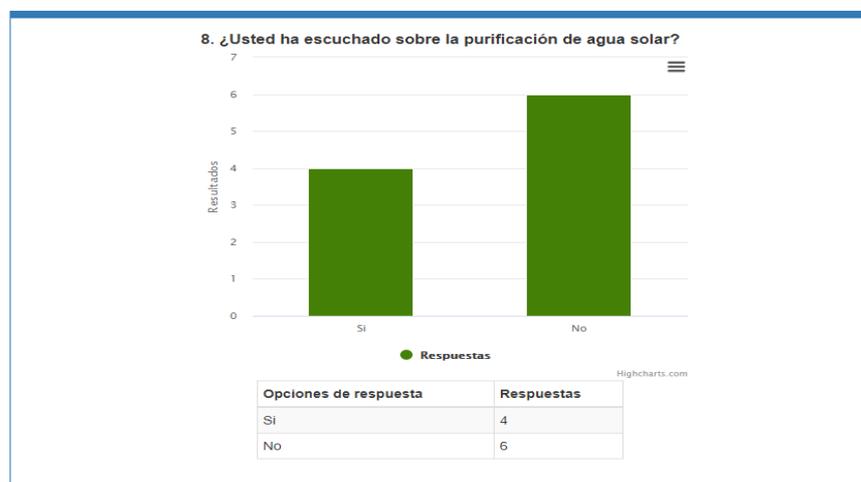
En esta pregunta se determinó que debido a la mala calidad de agua que llega a sus hogares pues debido a que no cuentan con agua de buena calidad optan por comprar agua embotellada para beber.

Figura 10: Pregunta 7. ¿Usted consume agua embotellada por?



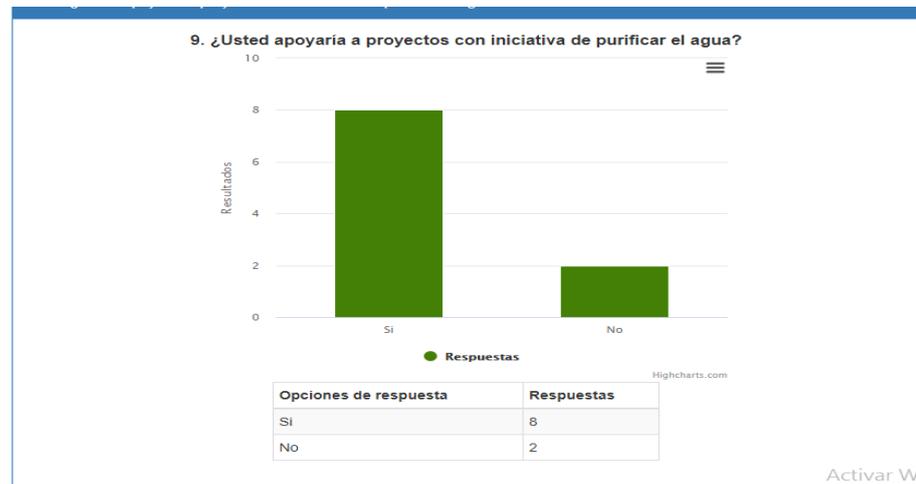
Las personas consumen agua embotellada por; 5 personas por necesidad, 3 por salud, 1 por costumbre y 1 ninguna de las anteriores, esto sucede debido a que no confían en la calidad de agua que llega sus hogares, ya sea por red o tanqueros.

Figura 11: Pregunta 8. ¿Usted ha escuchado sobre la purificación de agua solar?



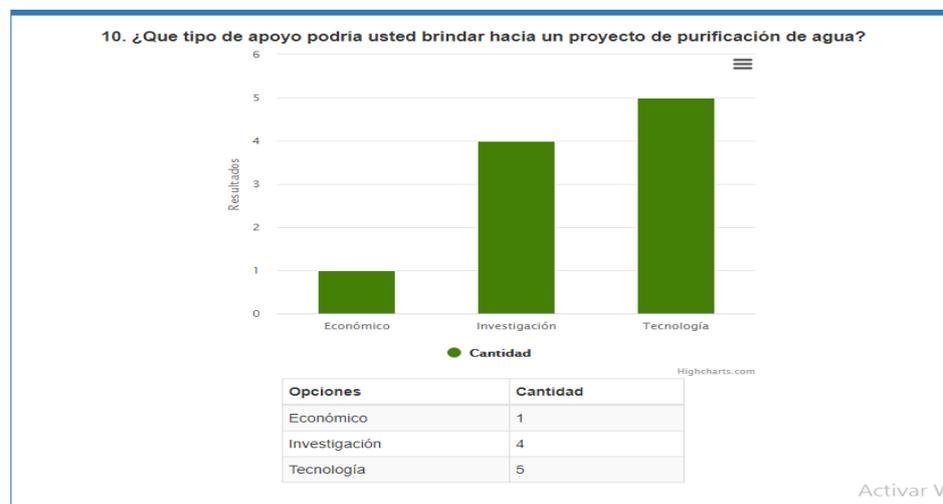
Al analizar la pregunta la mayoría de las personas no conocen sobre proyectos renovables de purificación de agua mediante energía solar las personas mencionaron que no conocen ningún tipo de transformación de agua dulce a excepto de las 4 personas que si tienen conocimiento sobre el tema.

Figura 12: Pregunta 9. ¿Usted apoyaría a proyectos con iniciativa de purificar el agua?



La mayoría de las personas encuestadas mencionaron que si el precio es accesible no habría ningún problema ya que el equipo cuenta con importantes beneficios el de suministrar agua dulce, la minoría de las personas no estuvieron de acuerdo mientras el precio sea adecuado.

Figura 13: Pregunta 10. ¿Qué tipo de apoyo podría usted brindar hacia un proyecto de purificación de agua?

