

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ

CARRERA DE MEDIO AMBIENTE

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN MEDIO AMBIENTE

TEMA:

REPOTENCIACIÓN DE UN DESTILADOR SOLAR PARA AGUA SALINA POR MEDIO DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y CONDENSACIÓN FOTOVOLTAICA

AUTORAS:

INTRIAGO BASURTO JOSSELYN KATHERINE ZAMBRANO SOLÓRZANO DENISSE ELIZABETH

TUTOR:

ING. FRANCISCO J. VELÁSQUEZ INTRIAGO, M. Sc.

CALCETA, JUNIO 2017

DERECHOS DE AUTORÍA

Josselyn Katherine Intriago Basurto y Denisse Elizabeth Zambrano Solórzano, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

JOSSELYN K. INTRIAGO BASURTO
SOLORZANO

DENISSE E. ZAMBRANO

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

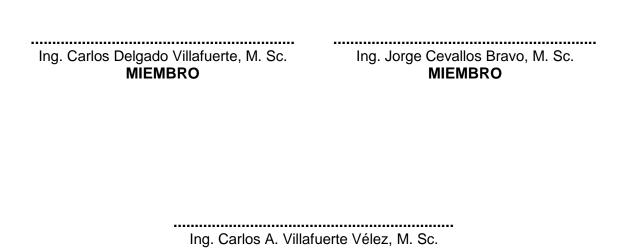
Ing. Francisco Velásquez Intriago, M.Sc., certifica haber tutelado la tesis REPOTENCIACIÓN DE UN DESTILADOR SOLAR PARA AGUA SALINA POR MEDIO DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y CONDENSACIÓN FOTOVOLTAICA, que ha sido desarrollada por Josselyn Katherine Intriago Basurto y Denisse Elizabeth Zambrano Solórzano, previa la obtención del título de Ingeniera en Medio Ambiente, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....

Ing. Francisco Velásquez Intriago, M. Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han APROBADO la tesis REPOTENCIACIÓN DE UN DESTILADOR SOLAR PARA AGUA SALINA POR MEDIO DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y CONDENSACIÓN FOTOVOLTAICA, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Josselyn Katherine Intriago Basurto y Denisse Elizabeth Zambrano Solórzano, previa la obtención del título de Ingeniera en Medio Ambiente, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecemos a Dios por bendecirnos siempre en todas las actividades realizadas durante el desarrollo de nuestra carrera. A nuestros padres por ser pilares fundamentales para que ahora estemos culminando esta etapa de nuestras vidas, a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos ha dado la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual estamos forjando nuestros conocimientos profesionales día a día y de manera especial al Ing. Carlos Ricardo Delgado Villafuerte por el apoyo incondicional y los conocimientos brindados para poder llevar a cabo este proyecto, infinitas gracias querido ingeniero.

Las autoras

DEDICATORIA

La vida se encuentra plagada de retos y uno de ellos es la universidad, tras vernos dentro de ella, nos hemos dado cuenta que más allá de ser un reto, es una base no solo para nuestro entendimiento del campo en el que nos hemos visto inmersas, sino para lo que concierne a la vida y nuestro futuro. Esta tesis se la dedicamos a nuestros padres por el apoyo, comprensión, amor y ayuda incondicional en todo momento brindándonos los recursos necesarios para poder llegar a este día, a nuestros hermanos que han estado siempre presentes de una u otra manera y son una de nuestras mayores motivaciones e inspiraciones para seguir.

Las autoras

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
CONTENIDO GENERAL	vii
RESUMEN	xi
PALABRAS CLAVE	
ABSTRACT	
KEY WORDS	
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	
1.1 Planteamiento y formulación del problema	
1.2 Justificación	
1.3 Objetivos	
1.3.1 Objetivos general	
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Hipótesis	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Agua	5
2.1.1 Características	5
2.2 Agua de mar	5
2.2.1 Características	
2.3 Fuentes de agua en el ecuador	
2.4 Métodos de desalinización de agua	
2.4.1 Destilación por compresión mecánica de vapor	
2.4.2 Destilación flash multietapa	
2.4.3 Destilación multiefecto	
2.4.4 Osmosis inversa	
2.4.5 Electrodiálisis	
2.5 Sistemas de condensación	
2.6 Sistemas fotovoltaicos	
2.6.1 Componentes de los sistemas solares fotovoltaicos	
2.7 Paneles solares	
2.8 Radiación solar (transferencia de calor)	
2.9 Evaporación	
2.10 Destilación	

2.1	1	Des	tilador solar	14
2.1	2	Tipo	os de destiladores	15
2	2.12.	1	Destilador tipo caseta	15
2	2.12.2	2	Destilador de canal largo	16
2	2.12.3	3	Destilador solar esférico	16
2	2.12.4	4	Destilador solar tipo chimenea	17
2	2.12.5	5	Destilador solar tipo cascada	18
2.1	3	Fun	cionamiento de un destilador	19
2.1	4	Efic	iencia	19
2.1	5	Dise	eño	20
2.1	6	Aná	lisis físicos	21
2	2.16.	1	Color	21
2	2.16.2	2	Olor	21
2	2.16.3	3	Turbidez	21
2	2.16.4	4	Sabor	22
2	2.16.5	5	Temperatura	22
2.1	7	Aná	lisis químicos	22
2	2.17.	1	Ph	22
2	2.17.2	2	Cloruro	22
2	2.17.3	_	Dureza	22
_	। / .、	3	Dureza	
			. DESARROLLO METODOLÓGICO	
CAPÍ	TUL	O III	. DESARROLLO METODOLÓGICO	24
CAPÍ 3.1	TUL	O III bica	. DESARROLLO METODOLÓGICOción	24 24
CAPÍ 3.1 3.2	TUL U Fa	O III bica acto	ciónr (es) en estudio	24 24 24
3.1 3.2 3.3	TUL U Fa	O III bica acto ratar	ciónr (es) en estudio	24 24 24 25
CAPÍ 3.1 3.2	TUL U Fa Tu	O III. bica acto ratar iseñ	ción	24 24 24 25 25
3.1 3.2 3.3 3.4	TUL U Fr Ti D	O III. bica actor ratar iseñ nida	ción	24 24 25 25 25
3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6	TUL U Fr Ti D	O III bica actor ratar iseñ nida ariak	ción	24 24 25 25 25 26
3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6	TULO	o III. bica actor ratar iseñ nida ariab	ción	24 24 25 25 25 26 26
3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6	TUL U Fr D U W 3.6.1	o III. bica actor ratar iseñ iseñ nida ariak Va	ción	24 24 25 25 25 26 26 26
3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6	TUL U Fr D U S V 3.6.1 3.6.2	bica actor ratar iseñ nida ariak Va Va	ción	24 24 25 25 25 26 26 26
3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6 3.7 3.8	TUL U Fr U S O S O S O S O S O S O S O C O C C C	bica actor ratar iseñ nida ariak Va dica onst	ción	24 24 25 25 26 26 26 26
3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6 3.7 3.8 cal	TUL U Fr D U 3.6.1 3.6.2 In C or dir 3.8.1	bica actor ratar iseñ nida ariak Va dica onst recci	ción	24 24 25 25 26 26 26 26 26
3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6 3.7 3.8 cal	TUL U Fr D U 3.6.1 3.6.2 In C or dir 3.8.1	bica actor ratar iseñ nida ariak Va dica onst recci R ador	ción	24 24 25 25 26 26 26 26 26
3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6 3.7 3.8 cal	TUL U France Tu D S 0.6.1 3.6.2 In C or dir 3.8.1 destil	bica actor ratar iseñ nida ariak Va dica onst recci Ri ador	ción	24 24 25 25 26 26 26 26 26 27
3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6 3.7 3.8 cal	TULO U Fr U S. C S. 6.1 S.6.2 In Gordin S.8.1 destil S.8.2 neces S.8.3	bica actor ratar iseñ nida ariak Va dica onst recci Ri ador El sario	ción	24 24 25 25 26 26 26 26 26 27
3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6 3.7 3.8 cal	TULC U Fr D W 3.6.1 3.6.2 In Cor dir 3.8.1 destill 3.8.2 neces 3.8.3 conde	bica actor ratar iseñ nida ariak Va dica onst recci Rador El sario	ción	24 24 25 25 26 26 26 26 27 27
CAPÍ 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6 3.7 3.8 cal 3.7 3.8 cal 3.7 3.8 cal 3.9	TULC U Fr D W 3.6.1 3.6.2 In Cor dir 3.8.1 destill 3.8.2 neces 3.8.3 conde	bica actor ratar iseñ nida ariak Va dica onst recci Rador El sario Fa ensa xper	ción	24 24 25 25 26 26 26 26 27 27