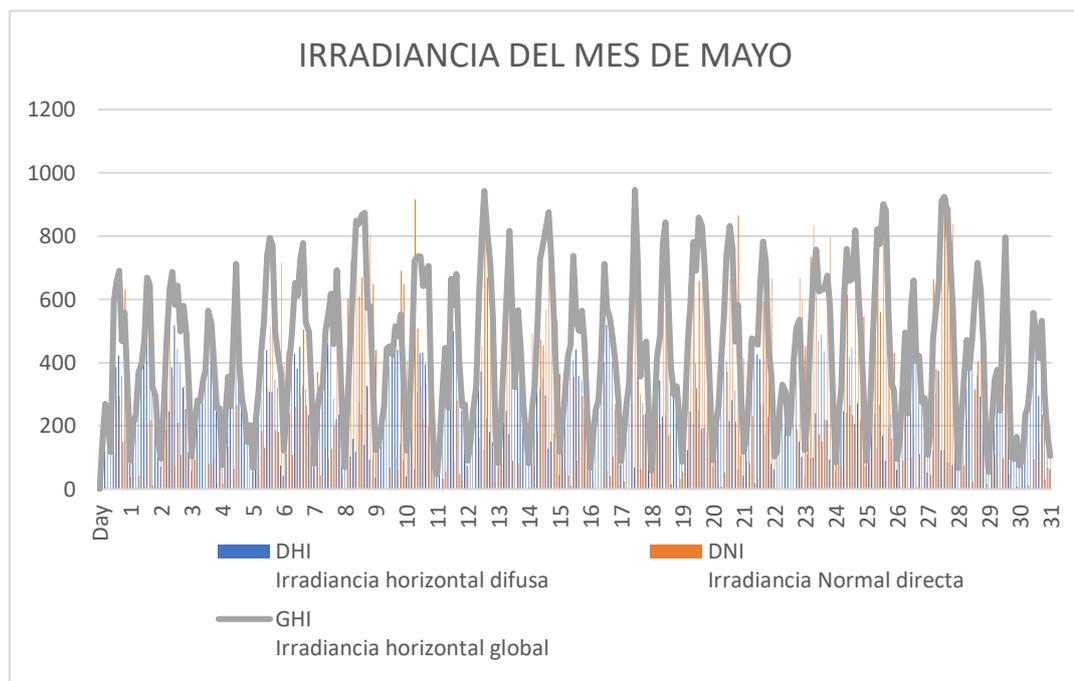


La mitad de las personas encuestadas apoyaría con diferente tecnología para su respectiva construcción, las 4 personas ayudarían a la investigación profunda y necesaria para su funcionamiento y la una persona quien determino que también es necesario un aporte económico para dicho proceso, este pequeño grupo de personas consideran que están muy convencidos de los resultados del sistema.

11.2.3 Datos de irradiancia DHI, DNI, GHI para la recolección de agua.

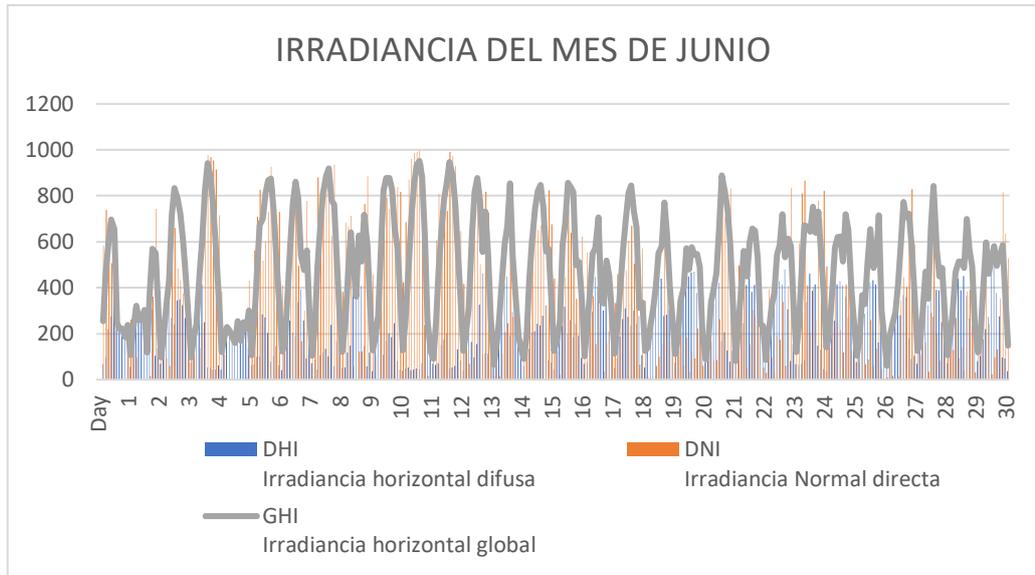
Las bases de datos de irradiancia del mes de mayo y junio se obtuvieron mediante el programa SOLCAST de esta manera se pudo sistematizar la irradiación DHI, DNI Y GHI. Para el proceso de destilación la irradiación principal es la DNI ya que son los rayos en línea recta desde la dirección del sol son los únicos rayos que pueden atravesar el vidrio del equipo para el proceso de destilación y todas sus funciones térmicas.

Figura 14. Perfil de disponibilidad de variación de datos de irradiancia DHI, DNI y GHI del mes de mayo.



Elaborado por: Karina Jiménez (2020)

Figura 15. Perfil de disponibilidad de variación de datos de irradiancia DHI, DNI y GHI del mes de junio.

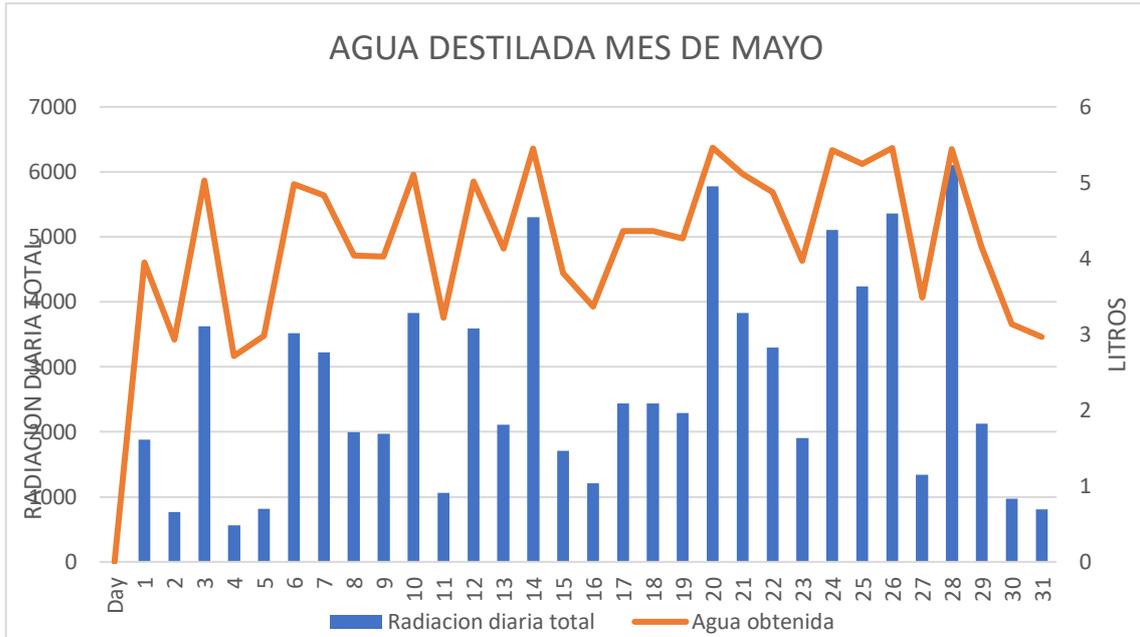


Elaborado por: Karina Jiménez (2020)

11.2.4 Eficiencia del destilador

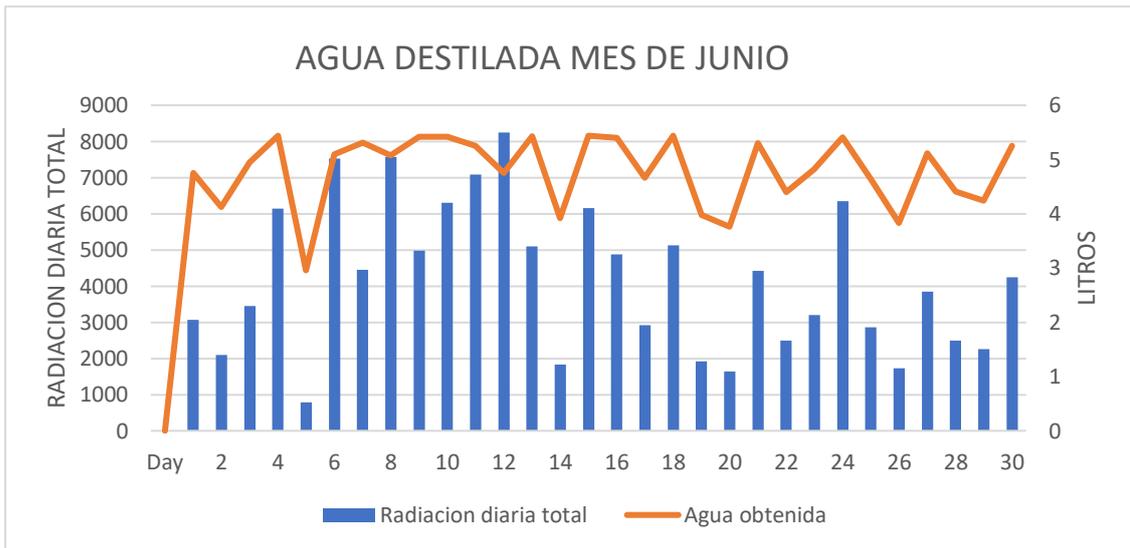
Para la base de datos de la eficiencia del destilador se realizó una correlación con la radiación total del día, de esta manera se pudo determinar la cantidad total de agua destilada, teniendo en cuenta que a mayor radiación mayor destilación y menor radiación menor destilación. De esta manera se realizó un análisis entre los dos meses de medición en los días con una radiación máxima de 8000 Wh/m² se obtuvo 5 litros/día/m² y los días con menor radiación de hasta 100 Wh/m² se obtuvo 2 litros/día/m². Para obtener esta cantidad de agua destilada se añadió en el equipo 20 litros/día/m².

Figura 16. Perfil de datos de agua destilada diaria, correlación con la irradiación DNI del mes de mayo.



Elaborado por: Karina Jiménez (2020)

Figura 17. Perfil de datos de agua destilada diaria, correlación con la irradiación DNI del mes de junio.



Elaborado por: Karina Jiménez (2020)

11.2.5 Resultados de análisis de la calidad de agua producida por el destilador.

Los análisis de laboratorio fueron realizados en la ciudad de Ambato en el laboratorio LAQUIFARVA.

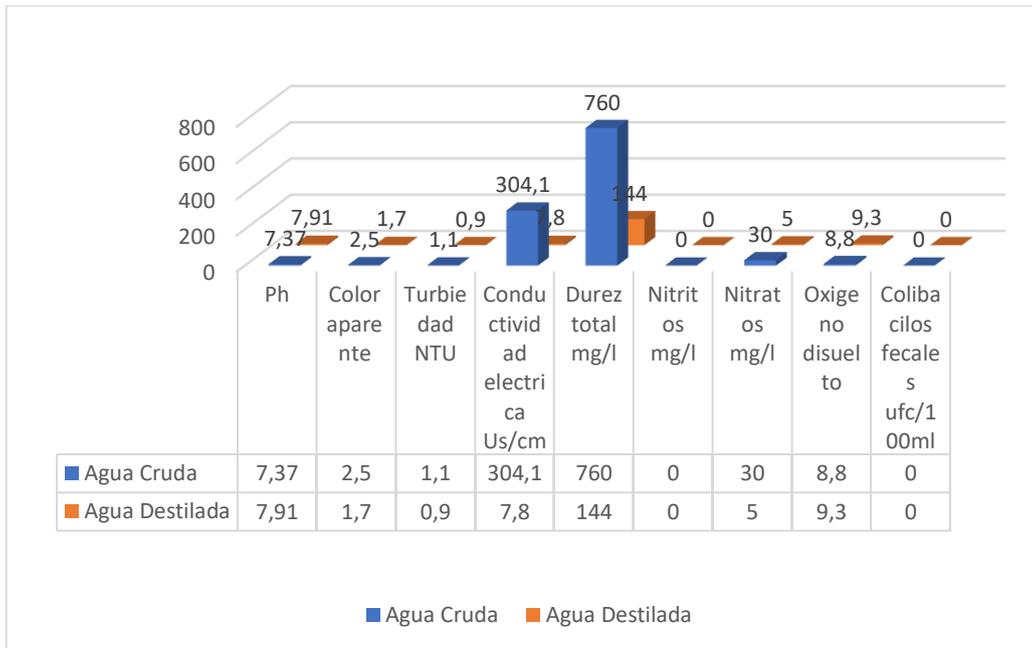
Tabla 6: Resultados de los análisis físico-químico y microbiológico del agua generada por el destilador.

Parámetro	Unidad	Agua destilada	LMP
FISICO-QUIMICO			
Potencial hidrógeno	U.pH	7.91	6-9
Color aparente	Pt-Co	1.7	15
Turbiedad	NTU	0'9	5
Conductividad eléctrica	uS/cm	7.8	
Dureza total	mg/L	144	500
Nitritos	mg/L	0	1,0
Nitratos	mg/L	5	10,0
Oxígeno disuelto		9.3	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
MICROBIOLOGICO			
Colibacilos fecales	ufc/100ml	0	

Elaborado por: Karina Jiménez (2020)

Una vez realizado la evaluación de los resultados del laboratorio de los parámetros físicos químicos y microbiológicos del agua destilada se procedió a su respectivo análisis donde se estableció que los valores comparados con la tabla TULSMA todos se encuentran dentro del rango de los LMP de aceptación para un agua ligeramente básica. Para garantizar que el agua cumpla con las condiciones establecidas para el consumo humano también fueron comparados con la normativa INEN 1108 “Control de calidad del agua potable” (NTE INEN 1108, 2011).