3.9.2 Toma d	de datos del agua destilada obtenida	29
	zación de las propiedades del agua pre y post	
	zación de análisis físicos, químicos del agua pre-	
	zación de análisis físicos, químicos del agua post-	
	onar los resultados obtenidos en función al sistema	
	repotenciado para medir su eficiencia	
•	lación y análisis de los resultados obtenidos de la	
	ar mediante el análisis estadístico	
3.11.1.1 Dis	seño experimental	30
CAPITULO IV. RES	BULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1 Diseño un	destilador solar por medio de transferencia de calor	
	ndensación fotovoltaica	
4.1.1 Realizaci	ón de un estudio teórico de los diferentes diseños de	
destiladores so	lares	32
	stilador tipo caseta	
4.1.1.2 Des	stilador de canal largo	33
4.1.1.3 Des	stilador solar esférico	33
4.1.1.4 Des	stilador solar tipo chimenea	33
4.1.1.5 Des	stilador solar tipo cascada	33
	n del proceso de producción y los materiales	
•	a la construcción del destilador solar	
	ación de un destilador solar con transferencia de calor y	
	otovoltaicaación del destilador solar en la parroquia san clemente .	
	nentación del destilador solar con transferencia de calor	
•	condensación fotovoltaica	
•	de datos del agua destilada obtenida	
	ción de las propiedades del agua pre y post destilación.	
	ación de análisis físicos, químicos del agua pre-	
4.3.2 Realiza	ación de análisis físicos, químicos del agua post-	
destilación		40
	ar los resultados obtenidos en función al sistema	
•	repotenciado para medir su eficiencia	
	ción y análisis de los resultados obtenidos de la ar mediante el análisis estadístico	
_		
	ICLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
	es	
4.6 Recomenda	aciones	48

BIBLIOGRAFÍA
CONTENIDO DE CUADROS Y GRÁFICOS
Cuadro 4.1. Valores de la cantidad de agua obtenida en un destilador
convencional39
Cuadro 4.2. Valores de la cantidad de agua obtenida en un destilador
repotenciado39
Cuadro 4.3. Resultados de análisis de agua pre destilación
Cuadro 4.4. Resultados de análisis post destilación
Cuadro 4.5. Realización de análisis pre destilación
Cuadro 4.6. Comparación de los datos obtenidos en el destilador
convencional con los límites permisibles
Cuadro 4.7. Comparación de los datos obtenidos en el destilador
repotenciado con los límites permisibles
Cuadro 4.8. Diseño Experimental de los destiladores ¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 4.12. Correlación de las eficiencias de los destiladores 46
Figura 2.1. Destilador tipo caseta (Huezo F y Moran J, 2012)
Figura 2.2. Destilador de canal largo (Huezo F y Moran J, 2012)
Figura 2.3. Destilador solar esférico (Huezo F y Moran J, 2012)
Figura 2.4. Destilador solar tipo chimenea (Huezo F y Moran J, 2012)
Figura 2.5. Destilador solar tipo cascada (Huezo F y Moran J, 2012)
Figura 4.1. Diseño del destilador escogido
Gráfico 4.1. Eficiencia del destilador Convencional
Gráfico 4.2. Eficiencia del destilador repotenciado

RESUMEN

En este trabajo se presenta el estudio comparativo de dos destiladores solares para agua salina, los cuales se diferenciarán por variaciones a nivel interno de los mismos con el fin de ver las diferencias en cuanto a calidad y cantidad obtenida. Se midieron los resultados de los diferentes prototipos los cuales consistían en la incorporación de barras de cobre, papel aluminio, alógeno alimentado de celdas fotovoltaicas, mientras que el otro mantuvo las características de un destilador convencional, estos estaban hechos de un vidrio de 5 líneas de grosor con dimensiones de 1x0,80 m y una pendiente de 30°; el agua salina entraba por gravedad a través de unos bebederos que mantenía la cantidad de agua diaria (30lt), ambos destiladores en su interior tenían una canaleta por la cual el agua evaporada descendía y salía finalmente por una llave de paso y posteriormente se tomaban las respectivas muestras diarias. Estos destiladores fueron puestos en marcha en la playa de San Clemente, teniendo en cuenta que la radiación solar tiene una mayor incidencia en la zona costera (playas) de Ecuador, durante una semana seguidamente se realizaron los respectivos análisis físicos químicos del agua obteniendo como resultado una diferencia muy notable en cuanto al agua pre y post destilación en base a los límites permisibles según el Libro VI Anexo 1 Normas Recurso Agua TULSMA. Posteriormente se determinó la eficiencia de ambos equipos logrando que el destilador repotenciado alcance una eficiencia mayor a la del destilador convencional con una diferencia notable del 14%.

PALABRAS CLAVE

Paneles solares, alógenos, desalinización, eficiencia, radiación solar

ABSTRACT

In this work the comparative study of two solar distillers for saline water is presented, which will be differentiated by internal variations of the same in order to see the differences in quality and quantity obtained. The results of the different prototypes were measured, which consisted of the incorporation of copper bars, aluminum foil, halogen fed of photovoltaic cells, while the other maintained the characteristics of a conventional distiller, these were made of a glass of 5 lines of thickness with dimensions of 1x0.80 m and a slope of 30 °; The saline water entered by gravity through watering hole that maintained the amount of water daily (30 liters), inside both distillers had a channel by which the evaporated water descended and finally it came out from a stopcock and then the respective daily samples were taken. These distillers were launched on San Clemente beach, taking into account that solar radiation has a higher incidence in the coastal zone (beaches) of Ecuador, during a week the respective chemical analyzes of the distilled water were carried out and Continued to correlate them by making the respective comparisons of both equipment together with the permissible limits according to Book VI Annex 1 TULSMA Water Resource Standards.

KEY WORDS

Solar panels, halogens, desalination, efficiency, solar radiation

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El agua cubre aproximadamente el 75% de la superficie terrestre; es fundamental para los procesos tanto ambientales como sociales e indispensable para el surgimiento y desarrollo de la vida (Hiriat, 2016). Pese a esto la ONU-DAES en el 2014 señala que el déficit de agua se ha hecho presente en todos los continentes, casi un cuarto de la población, se enfrentan a situaciones de escasez económica de agua, donde los países carecen de la infraestructura necesaria para transportar el agua desde ríos y acuíferos. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud más de 700 millones de personas carecen de acceso a fuentes permanentes de agua potable.

La escasez de agua es uno de los principales desafíos del siglo XXI, es un fenómeno no solo natural sino también causado por actividades antropogénicas (IMTA, 2012). La FAO en el 2015 indica que el consumo excesivo, la degradación de los recursos y el impacto del cambio climático reducirá el suministro de agua en muchas regiones, especialmente los países en vías de desarrollo.

La desalinización del agua de mar es un proceso que empezó a aplicarse en la década de 1950, siendo sujeta este recurso a su no aceptación en los sistemas de abastecimiento de agua debido tanto a su sabor como a sus efectos fisiológicos (SMITH, 1955).

En el Ecuador, especialmente en las zonas costeras es limitado el acceso al agua potable en sus hogares experimentando problemas a nivel de su calidad de vida. Ante la escasez del líquido vital que se presenta un impacto negativo en la salud (PNUD, 2014). En la población el abastecimiento del agua la

realizan a través de tanqueros, sin embargo, dicho servicio puede llegar a ser ineficiente, en cuanto a calidad, costos y abastecimiento, por ello se realizó la presente investigación como una propuesta de innovación mediante el uso de energías alternativas con una vía de acceso a la gestión eficiente para la potabilización del agua de mar.

Con lo antes expuesto se planteó la siguiente interrogante:

¿A través del destilador solar para agua salina repotenciado por medio de transferencia de calor y condensación fotovoltaica, se logrará la eficiencia necesaria para la obtención de agua dulce?

1.2 JUSTIFICACIÓN

Muchas veces la población tiene acceso al líquido vital, pero no está apto para el consumo humano trayendo consigo problemas de salud que causan cada año millones de muertes debido a que estos no cumplen con los parámetros de calidad establecidos en el TULSMA (Texto de Legislación Secundaria de Medio Ambiente), 2015.

Es de vital importancia y necesario comenzar a desarrollar sistemas o dispositivos que permitan potabilizar el agua de mar, teniendo en cuenta que aun con el avance tecnológico existente, todavía hay poblaciones que no pueden acceder al servicio de agua potable.

En la actualidad la demanda de fuentes de agua potable apta para el consumo humano es considerable, sobre todo en las zonas costeras de nuestro país debido al déficit de redes que alcancen las comunidades alejadas de las grandes ciudades, y la falta de recursos para implementarlas, bajo estas circunstancias es necesario crear alternativas, por ello esta investigación

consiste en evaluar la eficiencia de un sistema de potabilización de agua salina mediante el uso de la energía solar, con el fin de minimizar el malestar social que se produce por la escases del líquido vital de modo que se genere mayor conciencia y difusión de este tipo de técnicas amigables con el medio ambiente.

Esta investigación se enmarcó bajo los lineamientos del objetivo 7 del Plan Nacional del Buen Vivir que consiste en garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global. La cual tuvo como finalidad la transformación productiva bajo un modelo ecoeficiente con mayor valor económico, social y ambiental. En este sentido, se plantean como prioridades la conservación y el uso sostenible del patrimonio natural y sus recursos naturales, la inserción de tecnologías ambientalmente limpias, la aplicación de la eficiencia energética y una mayor participación de energías renovables, así como la prevención, el control y la mitigación de la contaminación y la producción, el consumo y el post consumo sustentables (Plan Nacional del Buen Vivir, 2013).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVOS GENERAL

Repotenciar un destilador solar para la conversión de agua salina a dulce a través de transferencia de calor direccionado y condensación fotovoltaica en la Parroquia San Clemente, Manabí-Ecuador.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

 Construir un destilador solar a través de transferencia de calor direccionado y condensación fotovoltaica.

- Experimentar el destilador solar en la parroquia San Clemente, provincia de Manabí.
- Caracterizar las propiedades del agua pre y post destilación.
- Correlacionar los resultados obtenidos en función al sistema convencional y al repotenciado para medir su eficiencia.

1.4 HIPÓTESIS

Mediante la transferencia de calor direccionado y condensación fotovoltaica se logrará repotenciar un destilador solar para la obtención de agua dulce

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 AGUA

El agua es una sustancia de capital importancia para la vida con excepcionales propiedades consecuencia de su composición y estructura (Azcona y Fernández, 2012). Según la Real Academia Española en el 2014 señala que el agua (del latín aqua) es la "sustancia formada por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida, en pequeña cantidad incolora y verdosa o azulada en grandes masas.

2.1.1 CARACTERÍSTICAS

Para Aguilar en el 2011 las características del agua son las siguientes:

- Incolora, inodora e insípida.
- ➤ Densidad: 1 g/cm³ a 4°C
- ➤ Punto de fusión: 0°C
- ➤ Punto de ebullición: 100 °C
- Constante dieléctrica: 78,3
- \rightarrow pH = 7
- Conductividad eléctrica muy baja y Resistividad muy alta.

2.2 AGUA DE MAR

En el agua de mar se encuentra el 75% de los elementos químicos naturales, inclusive el oro. Los científicos saben que los océanos son cada vez más salados. Por término medio, el agua de mar contiene 35 partes de minerales disueltos por cada 1.000 de agua; por este motivo es un poco más densa que el agua dulce (Pellini, 2015).

2.2.1 CARACTERÍSTICAS

Según Knauth en el 2005 el agua de mar tiene las siguientes características: La salinidad está dada, principalmente, por los cloruros, sulfatos y carbonatos que se encuentran disueltos en el agua del mar, y su distribución no es uniforme ni constante. La conductividad varía sobre todo con la temperatura y la salinidad (a mayor salinidad, mayor conductividad). La densidad suele ser de 1,02819 kg/L a los -2 °C, 1,02811 a los 0 °C, 1,02778 a los 4 °C. El agua oceánica es ligeramente alcalina, y el valor de su pH está entre 7.5 y 8.4 y varía en función de la temperatura.

2.3 FUENTES DE AGUA EN EL ECUADOR

En el Ecuador una de las principales fuentes de agua son las precipitaciones generadas debido a la presencia de las corrientes marinas cálida tropical del Pacífico y la fría de Humboldt (Calles, J., 2015), sin embargo la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en el 2015 menciona que otro suministro representativo son las demarcaciones hidrográficas (cuencas y microcuencas) también señala que existen zonas en las que el agua subterránea es el único recurso accesible para abastecer poblaciones o para el riego de cultivos.

2.4 MÉTODOS DE DESALINIZACIÓN DE AGUA

Para Isiordia *et al.*, 2012 establece que para la desalinización de agua extraída del mar existen diversas tecnologías y aunque tienen características distintas de acuerdo al tipo de energía, diseño y producción que requiere cada una, todas tienen el mismo objetivo, reducir la concentración de sales disueltas del agua de mar. Entre ellas tenemos las siguientes:

2.4.1 DESTILACIÓN POR COMPRESIÓN MECÁNICA DE VAPOR

Según (Cipollina, 2007) estos sistemas funcionan comprimiendo vapor de agua lo que causa condensación sobre una superficie de transferencia de calor (un tubo) lo que permite al calor de la condensación ser transferido a la salmuera del otro lado de la superficie resultando en la vaporización de esta. El compresor es el requerimiento de energía principal, este aumenta la presión en el lado del vapor y baja la presión del lado del agua salada para bajar su temperatura de ebullición.

2.4.2 DESTILACIÓN FLASH MULTIETAPA

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, posteriormente se pasa a otro tanque, donde la presión reducida permite que el agua hierva. Posteriormente, el agua vaporizada es enfriada y condensada para obtener el producto. El calor latente liberado en la condensación del vapor es utilizado para calentar la salmuera en otra etapa y 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).

2.4.3 DESTILACIÓN MULTIEFECTO

Para Lamela, A. 2014 Este tipo de plantas son muy versátiles y flexibles, tienen bajo consumo de mantenimiento y pueden tener una rápida amortización. Produce agua de gran calidad, con bajos contenidos de sólidos, pudiendo reciclarse posteriormente para ser utilizada agrícolamente.

Se configuran en base a tubos verticales u horizontales. El vapor se condensa en un lado de un tubo lo que ocasiona la evaporación de agua salada en el otro lado. El agua salina al evaporarse es distribuida sobre la superficie exterior de tubos calentados. Dentro de cada efecto, se rocía agua marina fresca sobre un grupo de tubos de intercambio térmico mientras el vapor que fluye a través de los tubos se condensa volviéndose agua pura (Isiordia *et al.*, 2012).

2.4.4 OSMOSIS INVERSA

La Osmosis es un proceso natural que ocurre en los tejidos de plantas y animales. De forma esquemática se puede decir que cuando dos soluciones con diferentes concentraciones (formadas por un solvente y un soluto disuelto en el solvente), se unen a través de una membrana que permite elpaso del solvente, pero no del soluto, existe una circulación natural del solvente a través de la membrana, desde la solución menos concentrada hacia la de mayor concentración.

La diferencia de altura obtenida se traduce en una diferencia de presión, llamada presión osmótica. Sin embargo, aplicando una presión externa que sea mayor a la presión osmótica de una disolución respecto de otra, el proceso se puede invertir, haciendo circular el solvente desde la solución más concentrada y a la solución con menor concentración, obteniendo finalmente un agua de pureza admisible (Soto, G y Soto M. 2013).

2.4.5 ELECTRODIÁLISIS

Estos procesos utilizan membranas donde se han incorporado grupos con cargas eléctricas, con el fin de restringir el paso de los iones presentes en una solución acuosa. En estos procesos la "fuerza impulsora" responsable del flujo de los iones, a través de la membrana, es una diferencia de potencial eléctrico. Un equipo de electrodiálisis está formado por un conjunto de membranas aniónicas y catiónicas dispuestas en forma alterna y separadas por espaciadores o placas, en una configuración semejante a los filtros prensa (configuración de placas y bastidores). Los espaciadores provocan turbulencias

que evitan las deposiciones de materiales en la superficie de las membranas y homogeneizan la concentración (Gobierno de Chile, 2013).

2.5 SISTEMAS DE CONDENSACIÓN

El condensador es un intercambiador de calor y como su nombre lo indica, sirve para disipar al exterior del sistema de refrigeración, el calor absorbido en el evaporador que se genera en el proceso de compresión (Club de la refrigeración, 2013).

2.6 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Para Hernández L, 2007 la energía fotovoltaica es el proceso de convertir directamente la energía proveniente del Sol en electricidad mediante el uso de las celdas solares.

Generalmente los SFVA son pequeños de baja potencia, hasta microrredes donde el sistema está centralizado y sirve a varios usuarios mediante redes de distribución. En los SFVA, la corriente generada por los paneles se almacena en un banco de baterías a través del regulador de carga que controla el voltaje y la corriente del sistema. La conexión a las cargas en corriente continua es directa, en tanto que para satisfacer las de corriente alterna se instala un inversor. El INEN subdivide a los SFVA en:

- SFVAR residenciales o domiciliarios: con cargas en CC, CA o mixtas.
- SFVAC para uso comunitario: centros de salud, escuelas, casas comunales, iglesias, etc.
- SFVAE para usos especiales: telecomunicaciones, bombeo de agua, iluminación pública, sistemas de seguridad, etc.
- SFVAM en microredes. Incluye las redes de distribución.

2.6.1 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

El proceso que ocurre en los sistemas solares fotovoltaicos es el siguiente:

La luz solar entra sobre la superficie de los módulos fotovoltaicos, donde es convertida en energía eléctrica de corriente continua (generador fotovoltaico).

Posteriormente esta energía es recogida y conducida hasta un sistema de regulación de carga (regulador) con la función de enviar toda o parte de esta energía hasta el sistema de acumulación (batería) donde es almacenada, cuidando que no se excedan los límites de sobrecarga y descargas profundas.

Esta energía almacenada se utiliza para abastecer las cargas durante la noche en días de baja insolación o cuando el sistema fotovoltaico es incapaz de satisfacer la demanda por sí solo. Si las cargas a alimentar son de corriente continua, estas se alimentan directamente. Cuando las son de corriente alterna, la energía es enviada a un inversor de corriente, en donde es convertida a corriente alterna (inversor).