Figura 18: Análisis comparativo de agua



De los resultados y análisis del agua cruda y agua destilada por medio de una comparación de resultados se determinó que el agua destilada presenta un pH de 7.91, color 1.7, turbiedad 0,9 NTU, la reducción de sales disueltas en el agua mediante la conductividad eléctrica de 7.8 uS/cm, una dureza total de 144 mg/l, nitritos 0, nitratos 5, oxígeno disuelto 9,3 y no existe presencia de colibacilos fecales, se obtuvo de una agua cruda a una agua ligeramente básica lo cual el agua destilada es apta para consumo humano, ya que cumplen con los valores máximos aceptables establecidos por las normativas y mediante el destilador solar se logró reducir todas las concentraciones de los parámetros analizados de las características físicos-químicos y microbiológicos, mediante la conductividad eléctrica se pudo determinar la concentración total de sales disueltas en el agua, a través de este análisis se obtuvo resultados positivos por parte del agua destilada debido al alto grado de concentración de cada uno de los parámetros en el agua cruda.

11.3 Propuesta de producción de agua destilada para las necesidades básicas para entornos domésticos áridos

11.3.1 Diagnostico

Por medio de un estudio de las encuestas y observación directa se determinó que las familias que viven en San José de Pichul carecen de agua dulce debido a que el líquido

que llega a sus domicilios es agua no apta para consumo humano y tienen la necesidad de obtener de otra manera agua dulce como es comprando agua embotellada y representa un valor no al alcance de su bolsillo, a pesar de que una vez por semana el tanquero del municipio llega a repartir el agua potable las familias no se sienten seguras de la calidad del líquido es por ello que optan por comprar agua embotellada.

La siguiente propuesta tiene como objetivo dar a conocer un sistema que sea capaz de transformar el agua que llega a sus hogares (agua salada) mediante red de tubería lo cual no es apta para consumo humano convertirla en agua dulce y dar una nueva solución de abastecimiento y la reducción de costo.

11.3.2 Desarrollo

Mediante el análisis de la encuesta se determinó que una persona necesita consumir mínimo 3 litros de agua diaria, a través del estudio realizado se determinó que para una persona el destilador solar de 1m² genera de 2 a 5 litros/día/m² dependiendo de la radiación presentada durante el día, es decir que para un núcleo familiar se necesitó implementar 2 destiladores solares para generar un abastecimiento necesario y satisfactorio.

11.3.3 Factibilidad

El proyecto está enfocado en los bajos costos de los materiales que se utilizará para el equipo, son materiales fáciles de conseguir, sean manejables y duraderos, algunos de los materiales se pueden conseguir en recicladoras de esta manera ayudamos al medio ambiente. La factibilidad de este proyecto tiene una gran utilidad ya que es utilizada con energía solar y ayudamos al desarrollo social de la comunidad mediante los recursos que nos brinda la naturaleza de esta manera el proyecto será más económico.

11.3.4 Diseño y construido

Figura 19: Diseño del destilador

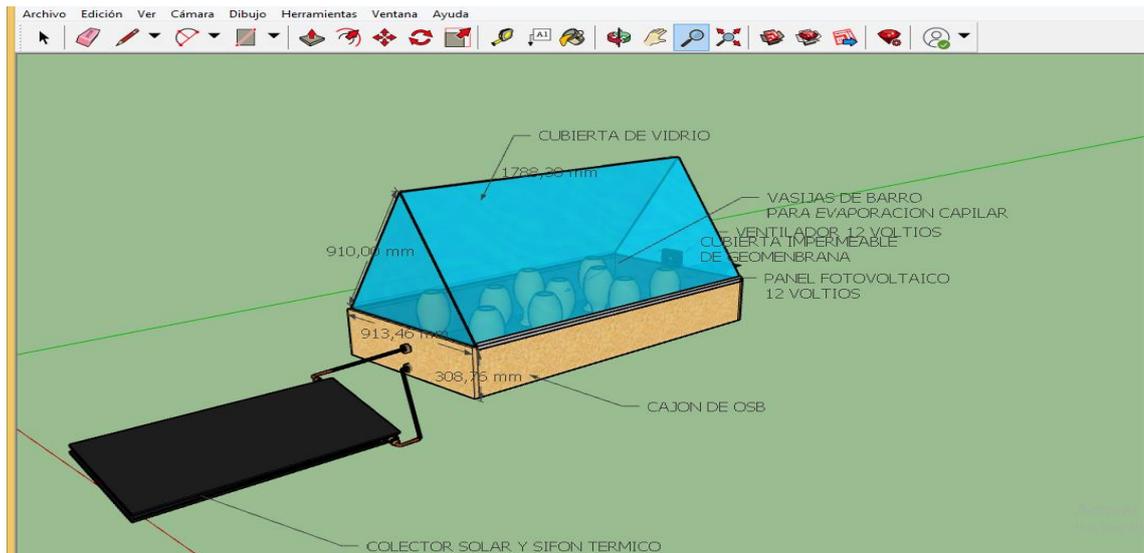


Figura 20: Destilador construido



11.3.5 Materiales

- Tablas OSB recicladas
- Vidrio de 6 líneas
- Geomembrana de 200U
- Perfiles de aluminio
- Mangueras
- Silicona

11.3.6 Costo

Tabla 7: Costos del destilador solar propuesto

Materiales	Costo unitario	Costo total
4 tablas OSB recicladas	\$10	\$40
3 planchas de vidrio de 6 líneas	\$22	\$66
Geomembrana de 200U	\$24	\$24
Perfiles de aluminio	\$12	\$12
Mangeras	\$7	\$7
Silicona	\$7	\$7
Total		\$156

Elaborado por: Karina Jiménez (2020)

11.3.7 Conclusión

- El proyecto tendrá una destilación de 3 a 5 litros de agua diario dependiendo de la radiación solar, servirá como fuente de agua sostenible para el núcleo familiar de agua salada a agua dulce, el costo del proyecto es de bajo precio estable a la economía de las familias

11.3.8 Recomendación

- Limpiar diariamente la cubierta del destilador y los residuos de sales de la bandeja, colocar en un lugar fuera de sombras o de cualquier obstáculo que presente sombra debe instalarse a una altura 1m del suelo.

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

12.1Técnicos

La producción de agua está basada con el área del destilador solar, la intensidad de la radiación solar existente cada día, la altura del vidrio, el agua dentro del recipiente que contiene el equipo, mientras más área de destilación se tiene mayor será la productividad, en este caso como el sistema solo será para una familia pequeña de 5 personas el área se ha considerado no tan excesiva, un poco menos de 2 m², el agua destilada que emerge del destilador solar será para necesidades básicas como consumo diario del ser humano.

12.2 Sociales

Para realizar el proyecto de investigación es importante platicar con la familia que está involucrada sobre los beneficios, ventajas y desventajas del destilador solar, y tener en cuenta que mediante el diseño propuesto se puede obtener sus necesidades básicas de abastecimiento de agua, debido a que el agua que llega a su domicilio por medio de Red de tubería es agua salada y se encuentran en pésimo estado, con la implementación del diseño de un destilador solar utilizando fuentes renovables se mejorara el abastecimiento de agua para las necesidades básicas de uso doméstico.