Por tanto, los componentes de un sistema solar fotovoltaico son los siguientes:

- Generador fotovoltaico
- Batería
- Regulador
- Inversor

Bases de funcionamiento de los paneles fotovoltaicas:

El funcionamiento de los paneles se basa en el efecto fotovoltaico. Cuando el conjunto fotovoltaico queda expuesto a la radiación solar, los fotones contenidos en la luz transmiten su energía a los electrones de los materiales

semiconductores, que pueden entonces romper la barrera de potencial de la unión P-N y salir del semiconductor a través de un circuito exterior, produciéndose así corriente eléctrica. El módulo más pequeño de material semiconductor con unión P-N y por lo tanto con capacidad de producir electricidad, es denominado célula fotovoltaica. Estas células fotovoltaicas se combinan de determinadas maneras para lograr la potencia y el voltaje deseados.

Parámetros eléctricos de un módulo fotovoltaico:

Los principales parámetros que caracterizan un panel fotovoltaico son:

Corriente de cortocircuito Isc: Es la máxima intensidad de corriente que proporciona el panel y corresponde a la corriente que entrega cuando se conectan directamente los dos bornes. Isc suele rondar los 3 A.

Tensión de circuito abierto Voc: Es el máximo voltaje que proporciona el panel, correspondiente al caso en que los bornes están "al aire". Voc suele ser menor de 22 V para módulos que vayan a trabajar a 12.

Punto de máxima potencia: Existe un punto de funcionamiento (Ipmax, Vpmax) para el cual la potencia entregada es máxima (Pmax=Ipmax x Vpmax). Ese es el punto de máxima potencia del panel y su valor se da en Vatios (W).

Factor de forma FF: Es la relación entre la potencia máxima que el panel puede entregar y el producto lsc x Voc. Da una idea de la calidad del panel. Su valor suele estar entre 0,7 y 0,8.

Eficiencia o rendimiento: Es el cociente entre la máxima potencia eléctrica que el panel puede entregar a la carga y la potencia de la radiación solar Pl incidente sobre el panel, habitualmente en torno al 10 %. Todos los paneles

que se interconectan han de ser iguales, es decir, de la misma marca y con las mimas características. La interconexión de paneles se realiza asociando primero paneles en serie, hasta conseguir nivel tensión adecuado, y después asociando en paralelo varias asociaciones en serie, para alcanzar el nivel de corriente deseado. La Fig. 6 muestra un ejemplo de esa conexionada serie paralelo.

La batería

Se encarga de almacenar parte de la energía producida por los paneles (la que no se consume inmediatamente) para disponer de ella en periodos de baja o nula irradiación solar. La acumulación se realiza en forma de energía eléctrica mediante el uso de baterías, normalmente de plomo ácido. Una batería está formada por la asociación serie de varios "elementos", "vasos" o "celdas", cada uno de los cuales consta de dos electrodos de plomo inmersos en una disolución electrolítica. Entre los electrodos se establece una diferencia de potencial que tiene un valor próximo a dos voltios, dependiendo el valor instantáneo del estado de carga de la batería. Las baterías más utilizadas en aplicaciones fotovoltaicas son de 12 o 24 voltios de tensión nominal.

La batería cumple también estas dos importantes misiones:

- Suministrar una potencia instantánea superior a la que el campo de paneles puede generar,
- necesaria para la puesta en marcha de algunos elementos.
- Determinar el margen de voltajes de trabajo de la instalación.

Funcionamiento de la batería

La betería repite cíclicamente un proceso de acumulación de energía (carga) y entrega de la misma (descarga), dependiendo de la presencia o ausencia del sol. En este funcionamiento normal de la batería que en batería existen dos extremos:

Sobrecarga: Cuando en el proceso de carga la batería llega al límite de su capacidad. Si en ese momento se le sigue inyectando energía, el agua de la disolución se empieza a descomponer produciendo oxígeno e hidrógeno (proceso de gasificación o gaseo).

Sobredescarga: Existe también un límite para el proceso de descarga, pasado el cual la batería se deteriora de forma importante. Es el regulador el encargado de impedir la entrada de energía por encima de la sobrecarga permitida y que se consuma más energía que la permitida por la sobre descarga.

2.7 PANELES SOLARES

El panel solar es una aplicación eficiente para este tipo de energía. Este puede ser utilizado para producir, tanto agua caliente a través de colectores solares, como electricidad por medio de paneles fotovoltaicos. Los paneles fotovoltaicos se componen de numerosas celdas de silicio, también llamadas células fotovoltaicas, que convierten la luz en electricidad.

2.8 RADIACIÓN SOLAR (TRANSFERENCIA DE CALOR)

La energía solar resulta del proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el sol. La energía solar es el motor que mueve nuestro medio ambiente, llega a la superficie terrestre 10.000 veces mayor que la energía consumida actualmente por toda la humanidad. La radiación solar es la trasferencia de energía por ondas electromagnéticas y se produce directamente desde la fuente hacia

fuera en todas las direcciones. Estas ondas no necesitan un medio material para propagarse, pueden atravesar el espacio interplanetario y llegar a la Tierra desde el Sol (Ministerio del Ambiente de España, 2015).

2.9 EVAPORACIÓN

Es el proceso por el cual el agua pasa del estado líquido o sólido al estado gaseoso mediante la transferencia de energía calórica. En el ciclo hidrológico la evaporación es un proceso importante, hasta el punto de que, a nivel continental, entre un 70% y un 75% de la precipitación anual total retorna a la atmósfera por evaporación y transpiración. En climas cálidos, la pérdida de agua por evaporación en ríos, canales y equipos de almacenamiento de agua a cielo abierto es de vital importancia, ya que la evaporación detrae una proporción considerable del suministro total de agua.

2.10 DESTILACIÓN

Es un procedimiento de purificación de agua de alta efectividad que se ha comprobado durante mucho tiempo y que consiste en tratar el agua hasta su evaporación, y una vez que el vapor se ha condensado, se lo recoge obteniendo agua pura (Montoya P, 2009).

2.11 DESTILADOR SOLAR

Es un dispositivo que usa la energía de sol para purificar el agua. Eliminando microorganismos, sales, bacterias, metales pesados e impurezas. Este proceso consiste en evaporar el agua del recipiente y luego lo condensa, donde se obtiene el agua purificada.

El destilador solar requiere un elemento que transforme la energía solar en un incremento de temperatura del agua para poder evaporarla, la radiación solar es absorbida por cualquier superficie de color oscuro de preferencia negro, se lo usa para lograr una mejor absorción. Para evitar pérdidas de calor, es importante que el alambique este aislado térmicamente por la parte inferior.

2.12 TIPOS DE DESTILADORES

Para Huezo F y Moran J, 2012 existe una gran variedad de diseños de destiladores solares, aunque en todos ellos opera el mismo principio. A continuación, se describen algunos tipos:

2.12.1 DESTILADOR TIPO CASETA

Este destilador consiste en una pila hermética de forma rectangular, poco profunda y con el fondo color negro. La cubierta superior es transparente para la energía solar y generalmente es de vidrio. La radiación que llega a la superficie negra se transforma en calor, aumentando la temperatura del agua salobre hasta llegar a la evaporación, el vapor formado queda en el dispositivo.

La energía solar convertida en calorífica queda atrapada en el interior del destilador debido a que impide la salida de la emisión infrarroja del agua caliente; y también evita que salga el aire húmedo atrapado en el destilador. El transporte de masa entre el evaporador y el condensador en principalmente por difusión del vapor de agua en el aire, la cubierta tiene una inclinación hacia uno o varios canales recolectores.

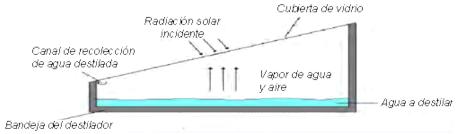


Figura 2.1. Destilador tipo caseta (Huezo F y Moran J, 2012).

2.12.2 DESTILADOR DE CANAL LARGO

El esquema del sistema de destilación de canal largo consiste en un canal con una pequeña pendiente para evitar el estancamiento del agua a destilar, lo que reduce la incrustación y acumulación de basura. El canal a diferencia de los destiladores de caseta, tiene expuesta al aire solamente el área de condensación y elimina virtualmente todas las pérdidas de los extremos. Al fluir el agua a destilar, se perturba la capa limite en la interfaz agua-aire y se favorece la difusión del vapor.

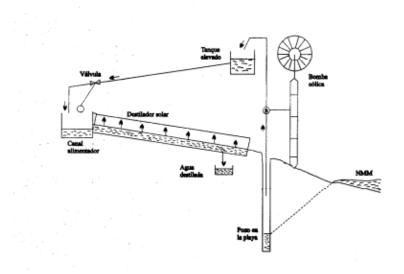


Figura 2.2. Destilador de canal largo (Huezo F y Moran J, 2012).

2.12.3 DESTILADOR SOLAR ESFÉRICO

En este tipo de destilador tiene forma esférica su funcionamiento es similar el de tipo caseta con la diferencia que se tiene un limpiador giratorio para forzar el escurrimiento. Por esta razón las gotas de agua que condensan en la superficie interior de la cubierta superior, son barridas por el limpiador y dirigidas hacia el hemisferio inferir a través de un espaciamiento entre el recipiente y la esfera envolvente.

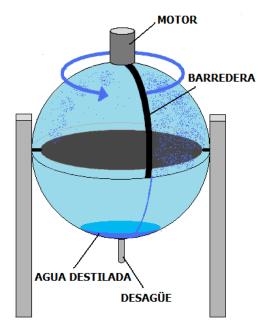


Figura 2.3. Destilador solar esférico (Huezo F y Moran J, 2012).

2.12.4 DESTILADOR SOLAR TIPO CHIMENEA

Este diseño consta de una chimenea localizada en uno de los extremos del dispositivo. La chimenea encierra un intercambiador de calor, la salmuera entra por la chimenea fluyendo a través del intercambiador de calor hasta llegar al destilador. Parte del agua es evaporada por el efecto de la radiación solar, el vapor de agua se transporta hasta la chimenea, donde este se condensa al ponerse en contacto con las aletas extremas del intercambiador. El destilado se deposita en la base de la chimenea para después ser extraído.

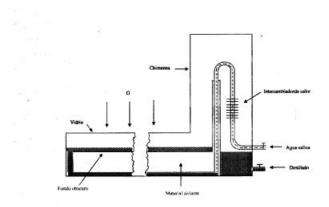


Figura 2.4. Destilador solar tipo chimenea (Huezo F y Moran J, 2012).

2.12.5 DESTILADOR SOLAR TIPO CASCADA

Este destilador consta de terrazas, en la parte superior de cada una de las terrazas se disponen los estanques con fondo de color negro, llenos de agua para destilar. Cuando la radiación solar incide en el destilador comienza la evaporación. El agua en estado gaseoso se condensa en una superficie transparente dispuesta de forma inclinada sobre las terrazas y se desliza hacia el receptáculo situado en la parte baja del destilador.

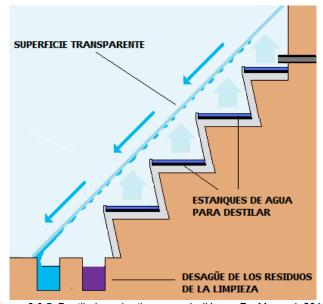


Figura 2.0.5. Destilador solar tipo cascada (Huezo F y Moran J, 2012).

2.13 FUNCIONAMIENTO DE UN DESTILADOR

El funcionamiento de un destilador solar es el siguiente:

El empleo de los destiladores supone en esencia reproducir en pequeñas escalas el ciclo natural del agua. El principal funcionamiento del destilador solar es una caja contenedora con fondo de color negro donde se vierte el agua contaminada que se va a destilar cerrando este espacio se coloca una superficie transparente que de paso a la radiación solar esto provoca el efecto invernadero al tiempo que también retiene la humedad.

La radiación solar hace contacto con el recipiente negro así logrando elevar la temperatura del recipiente de agua en su interior y del aire favoreciendo la evaporación. De esta manera en el interior del destilador se crea una atmosfera muy calidad y saturada de humada. El vapor de agua asciende entonces por convección hasta topar con la superficie transparente, que por estar en contacto con el exterior está a una temperatura más fría que el resto del destilador. En esta superficie se condensa el agua formando pequeñas gotas. La superficie transparente está dispuesta de manera adecuada para favorecer que las gotas, conforme continúa el proceso y van aumentando de tamaño, fluyan hacia un recipiente donde se recoge toda el agua destilada (Alban J, 2015).

2.14 EFICIENCIA

Según Robbins y Coulter en el 2008, la eficiencia consiste en "obtener los mayores resultados con la mínima inversión. Para Quintero en el 2013 señala que la Eficiencia es lograr que la productividad sea favorable o sea es lograr el máximo resultado con una cantidad determinada o mínima de insumos o recursos, lograr los resultados predeterminados o previstos con un mínimo de recursos.

Para Pérez et al., en el 2010 señala que la eficiencia se la calcula de la siguiente manera:

$$E = \frac{O_W}{i_W} * 100$$
 [2.1]

Donde:

E= Eficiencia (%)

O_w = Producción diaria de agua destilada

 i_w = Agua contenida en el destilador solar

Correlación

Para la Escuela Superior de Informática en el 2008 plantea que el concepto de relación o correlación entre dos variables se refiere al grado de parecido o variación conjunta existente entre las mismas.

2.15 DISEÑO

Para Frascara en el 2000 el diseño es una actividad abstracta que implica programar, proyectar, coordinar una larga lista de factores y materiales humanos, traducir lo invisible en visible. Sin embargo, la International Council of Societies of Industrial Design(ICSID) en el 2004 señala que el diseño es una actividad creativa cuyo propósito es establecer las cualidades multifacéticas de objetos, procesos, servicios en su ciclo de vida. Potabilizar el agua con energía del sol es una alternativa que muchas comunidades han implementado desde la antigüedad, y para ello utilizan el principio de transformación del agua en la naturaleza -ciclo del agua- (Díez, 2007).

Algunos tipos de colectores solares para potabilización (Perales, 2008 y Madrid, 2009) son: cajas de efecto invernadero, colectores de placa plana y concentradores solares. Los procedimientos utilizados para potabilizar realizan el siguiente proceso: se toma un fluido con contaminantes y se le genera un

aumento de temperatura que hace que el fluido cambie de fase y se vaporice, en este caso el agua; este proceso deja los contaminantes más pesados en el recipiente, el líquido vuelve posteriormente a su fase liquida debido a que esta cede calor en una región de transferencia, posteriormente este fluido es recolectado en un depósito de almacenamiento donde al condensarse presenta condiciones para el consumo humano.

Este proceso se puede entender como el ciclo del agua, en una escala reducida (UPME, 2007 y Fernández, 2008).

2.16 ANÁLISIS FÍSICOS

2.16.1 COLOR

Puede estar condicionado por presencia de iones metálicos naturales (Fe, Mn), materia orgánica (Humus, Plancton, Turbas y restos vegetales) y Residuos Industriales (Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria, 2013).

2.16.2 OLOR

Es un factor de calidad que afecta la aceptabilidad del agua, existen factores que lo modifican (ARCSA, 2013).

2.16.3 TURBIDEZ

Es producida por materias en suspensión finamente divididas, es una expresión de la propiedad óptica que origina que la luz se disperse y absorba en vez de transmitirse en línea recta a través de la muestra (ACRSA, 2013).

2.16.4 **SABOR**

Es un factor de calidad que afecta la aceptabilidad del agua, existen factores que lo modifican (ACRSA,2013).

2.16.5 TEMPERATURA

Es un factor abiótico que regula procesos vitales para los organismos vivos, así como también afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema (Universidad de Puerto Rico de Mayagüez, 2002).

2.17 ANÁLISIS QUÍMICOS

2.17.1 PH

Desde una aproximación simplificada, el pH puede definirse como una medida que expresa el grado de acidez o basicidad de una solución en una escala que varía entre 0 y 14 (Terán, 2008).

2.17.2 CLORURO

La Secretaria de economía de México en el 2001 señala que, en el agua potable, el sabor salado producido por la concentración de cloruros es variable. En algunas aguas conteniendo 25 mg Cl-/, aunque las concentraciones de sodio en el agua potable normalmente son inferiores a 20 mg/l, en algunos países pueden superar en gran medida esta cantidad (OMS, 2003).

2.17.3 **DUREZA**

La dureza del agua se define como la concentración de cationes metálicos no alcalinos, constituyendo un parámetro muy significativo en la calidad del agua e incluso llegar a ser nociva para el consumo humano (Catarina, 2005).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1 UBICACIÓN

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se tomaron las respectivas muestras de agua salina en la playa San Clemente ubicada en el centro de la provincia de Manabí, a 32 km al sur de Bahía de Caráquez.



Cuadro 3.1. características de la Parroquia San clemente.

CARACTERÍSTICAS	San Clemente
Latitud sur	0° 45' 00.79"S
Longitud oeste	80° 29' 59.11"O
Temperatura (°C)	24° C a 30° C
Precipitación promedio anual (mm)	334 mm.

3.2 FACTOR (ES) EN ESTUDIO

Los factores en estudio será la implementación de los destiladores solares.

Cuadro 3.2. Factor en estudio del provecto.

Nivel	Medio	Cantidad de Agua (L)
T ₁	Destilador convencional	30
T_2	Destilador repotenciado	30

3.3 TRATAMIENTOS

Se realizarán dos tratamientos con 7 repeticiones cada uno, teniendo así un total de 14 unidades experimentales.

Cuadro 3.3. Tratamientos del provecto.

Nº tratamiento	Factor T
1	T ₁
2	T_2

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Cuadro 3.4. Diseño experimental aplicado en el proyecto.