12.3Ambientales

Con el diseño del destilador solar no se tendrá problemas ambientales ni impactos ambientales en el medio físico, aire, suelo y ruidos, debido a que se utilizara fuentes naturales que nos brinda a naturaleza libremente como es la energía solar, también nos favorece las condiciones climáticas del lugar de San José de Pichul un sector con mucha intensidad de sol.

12.4Económicos

Para la construcción y funcionamiento del destilador solar el costo es sumamente bajos, los materiales para la elaboración se adquieren sin ninguna dificultad se encuentran disponible en los mercados locales, el equipo de destilación generara agua para diferentes procesos permitiendo el ahorro de capital y el desarrollo social.

13. PRESUPUESTO

Tabla 8: Presupuesto

Recursos	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO			
	Cantidad	Descripción	V. Unitario \$	Valor Total
Materiales y suministros	40	Fotocopias	0,1	4
	2	Resmas de papel boom	3.50	7
Tecnológicos	40 horas	Computadora	0,3	12
Vidrio de 6 líneas	4 pedazos en forma de rectángulo		31.25	125
	3 pedazos en forma de triangulo		13.33	40.50
Madera OSB	8	Planchas	10	80
Mano de obra	2	Cajas	30	60
Geomembrana	2 de ancho X 8 de largo	Metros	24	24
Primetral	8	Metros	26.50	26.50
Silicona	2	Barras	3.50	7,00
Perfil de vidrio	2,80	Metros	5	5
Tornillo autoperforante	100 unidades	½ pulg	5	5
Ventiladores de 12v	2	Ventiladores	5	10
Gastos Varios imprevistos	7	Transporte	20	140
	6	Alimentación	1,25	7,5
UV Water Sterilizer	1	Equipo	160	160
Análisis de agua	1	Laboratorio	80	80
Materiales de análisis	2	Galones de 4 litros	1,50	3
Programa satelital solcast	1	Satélite meteorológico	200	200
	TOTAL			996.5

Elaborado por: Karina Jiménez (2020)

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1 Conclusiones

- Por medio de la elaboración de un sistema de destilación solar permitió transformar agua con altos contenidos de sales no apta para consumo humano en agua con características adecuadas para consumo humano.
- Mediante una encuesta hacia las familias involucradas en el proyecto se determinó que una persona necesita consumir 3 litros de agua diaria, con nuestro sistema hemos logrado obtener dicha cantidad y mucho más dependiendo de la radiación durante el día.
- Mediante el programa satelital solcast se pudo obtener la base de datos de agua destilada con correlación con la irradiancia total directa de esta manera se pudo obtener con una radiación mínima 2 litros/día/m² y con una radiación máxima 5 litros/día/m².
- Los resultados de los análisis Físico - Químicos y Microbiológicos del agua destilada se encuentran dentro de los parámetros de la NORMA TULSMA Y NORMA ECUATORIANA NTE INEN 1108, por lo tanto cumple como un agua apta para consumo humano.

14.2 Recomendaciones

- La inclinación de la cubierta debe estar a los 45° de esta manera se podrá obtener más concentración de radiación solar y la velocidad del agua condensada será mucha rápida para la destilación.
- Limpiar diariamente por las mañanas la cara exterior de la cubierta debido a que durante el día se forman todo tipo de polvo procedente del ambiente, de esta manera dar apertura de la radiación solar para que inicie el proceso de destilación.
- Para poder obtener la cantidad necesaria de agua dulce es importante que el recipiente o base del equipo sea grande y colocar de 3 a 5 cm de agua para que el agua se caliente más rápido y haya una destilación más rápida.
- El equipo debe estar ubicado en un lugar completamente libre de sombras, donde pueda obtener mayor concentración solar, debe estar a una altura de 1m del contacto directo del suelo para evitar cualquier tipo de concentraciones hacia el sistema.

15 REFERENCIAS

- "Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida" de Ecuador. (s.f.). Obtenido de <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-nacional-de-desarrollo-2017-2021-toda-una-vida-de-ecuador>
- ABSORSISTEM. (s.f.). *Especialista en Eficiencia y Ahorro en Costes Energeticos*. Obtenido de Principios Básicos de la Condensación: <https://www.absorsistem.com/tecnologia/condensacion/principios-basicos-de-la-condensaci%C3%B3n>
- Acuatecnica S.A.S. (2016). *MÉTODOS DE PURIFICACIÓN DEL AGUA*. Obtenido de <https://acuatecnica.com/metodos-de-purificacion-del-agua/>
- Albuja, W., & Pazmiño, M. (5 de Enero de 1989). *Repositorio Dspace*. Obtenido de Diseño y construcción de un destilador solar en cascada: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/4313>
- Azona Carbajal, Á., & Fernández González, M. (2012). *CAPÍTULO 3*. Obtenido de Propiedades y funciones biológicas del agua: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>
- Campismo y Naturaleza. (2020). *Metodos de Purificación de Agua*. Obtenido de <https://www.campismoynaturaleza.com/general/metodos-de-purificacion-de-agua/>
- Cámpora, C. (abril de 2015). REY SOL. <https://www.redalyc.org/pdf/864/86436966004.pdf>, 14.
- Cipollina, A. (2005). *Efficiency increase in thermal desalination plants by matching thermal and solar distillation: theoretical analysis*. *Journal for Desalination*. Obtenido de Desalination: <http://www.sciencedirect.com>
- COA. (2017). *Codigo Orgánico del Ambiental*.
- Colmenares, S. M., & Pizon, J. A. (21 de Junio de 2013). *UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA*. Obtenido de DISEÑO, CONSTRUCCION Y PRUEBAS DE UN DESTILADOR SOLAR: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/199/digital_16406.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Córdoba, M. A., Del Coco, V. F., & Basualdo, J. A. (Diciembre de 2010). *Agua y salud humana*. Obtenido de *Química Viva*, vol. 9, núm. 3, 105-109: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86315692002>
- Domingo, A. M. (MAYO de 2011). *APUNTES DE TRANSMISIÓN DEL CALOR*. Obtenido de Departamento de Física e Instalaciones; E.T.S Arquitectura de Madrid; Universidad