Diseño experimental	Diseño Completamente Aleatorizado o al Azar (DCA) Simple			
Número de tratamientos	 ₂			
Número de repeticiones	28			
Niveles	Destilador solar convencional y/o repotenciado 1. Destilador solar convencional 2. Destilador solar repotenciado			

3.5 UNIDAD EXPERIMENTAL

Cuadro 3.4. Unidad experimental del proyecto.

	Unided Everyimental	Me	dios	
	Unidad Experimental	DS Convencional 30 L	DS Repotenciado 30 L	
	X1R1	T1	T1.1	
	X2R2	T2	T2.1	
NOMENCLATURA	X3R3	Т3	T3.1 T4.1 T5.1 T6.1	
	X4R4	T4		
	X5R5	T5		
	X6R6	T6		
	X7R7	Т7	T7.1	

3.6 VARIABLES A MEDIR

3.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Sistema de transferencia de calor y/o sistema fotovoltaico

3.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Calidad del Agua

3.7 INDICADORES

Cuadro 3.5. Parámetros físicos y químicos a medir del agua.

Indicadores	Unidades
Temperatura	°C
Color, Olor y Sabor	
Turbidez	UNT
pH	
Dureza	mg/L
Cloruro	mg/L

3.8 CONSTRUCCIÓN DE UN DESTILADOR SOLAR POR MEDIO DE TRANSFERENCIA DE CALOR DIRECCIONADO Y CONDENSACIÓN FOTOVOLTAICA

Para llevar a cabo este objetivo se realizaron las siguientes actividades que a continuación se detallaran:

3.8.1 REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO TEÓRICO DE LOS DIFERENTES DISEÑOS DE DESTILADORES SOLARES.

Para la revisión de fuentes bibliográficas se basó en información secundaria de nivel bibliográfico: revistas y artículos científicos, proyectos y demás relacionados con el diseño y elaboración de un destilador solar, esto se lo llevó a cabo durante dos semanas cumpliendo lo estipulado dentro del cronograma de actividades.

3.8.2 ELECCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y LOS MATERIALES NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL DESTILADOR SOLAR.

La elección del proceso de producción y los materiales requeridos se los estableció de acuerdo a las bases teóricas consultadas y las características del agua a tratar.

3.8.3 FABRICACIÓN DE UN DESTILADOR SOLAR CON TRANSFERENCIA DE CALOR Y CONDENSACIÓN FOTOVOLTAICA.

Para la fabricación de los destiladores solares se consideró el diseño que Pérez y Lara presentan en el 2010, un destilador tipo caseta de una sola vertiente, y otro que poseerá las características básicas mencionadas repotenciado con transferencia de calor y condensación fotovoltaica. Tomando en cuenta que se va a medir la eficiencia del mismo se llevó a cabo la construcción de un destilador convencional para realizar las respectivas comparaciones.

Para suministrar energía eléctrica a los halógenos del destilador, se aprovecha la radiación electromagnética proveniente del recurso solar, mediante la

28

Y

tecnología de paneles fotovoltaicos. En esta actividad se determinó el número

de paneles requeridos para la investigación, se utilizó la fórmula de tamaño del

panel propuesta por FONAM. s.f.

 $Ar = 1200x \ Ed/Id \ [3.1]$

Dónde:

Ar: Tamaño del panel (Wp)

Ed: Consumo de electricidad diaria (kWh / día)

Id: Irradiación local (kWh / m² / día)

3.9 EXPERIMENTACIÓN DEL DESTILADOR SOLAR EN LA

PARROQUIA SAN CLEMENTE

3.9.1 IMPLEMENTACIÓN DEL DESTILADOR SOLAR CON

TRANSFERENCIA DE CALOR DIRECCIONADO

CONDENSACIÓN FOTOVOLTAICA.

Dentro de esta actividad se enmarca la aplicación de dos destiladores uno con

transferencia de calor direccionado y condensación fotovoltaica y otro como un

destilador convencional para constatar la eficiencia de cada uno bajo las

mismas condiciones meteorológicas, tomando en cuenta que las horas sol

aprovechables en el lugar de estudio eran a partir de las 10:00am a 15:00pm;

se le agregó 30 lt de agua salina a cada destilador para que los mismos

posteriormente iniciaran con el proceso de destilación.

3.9.2 TOMA DE DATOS DEL AGUA DESTILADA OBTENIDA

Una vez ya puesta en marcha el funcionamiento de los destiladores y con la incidencia de los rayos solares primeramente se pudo observar el empañamiento de la superficie vidriada y posteriormente la generación de las gotas que escurrían por el desnivel hacia el canal hasta llegar al colector. Desde un principio se pudo observar la diferencia del rendimiento entre el destilador convencional y el destilador repotenciado.

Se tomaron datos diariamente, durante una semana del mes de enero para su posterior correlación.

3.10 CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL AGUA PRE Y POST DESTILACIÓN

Se consideró tomar una muestra diaria del agua resultante y una muestra del agua salina antes de pasar al proceso de destilación de cada destilador; a las cuales se les midió color, turbidez, olor, sabor y temperatura, dureza, pH, cloruros.

3.10.1 REALIZACIÓN DE ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS DEL AGUA PRE-DESTILACIÓN.

Esta actividad se la realizó con el fin de comprobar las características de la muestra que anteriormente fueron citadas. La muestra de agua fue tomada en la Playa San Clemente de la Provincia de Manabí.

3.10.2 REALIZACIÓN DE ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS DEL AGUA POST-DESTILACIÓN.

Estos análisis serán efectuados para la determinación de la eficiencia de la destilación comparándolas con las normas del Libro VI Anexo 1 Normas Recurso Agua TULSMA.

3.11 CORRELACIONAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN FUNCIÓN AL SISTEMA CONVENCIONAL Y AL REPOTENCIADO PARA MEDIR SU EFICIENCIA.

3.11.1 TABULACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA DESTILACIÓN SOLAR MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Consiste en la interpretación de los datos obtenidos mediante la implementación de un diseño experimental básico durante una semana de destilación del agua salina haciendo comparación de resultados con la norma del Libro VI Anexo 1 Normas Recurso Agua TULSMA.

3.11.1.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Como diseño experimental se implementó el método estadístico SPSS prueba T para muestras independientes mediante el software IBM SPSS Statistics 24.0. El procedimiento Prueba T para muestras independientes debe utilizarse para comparar las medias de dos grupos de casos, es decir, cuando la comparación se realice entre las medias de dos poblaciones independientes (los individuos de una de las poblaciones son distintos a los individuos de la otra). Lo ideal es que para esta prueba los sujetos se asignen aleatoriamente a dos grupos, de forma que cualquier diferencia en la respuesta sea debida al tratamiento (o falta de tratamiento) y no a otros factores (Universidad de Valencia, 2010).

31

Se aplicaron dos tratamientos (Dos destiladores) y siete repeticiones correspondientes a los siete días de muestreo y la unidad experimental que en este caso es el agua obtenida del sistema de destilación (Esteban *et al.*, 2002).

Además, se realizarán los respectivos cálculos para determinar la eficiencia respectivamente.

Para Pérez et al., en el 2010 señala que la eficiencia se la calcula de la siguiente manera:

$$E = \frac{O_W}{i_W} * 100$$
 [3.2]

Donde:

E= Eficiencia

 O_w = Producción diaria de agua destilada (Lts)

 i_w = Agua contenida en el destilador solar (Lts)

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DISEÑO UN DESTILADOR SOLAR POR MEDIO DE TRANSFERENCIA DE CALOR DIRECCIONADO Y CONDENSACIÓN FOTOVOLTAICA

Para llevar a cabo este objetivo se realizaron las siguientes actividades que a continuación se detallaran:

4.1.1 REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO TEÓRICO DE LOS DIFERENTES DISEÑOS DE DESTILADORES SOLARES.

Para la revisión de fuentes bibliográficas se basó en información secundaria de nivel bibliográfico: revistas y artículos científicos, proyectos y demás relacionados con el diseño y elaboración de un destilador solar, esto se lo llevó a cabo durante dos semanas cumpliendo lo estipulado dentro del cronograma de actividades. Para Huezo F y Moran J, (2012) existe una gran variedad de diseños de destiladores solares, aunque en todos ellos opera el mismo principio. A continuación, se describen algunos tipos:

4.1.1.1 DESTILADOR TIPO CASETA

Este destilador consiste en una pila hermética de forma rectangular, poco profunda y con el fondo color negro. La cubierta superior es transparente para la energía solar y generalmente es de vidrio.

4.1.1.2 DESTILADOR DE CANAL LARGO

El esquema del sistema de destilación de canal largo consiste en un canal con una pequeña pendiente para evitar el estancamiento del agua a destilar, lo que reduce la incrustación y acumulación de basura. El canal a diferencia de los destiladores de caseta, tiene expuesta al aire solamente el área de condensación y elimina virtualmente todas las pérdidas de los extremos.

4.1.1.3 DESTILADOR SOLAR ESFÉRICO

En este tipo de destilador tiene forma esférica su funcionamiento es similar el de tipo caseta con la diferencia que se tiene un limpiador giratorio para forzar el escurrimiento.

4.1.1.4 DESTILADOR SOLAR TIPO CHIMENEA

Este diseño consta de una chimenea localizada en uno de los extremos del dispositivo. La chimenea encierra un intercambiador de calor, la salmuera entra por la chimenea fluyendo a través del intercambiador de calor hasta llegar al destilador.

4.1.1.5 DESTILADOR SOLAR TIPO CASCADA

Este destilador consta de terrazas, en la parte superior de cada una de las terrazas se disponen los estanques con fondo de color negro, llenos de agua para destilar. Cuando la radiación solar incide en el destilador comienza la evaporación.

4.1.2 ELECCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y LOS MATERIALES NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL DESTILADOR SOLAR.

La elección del proceso de producción y los materiales requeridos se los estableció de acuerdo a las bases teóricas consultadas y las características del agua a tratar. Como materiales básicos están los siguientes: estructura metálica, placa de vidrio, panel solar, soldaduras, tubos de cobre, manguerillas, reservorios, batería de carro, silicona, válvulas, tubos pvc, alógeno, papel aluminio, sal en grano. Se escogió el diseño más conveniente tanto social, económico y ambientalmente viable para la ejecución del proyecto.

4.1.3 FABRICACIÓN DE UN DESTILADOR SOLAR CON TRANSFERENCIA DE CALOR Y CONDENSACIÓN FOTOVOLTAICA.

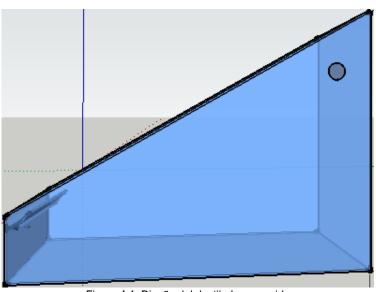


Figura 4.1. Diseño del destilador escogido

Para la fabricación de los destiladores solares se consideró el diseño que Pérez y Lara presentan en el 2010, un destilador tipo caseta de una sola vertiente el cual tiene 100cm x 80cm x 76cm/25cm de altura con una inclinación

de 30º además de que posee una canaleta en su interior que a su vez será conectada a una llave por la cual se obtendrá el agua destilada, y otro que poseerá las características básicas mencionadas repotenciado con transferencia de calor y condensación fotovoltaica (ANEXO, foto 4). tomando en cuenta que se va a medir la eficiencia del mismo se llevó a cabo la construcción de un destilador convencional para realizar las respectivas comparaciones. El diseño y funcionamiento del destilador repotenciado se detallará a continuación:

Su repotenciación consiste en incorporar tubos de cobre rellenas de sal en grano para aumentar la conductividad térmica, a su vez se integró papel aluminio en la base del destilador y alógenos los cuales van a funcionar con energía fotovoltaica (paneles solares) acelerando el proceso de evaporación y condensación.

Para la utilización del sistema fotovoltaico aislado, consiste en lo siguiente: la radiación que llega a la superficie y a las barras de cobre se transforma en calor, aumentando la temperatura del agua salobre hasta llegar a la evaporación, el vapor formado queda en la superficie del dispositivo, seguidamente se acelera el proceso de condensación mediante el sistema ya incorporado, el agua obtenida recorrerá una pendiente de 30° C hasta llegar a una canaleta direccionada a un reservorio (Nandwani, S. 2013).

Características del panel solar

Panel solar adecuado para una variedad de aparatos eléctricos de corriente continua, luces de emergencia, luces de la publicidad, semáforos, luces de casas, ventiladores eléctricos, bombas de agua solares, etc. (STC):1000W/m2, AM 1,5

Modelo	10-18P		
Pmax	10W		
Tensión de cresta	17,3V		
Punta de corriente	0,58A		
Voltaje de circuito abierto	21,7V		
Corriente de cortocircuito	0,61A		
Temperatura de funcionamiento	-40°C a +80°C		
Material	Policristalino		
Peso	891g		
Tamaño	345x230x18mm		

Características de los halógenos

Los halógenos implementados en la repotenciación del destilador solar fue el G4 halógeno mini bombillas de 30w.

Luminaria convencional	Equivalente LED	Ahorro
G4 Halógenas mini bombillas 20W	G4 LED 2,4W	60%
G4 Halógenas mini bombillas 30W	G4 LED 3,5W	60%

- Igual que la salida de luz 50Watt Lámpara halógena 40% de ahorro energético
- > 5000 horas de vida 5 más tiempo que la mayoría de las lámparas sin marca
- > 36 grados de ángulo de salida de luz óptima
- Sustituye MR16 estándar / GU5.3 50Watt halógenas de bajo voltaje
- Debe ser usado en combinación con una baja de voltaje regulable Electronic Transformer - Leading Edge Compatible

Características Eco

- Ahorrar electricidad cuando oscurecimiento (oscurecimiento, por ejemplo, en el 50% utiliza alrededor de ~ 52% de la electricidad)
- Arranque y oscurecimiento de 90% de valor extiende la vida de la lámpara - (lámparas halógenas LV de hasta 10 veces)

37

➤ 40% de ahorro de energía Lámpara halógena - 30watts potencia con

salida 50Watt equivalente Luz

Aplicando la fórmula de tamaño del panel se logró establecer la idea para

incorporar los instrumentos en el diseño del sistema fotovoltaico para el

destilador. Se tomaron datos de irradiación en base al Atlas solar del Ecuador

para fines de generación eléctrica (2008), y en base a la formula descrita por

FONAM s/f.

Aplicación de la fórmula del tamaño del panel solar.

Datos:

Ar: Tamaño del panel (Wp)

Ed: 0,48 kWh/día.

ld: 4,7 kWh/m²/día.

Aplicación de la fórmula:

Ar = 1200 X Ed / Id

 $Ar = 1200x \ 0.48 \ kWh/día \ .4,7 \ kWh/m²/día$

Ar = 122,55 Wp

Distribución eléctrica (esquema) y el diagrama unifilar de la instalación

fotovoltaica

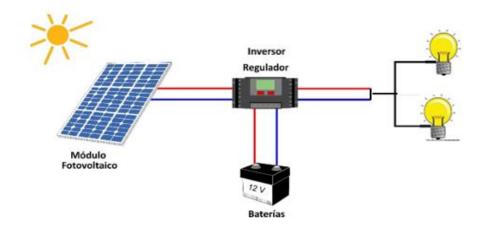


Imagen 4.1. Esquema distribución eléctrica

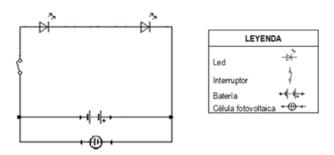


Imagen 4.2. Diagrama unifilar de la instalación fotovoltaica

4.2 EXPERIMENTACIÓN DEL DESTILADOR SOLAR EN LA PARROQUIA SAN CLEMENTE

4.2.1 IMPLEMENTACIÓN DEL DESTILADOR SOLAR CON TRANSFERENCIA DE CALOR DIRECCIONADO Y CONDENSACIÓN FOTOVOLTAICA.

Dentro de esta actividad se enmarca la aplicación de dos destiladores uno con transferencia de calor direccionado y condensación fotovoltaica y otro como un destilador convencional para constatar la eficiencia de cada uno bajo las mismas condiciones meteorológicas, tomando en cuenta que las horas sol aprovechables en el lugar de estudio eran a partir de las 10:00am a 15:00pm; se le agregó 30 lt de agua salina a cada destilador para que los mismos posteriormente iniciaran con el proceso de destilación.

4.2.2 TOMA DE DATOS DEL AGUA DESTILADA OBTENIDA

Una vez ya puesta en marcha el funcionamiento de los destiladores y con la incidencia de los rayos solares primeramente se pudo observar el empañamiento de la superficie vidriada y posteriormente la generación de las gotas que escurrían por el desnivel hacia el canal hasta llegar al colector. Desde un principio se pudo observar la diferencia del rendimiento entre el destilador convencional y el destilador repotenciado.

Se tomaron datos diariamente, durante una semana del mes de enero para su posterior correlación.

Cuadro 4.1. Valores de la cantidad de agua obtenida en un destilador convencional.

	DESTILADOR CONVENCIONAL						
DIAS	TEMPERATURA	AGUA DESTILADA (LT)					
1	30°	3.9					
2	29°	3.65					
3	27°	3.1					
4	27°	3.0					
5	25°	0,8					
6	26°	2.5					
7	28°	3.6					

Cuadro 4.2. Valores de la cantidad de agua obtenida en un destilador repotenciado.

DIAC	TEMPEDATUDA	AOUA DECTUADA (LT)		
DIAS	TEMPERATURA	AGUA DESTILADA (LT)		
1	30°	8.2		
2	29°	7.9		
3 27°		7.2		
4	27°	7.1		
5	25°	2.0		
6 26°		6.9		
7	28°	7.5		

4.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL AGUA PRE Y POST DESTILACIÓN

Se consideró tomar una muestra diaria del agua resultante y una muestra del agua salina antes de pasar al proceso de destilación; a las cuales se les midió color, turbidez, olor, sabor y temperatura, dureza, pH, cloruros.