- Politécnica de Madrid: <http://oa.upm.es/6935/1/amd-apuntes-transmision-calor.pdf>
- Ecuador, C. (2008). *CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DE ECUADOR*. Registro Oficial 449 20 de octubre 2008.
- ECURED. (s.f.). *DESTILADOR SOLAR*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Destilador_solar
- ENERGIA NUCLEAR. (22 de NOVIEMBRE de 2016). *ENERGIA TERMICA.COMBUSTION*. Obtenido de ENERGIA TERMICA: <https://energia-nuclear.net/definiciones/energia-calorifica.html>
- Fernández, J. L. (abril de 2013). *FISICALAB*. Obtenido de Energía Térmica: <https://www.fisicalab.com/apartado/energia-termica>
- Fonseca, S. (2017). Herramienta para la simulación del comportamiento. *Scielo*, 3017.
- Gómez, p. (16 de 09 de 2010). *EL TAMIZ*. Obtenido de [Termodinámica I] Conducción, convección y radiación: <https://eltamiz.com/2010/09/16/termodinamica-i-conduccion-conveccion-y-radiacion/>
- HERMOSILLO, J. (1989). Destilación Solar. *HUELLA*, 15.
- Hiriart, M. M. (2020). El agua como recurso. *Revista de divulgación de la Ciencia de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México)*.
- IAGUA. (s.f.). *Connecting Waterpeople*. Obtenido de Un potabilizador a base de energía solar llevará agua a zonas rurales de México: <https://www.iagua.es/noticias/mexico/conacyt/16/09/12/potabilizador-base-energia-solar-lleva-agua-zonas-rurales-mexico>
- Khawaji, A. (2008). *Advances in seawater desalination technologies*. Obtenido de Journal for Desalination: <http://www.sciencedirect.com>
- LA VANGUARDIA. (22 de 03 de 2019). *Natural*. Obtenido de Día Mundial del Agua: <https://www.lavanguardia.com/natural/20190322/461164578761/dia-mundial-agua-2019-cifras.html>
- LEMA, M. A. (27 de Abril de 2015). *BIBDIGITAL; ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL*. Obtenido de Diseño e implementación de un sistema automático de purificación de Agua por medio de energía y reflexión solar y luz ultravioleta: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10492/1/CD-6212.pdf>
- Naciones Unidas. (s.f.). *Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo*. Obtenido de "Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida" de Ecuador: <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-nacional-de-desarrollo-2017-2021-toda-una-vida-de-ecuador>
- NATIONAL GEOGRAPHIC. (5 de SEPTIEMBRE de 2010). *MEDIO AMBIENTE*. Obtenido de ENERGIA SOLAR: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/energia-solar>

- NTE INEN 1108. (2011). *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Obtenido de Norma Técnica Ecuatoriana :
<https://bibliotecapromocion.msp.gob.ec/greenstone/collect/promocin/index/assoc/HASH01a4.dir/doc.pdf>
- Pérez, J., & Merino, M. (2015). *Purificación*. Obtenido de Definición de :
<https://definicion.de/purificacion/>
- Roman, K. E., & Urbina, T. F. (Enero de 2017). *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA*. Obtenido de SISTEMA DE CONTROL ELECTRONICO CON PIC PARA LOS PROCESOS DE: <https://repositorio.unan.edu.ni/3731/1/51702.pdf>
- Romero, A., Soto, A., Figueroa, Y., & Silva, A. (2018). *FERIA NACIONAL DE CLUBES DE CIENCIA*. Obtenido de "Estudio de condiciones para la destilación de agua usando energía solar": https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/eventos/2018/estudio-de-condiciones-para-la-destilacion-de-agua-usando-energia-solar.pdf
- Significados. (30 de 12 de 2018). Evaporación . *Ciencia* , págs. ignificados.com. Disponible en: <https://www.significados.com/evaporacion/> Consultado: 4 de septiembre de 2020, 10:52 am.
- Sitiosolar. (s.f.). *Portal de energías renovables*. Obtenido de Los destiladores solares:
<http://www.sitiosolar.com/los-destiladores-solares/>
- SKETCHUP. (s.f.). Obtenido de <https://www.sketchup.com/es>
- Slideshare. (s.f.). Obtenido de https://es.slideshare.net/Carlos0601/destilacin-del-petroleo?next_slideshow=1
- SOLCAST. (s.f.). Obtenido de <https://solcast.com/>
- Textos Científicos. (09 de 01 de 2007). *OSMOSIS INVERSA*. Obtenido de Química:
<https://www.textoscientificos.com/quimica/osmosis/inversa>
- VASHISHTHA, S. (26 de Abril de 2012). *DIFFERENTIATE BETWEEN THE DNI, DHI AND GHI*. Obtenido de firstgreen consulting private limited:
<https://firstgreenconsulting.wordpress.com/2012/04/26/differentiate-between-the-dni-dhi-and-ghi/>
- wikiwater. (s.f.). *MÉTODOS SENCILLOS PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA EN CASA*. Obtenido de <https://wikiwater.fr/E17-Metodos-sencillos-para-el-tratamiento-del-agua-en-casa>
- <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/628/1/TMA146.pdf>
http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2066/1/Dise%C3%B1o,_construcci%C3%B3n_y_validaci%C3%B3n_de_un_destilador_solar_para_uso_en_los_laboratorios_de_la_planta_piloto_de_la_escuela_de_ingenier%C3%ADa_qu%C3%ADmica.pdf
[file:///E:/Downloads/TESIS%20DESTILADOR%20SOLAR%20\(7\).pdf](file:///E:/Downloads/TESIS%20DESTILADOR%20SOLAR%20(7).pdf)

ANEXOS

Anexo 1 :Aval de traduccion



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por la señorita egresada de la **CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES : JIMÉNEZ GARCIA KARINA ELIZABETH**, cuyo título versa **"PURIFICACIÓN DE AGUA LOCAL PARA CONSUMO HUMANO CON UN DESTILADOR SOLAR DE ALTA EFICIENCIA PARA ENTORNOS DOMÉSTICOS RURALES ÁRIDOS"**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a la peticionaria hacer uso del presente certificado de la manera ética que estime conveniente.

Latacunga, septiembre del 2020

Atentamente,

MSc. Alison Mena Barthelotty
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0501801252

www.uti.edu.ec

Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido /San Felipe. Tel: (03) 2252346 - 2252307 - 2252205



CENTRO
DE IDIOMAS

Anexo 2: construcción del diseño



Anexo 3: muestras de agua



Anexo 4: Análisis del laboratorio



LAQUITEARVA
SERVICIO DE LABORATORIO QUÍMICO - INTEGRAL
AGUAS - ALIMENTARIOS - COSMÉTICOS - SUELOS - PREPARACIONES FARMACÉUTICAS

ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO DE AGUAS			
Informe de Laboratorio	No.	FOA- 333-07	
Orden de trabajo	No.	333	
Presentación	envase	polietileno	
Contenido	litros	4	
Identificación	M1	Agua de Pozo Taniato	
Sector - Parroquia		San José de Pichul	
Cantón- Provincia		Latacunga - Cotopaxi	
Solicitante		Srta. Karina Jimenez	
Fecha de muestreo		01/07/2020	
Fecha de informe		10/07/2020	
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	METODO
Potencial Hidrógeno	U. pH	7.37	S.M. 4500-H+ B
Color aparente	Pt- Co	2.5	S.M. 2120 B
Turbiedad	NTU	1.1	S.M. 2130 B
Conductividad Eléctrica	uS/ cm	304.7	S.M. 2520 B
Dureza Total	mg/L	760	S.M. 2340 C
Nitritos	"	0	S.M. 4500-NO2-B
Nitratos	"	30	S.M. 4500-NO3-B
Oxígeno Disuelto	"	8.8	S.M. Apha - 4500-O- C
PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS			
Colibacilos Fecales	ufc/ 100 ml.	0	#
ufc/ 100 ml. = Unidades formadoras de colonias / 100 ml			
METODOLOGÍA			
# Método del Coli-ert - Medios de cultivo selectivos - Standard Methods			
CONCLUSIONES			
Es una agua ligeramente básica, con valores bajos de color y turbiedad.			



LAQUITEARVA
SERVICIO DE LABORATORIO QUÍMICO - INTEGRAL
AGUAS - ALIMENTARIOS - COSMÉTICOS - SUELOS - PREPARACIONES FARMACÉUTICAS

ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO DE AGUAS			
Informe de Laboratorio	No.	FOA- 334-07	
Orden de trabajo	No.	334	
Presentación	envase	polietileno	
Contenido	litros	4	
Identificación	M1	Agua Destilada	
Sector - Parroquia		San José de Pichul	
Cantón- Provincia		Latacunga - Cotopaxi	
Solicitante		Srta. Karina Jimenez	
Fecha de muestreo		01/07/2020	
Fecha de informe		10/07/2020	
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	METODO
Potencial Hidrógeno	U. pH	7.91	S.M. 4500-H+ B
Color aparente	Pt- Co	1.7	S.M. 2120 B
Turbiedad	NTU	0.9	S.M. 2130 B
Conductividad Eléctrica	uS/ cm	7.8	S.M. 2520 B
Dureza Total	mg/L	144	S.M. 2340 C
Nitritos	"	0	S.M. 4500-NO2-B
Nitratos	"	5	S.M. 4500-NO3-B
Oxígeno Disuelto	"	9.3	S.M. Apha - 4500-O- C
PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS			
Colibacilos Fecales	ufc/ 100 ml.	0	#
ufc/ 100 ml. = Unidades formadoras de colonias / 100 ml			
METODOLOGÍA			
# Método del Coli-ert - Medios de cultivo selectivos - Standard Methods			
CONCLUSIONES			
Es una agua ligeramente básica, con valores bajos de color y turbiedad.			

Anexo 5: Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico normativa tulsma

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible	Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	Bifenilo policlorados/PCBs	Concentración de PCBs totales	µg/l	0,0005
Aluminio	Al	mg/l	0,2	Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0	Hierro (total)	Fe	mg/l	1,0
Amonio	NH ₄	mg/l	0,05	Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05	Materia flotante			Ausencia
Bario	Ba	mg/l	1,0	Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Cadmio	Cd	mg/l	0,01	Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,1	Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Cloruro	Cl	mg/l	250	Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removable por tratamiento convencional
Cobre	Cu	mg/l	1,0				
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000	Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600	Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Color	color real	unidades de color	100	Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002	Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05	Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0	Sodio	Na	mg/l	200
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500	Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
				Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400
				Temperatura		°C	Condición Natural + o - 3 grados
				Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
				Turbiedad		UTN	100
				Zinc	Zn	mg/l	5,0

Anexo 6: Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico normativa INEN 1108

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible	Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Aluminio total	Al	mg/l	0,1	Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Amoniaco	N-amoniaco	mg/l	1,0	Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05	Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Bario	Ba	mg/l	1,0	Sodio	Na	mg/l	200
Berilio	Be	mg/l	0,1	Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	250
Boro (total)	B	mg/l	0,75	Sólidos disueltos totales		mg/l	500
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	Temperatura	°C		Condición Natural +/- 3 grados
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,01	Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Cobalto	Co	mg/l	0,2	Turbiedad		UTN	10
Cobre	Cu	mg/l	1,0	Uranio Total		mg/l	0,02
Color	color real	Unidades de color	20	Vanadio	V	mg/l	0,1
Coliformes Totales	nmp/100 ml		50*	Zinc	Zn	mg/l	5,0
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	250	Hidrocarburos Aromáticos			
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002	Benceno	C ₆ H ₆	mg/l	0,01
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05	Benzo-a- pireno		mg/l	0,00001
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002	Pesticidas y Herbicidas			
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05	Organoclorados	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2	Organofosforados y carbamatos	Concentración de organofosforados	mg/l	0,1
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500				
Estaño	Sn	mg/l	2,0				
Fluoruros	F	mg/l	Menor a 1,4				
Hierro (total)	Fe	mg/l	0,3				
Litio	Li	mg/l	2,5				
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1				
Materia Flotante			Ausencia				
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001				
Níquel	Ni	mg/l	0,025				
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0				
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0				
Olor y sabor			Ausencia				
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación				

Hoja de vida del estudiante



HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

NOMBRES	Karina Elizabeth
APELLIDOS	Jiménez García
LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO	Salcedo-Mulliquindil 22 de septiembre 1995
EDAD	25 años
N° CEDULA	0503905184
ESTADO CIVIL	Soltera
NACIONALIDAD	Ecuatoriana
DOMICILIO	Salcedo- Parroquia Mulliquindil Santa Ana- Barrio San Isidro San Juan
N° CELULAR	0987243881
E-MAIL	marycruzjg@gmail.com

ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARIA	Unidad Educativa Ignacio Flores
SECUNDARIA	Colegio Nacional Experimental Salcedo
NIVEL DE INSTRUCCIÓN	Egresada de Ing. MEDIO AMBIENTE
UNIVERSIDAD	UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI – LATACUNGA - SALACHE
IDOMA	Inglés (Intermedio B1)

ULTIMO CARGO

NOMBRE DE LA EMPRESA	GAD de salcedo
FECHA Y CARGO	PASANTIAS Agosto 2019 – Noviembre 2019
FECHA Y CARGO	APOYO TECNICO Diciembre 2019 – Marzo 2020
NOMBRE DEL JEFE	Ing. Rodrigo Morales (Director de servicios públicos)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



CURRICULUM VITAE

DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres completos: CORDOVA YANCHAPANTA VICENTE DE LA DOLOROSA
Actividad (es): DOCENCIA UNIVERSITARIA E INVESTIGACIÓN
Dirección domiciliaria: San José de Pichul. Latacunga, Ecuador
Dirección del trabajo: Av. Simón Rodríguez s/n. San Felipe. Latacunga Ecuador
Teléfonos. Celular: 0999731878
Dirección electrónica: vicente.cordova@utc.edu.ec

FORMACIÓN ACADÉMICA

N	Títulos de grado	País de origen	Universidad	Fecha registro
1	Ingeniero Agrónomo	Ecuador	Técnica de Ambato	20-10-2008
2	Master of Science	USA	Ball State	
3	Doctor of Education in Science Education	USA	Ball State	

EXPERIENCIA PROFECIONAL

N°	ORGANIZACIÓN	CARGO	INICIO	FIN
1	Texas Tech University	Post Doctoral Research Associate	Enero 2006	Diciembre-2006
2	Indiana University	Post Doctoral Research Associate	Enero 2007	Septiembre 2008
3	GAD Municipal Santiago de Píllaro	Director Del Departamento De Desarrollo Económico Local	Agosto 2009	Febrero 2011
4	SENESCYT	Director Técnico de Investigación Científica	Mayo 2011	Febrero 2012
5	Universidad Técnica de Cotopaxi	Docente Investigador	Abril 2012	Presente
6	Universidad Técnica de Ambato	Docente Maestria	Abril 2016	Julio 2016

PUBLICACIONES (ARTICULOS)

No.	TITULO	REVISTA	AÑO	ISSN
1	Rahman, A.F., Córdoba, V.D., Gamon, J.A., Schmid, H.P., Sims, D.A., 2004. Potential of MODIS ocean bands for estimating CO2 flux from terrestrial vegetation: A novel approach. L1050310.1029/2004GL019778	Geophysic Research Letters.	2004	1944-8007
2	Rahman, A. F., D. A. Sims, V. D. Córdoba, and B. Z. El-Masri (2005), Potential of MODIS EVI and surface temperature for directly estimating per-pixel ecosystem C fluxes	Geophysic Research Letters.	2005	1944-8007
3	Sims, D.A., Rahman, A.F., Córdoba, V.D., Baldocchi, DD, Flanagan, L.B., Goldstein, A.H., Hollinger, D.Y, Misson, L., Monson, R.K. Schmid, H.P., Wofsy, S.C., Xu, L. 2005. Midday values of gross CO2 flux and light use efficiency during satellite overpasses can be used to directly estimate eight-day mean flux.	Agricultural and Forest Meteorology	2005	0168-1923
4	Sims DA, AF Rahman, VD Córdoba, BZ El-Masri, DD Baldocchi, LB Flanagan, AH Goldstein, DY Hollinger, Misson L, RK Monson, WC Oechel, HP Schmid, SC Wofsy, L Xu (2006). On the use of MODIS EVI to assess gross primary productivity of North American ecosystems.	Journal of Geophysical Research	2006	0148-0227
5	Rahman A. F., and Córdoba, V. D., (2007), A continuous-field remote sensing method for estimating net primary production of a deciduous forest.	International Journal of GeoInformatics	2007	16866576
6	Sims, D. A., A. F. Rahman, V. D. Córdoba, B. Z. El-Masri, D. D. Baldocchi, P. V. Bolstad, L. B. Flanagan, A. H. Goldstein, D. Y. Hollinger, L. Misson, R. K. Monson, W. C. Oechel, H. P. Schmid, S. C. Wofsy, and L. Xu (2008), A new model of gross primary productivity for North American ecosystems based solely on the enhanced vegetation index and land surface temperature from MODIS.	Remote Sensing of Environment.	2008	0034-4257

7	Marcelo Calvache-Ulloa, Vicente Córdova-Yanchapanta, Saúl Cruz-Tobar (2017). Deficiencia de agua en el suelo y fijación biológica de nitrógeno en el cultivo de fréjol <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Journal of the Selva Andina Biosphere.	2017	2308-3867
8	Vicente Córdova, Daniel Guzmán (2017). Identificación de la base genética y caracterización física y bioquímica de agave, guadua y opuntia para producción e industrialización.	Memorias. IV Congreso Internacional de Ciencia Tecnología Innovación y Emprendimiento. CITE 2017	2017	ISBN: 978-9978-3 64-38-3

CURSOS Y SEMINARIOS REALIZADOS

Nº	DENOMINACIÓN DEL CURSO	INSTITUCIÓN	HORAS
	CAPACITACIÓN		
1	Capacitación sobre elaboración de publicaciones científicas. 2014.	Universidad Técnica de Cotopaxi.	40
2	Actualización de conocimientos CAREN 18-18	Universidad Técnica de Cotopaxi.	40
3	Modelos pedagógicos de las carreras de CAREN 2018.	Universidad Técnica de Cotopaxi.	40
4	Aprendamos a educar I y II. 2018.	Universidad Técnica de Cotopaxi.	40
5	Los recursos hídricos en la provincia de Cotopaxi. 2018.	Universidad Técnica de Cotopaxi.	40
6	Fundamentos de programación en R. 2018.	XII Congreso Latinoamericano de Botánica.	40
7	I Congreso Binacional Ecuador - Perú. 2019.	Universidad Técnica de Cotopaxi.	40
	PONENCIAS		
1	Cumbre del Buen Conocer y en la construcción de políticas públicas para diseñar una Sociedad del Conocimiento Común y Abierto: Agricultura Sostenible: De la Tecnología de Punta al Conocimiento Tradicional. 2014	FLOK Society	
2	I Jornadas Científicas UTC 2014. Ciencia, Tecnología y Propiedad Intelectual en la Sociedad del Conocimiento. 2014.	Universidad Técnica de Cotopaxi.	

3	ICCI - International Cryosphere Climate Initiative. Andes conference on open burning: National Realities, Existing Regulations and Incentives, and Perspectives on Policy Challenges. 2015	ICCI. ANA Perú	
4	INNOPOLIS "Conocimiento es Libertad", Yachay, Urcuqui: Plataforma de Conocimiento Agroecológico para Sostenibilidad y Resiliencia, como Mecanismo para Mitigar los Efectos del Cambio Climático. 2015	Yachay, EP.	
5	IV Congreso Internacional de Ciencia Tecnología Innovación y Emprendimiento. CITE 2017. Identificación de la base genética y caracterización física y bioquímica de	Universidad Estatal de Bolívar.	
	agave, guadua y opuntia para producción e industrialización.		
6	Actualización de conocimientos CAREN 2018	Universidad Técnica de Cotopaxi.	
7	I Congreso Binacional Ecuador - Peru. 2019. Exploración de metodologías ópticas para la determinación de variables climáticas esenciales en el bosque húmedo.	Universidad Técnica de Cotopaxi.	
8	Formación de formadores: Desarrollo de competencias didácticas Modulo III. Mayo 2019	GIZ. MAE.	

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Instituto Espacial Ecuatoriano-UTC	"Incidencia del cambio climático y nutrición en cultivos de arroz, maíz duro y papa, con modelos de predicción de cosechas mediante métodos espaciales y espectrales."	Autor	2013-2015
UTC	REGENERACIÓN SOCIOECOLÓGICA DEL CAMPUS SALACHE	Autor	2017-presente