4.3.1 REALIZACIÓN DE ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS DEL AGUA PRE-DESTILACIÓN.

Esta actividad se la realizó con el fin de comprobar las características de la muestra que anteriormente fueron citadas. La muestra de agua fue tomada en la Playa San Clemente de la Provincia de Manabí, las concentraciones iniciales del agua de mar antes de la destilación solar fueron las siguientes:

Cuadro 4.3. Resultados de análisis de agua pre destilación.

PARÁMETROS	RESULTADOS			
Ph	8.50			
Color	Incolora			
Olor	Ausencia			
Sabor	Salina			
Turbidez	4 FAU			
Temperatura	26°C			
Dureza	3620 mg/lt			
Cloruros	11471, 62 mg/lt			

4.3.2 REALIZACIÓN DE ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS DEL AGUA POST-DESTILACIÓN.

Estos análisis serán efectuados para la determinación de la eficiencia de la destilación comparándolas con las normas del Libro VI Anexo 1 Normas Recurso Agua TULSMA. Las concentraciones del agua destilada fueron las siguientes:

Cuadro 4.4. Resultados de análisis post destilación.

PARÁMETROS		DEST. CONVENCIONAL						
	M1	M2	М3	M4	M5	M6	M7	
рН	6,40	6,30	6,44	6,28	6,10	6,19	6,13	
Color	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	
Sabor	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida	
Turbidez	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	
Temperatura	40.8°C	40.5°C	40°C	40°C	38.7°C	38.9°C	40.2°C	
Dureza (mg/lt)	185	160	160	150	80	130	110	
Cloruros (mg/lt)	67,52	47,12	55,34	29,20	38,26	35,62	26,36	

Fuente: TULSMA, 2014.

Cuadro 4.5. Realización de análisis pre destilación

	DEST. REPOTENCIADO							
PARAMETROS	M1	M2	М3	M4	M5	M6	M7	
Ph	6.60	6.40	6.68	6.82	6.15	6.23	6.17	
Color	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	
Sabor	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida	
Turbidez	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	
Temperatura	48.1°C	47°C	45.9°C	45.9°C	44.7°C	45°C	46.2 °C	
Dureza (mg/lt)	160	140	150	130	60	110	90	
Cloruros (mg/lt)	56.72	21.27	35.45	21.27	28.36	25.63	22.34	

Fuente: TULSMA, 2014.

4.4 CORRELACIONAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN FUNCIÓN AL SISTEMA CONVENCIONAL Y AL REPOTENCIADO PARA MEDIR SU EFICIENCIA.

4.4.1 TABULACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA DESTILACIÓN SOLAR MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Consiste en la interpretación de los datos obtenidos mediante la implementación de un diseño experimental para muestras independientes durante una semana de destilación del agua salina haciendo comparación de resultados con la norma del Libro VI Anexo 1 Normas Recurso Agua TULSMA.

Cuadro 4.6. Comparación de los datos obtenidos en el destilador convencional con los límites permisibles

PARÁMETROS	DEST. CONVENCIONAL						LMP	
PARAIVIE I RUS	M1	M2	М3	M4	M5	M6	M7	•
Ph	6,40	6,30	6,44	6,28	6,10	6,19	6,13	6-9
Color	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora
Sabor	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida
Turbidez	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	5 FAU
Temperatura	40,8°C	40,5°C	40°C	40°C	38,7°C	38,9°C	40,2°C	CN +/-3°
Dureza (mg/lt)	185	160	160	150	80	130	110	500
Cloruros (mg/lt)	67,52	47,12	55,34	29,20	38,26	35,62	26,36	250

Tomando como referencia los límites máximos permisibles establecidos en el TULMA se determinó que el porcentaje de remoción del parámetro de dureza es de 78% y el de cloruros es de 89,456%.

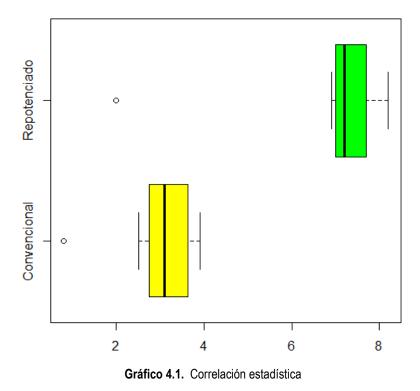
Cuadro 4.7. Comparación de los datos obtenidos en el destilador repotenciado con los límites permisibles.

		DEST. REPOTENCIADA						
PARÁMETROS	M1	M2 M3		M4 M5		M6 M7		LMP
Ph	6,60	6,40	6,68	6,82	6,15	6,23	6,17	6-9
Color	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora
Sabor	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida	Insípida
Turbidez	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	<1 FAU	5 FAU
Temperatura	48,1°C	47°C	45,9°C	45,9°C	44,7°C	45°C	46,2 °C	CN +/-3°
Dureza (mg/lt)	160	140	150	130	60	110	90	500
Cloruros (mg/lt)	56,72	21,27	35,45	21,27	28,36	25.63	22,34	250

Tomando como referencia los límites máximos permisibles establecidos en el TULMA se determinó que el porcentaje de remoción del parámetro de dureza es de 82% y el de cloruros es de 91,64%.

Diseño Experimental

Mediante la aplicación del diseño experimental para muestras independientes realizado a los factores de estudio, se determinó que el valor de significancia es menor a 0,05 por ende la hipótesis planteada se cumple a cabalidad, sin embargo, se recomienda realizar más tratamientos y que el periodo de aplicación sea más prolongado.



Para determinar la eficiencia se realizaron pruebas durante 7 días durante el mes de enero, tomando datos tanto del destilador convencional como del repotenciado. Se midió cada día cuánta agua ingreso al sistema y cuánta agua destilada se obtuvo, con el fin de determinar el rendimiento del destilador solar repotenciado.

Cuadro 4.10. Datos de la eficiencia en el destilador convencional.

DESTILADOR CONVENCIONAL							
DÍAS	EFICIENCIA (%)						
1	13%						
2	12%						
3	10%						
4	10%						
5	2%						
6	8%						
7	12%						

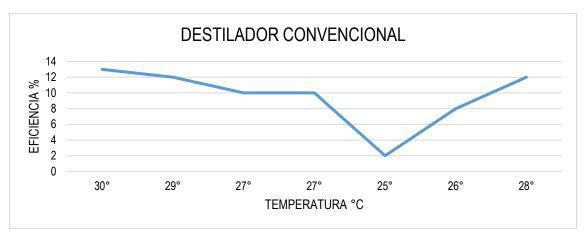


Gráfico 4.2. Eficiencia del destilador Convencional.

En la gráfica se representa la eficiencia del destilador convencional, se puede observar que la mayor eficiencia es del primer día de destilación con un 13% y existe una diferencia muy notable en el quinto día obteniendo una eficiencia del 2%.

Cuadro 4.11. Datos de la eficiencia en el destilador convencional.

DESTILADOR REPOTENCIADO							
DÍAS	EFICIENCIA (%)						
1	27%						
2	26%						
3	24%						
4	23%						
5	6%						
6	23%						
7	25%						

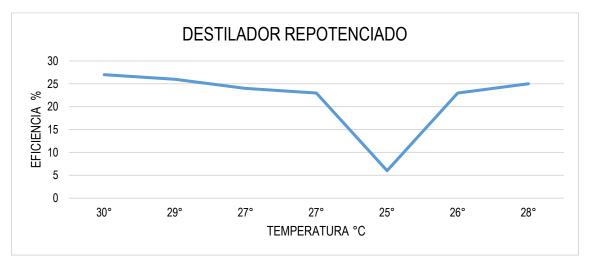


Gráfico 4.3. Eficiencia del destilador repotenciado.

Se obtuvo la eficiencia del destilador repotenciado alcanzando una eficiencia del 27% en el primer día de destilación, además se observa que en el día 5 la eficiencia decrece considerablemente con un 6%.

Cuadro 4.82. Correlación de las eficiencias de los destiladores.

DIAS	EF. DEST. CONVENCIONAL (%)	EF. DEST. REPOTENCIADO (%)
1	13%	27%
2	12%	26%
3	10%	24%
4	1%	23%
5	2%	6%
6	8%	23%
7	12%	25%

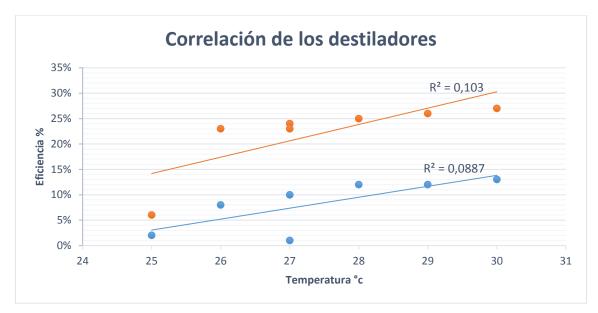


Gráfico 4.4. Correlación de las eficiencias.

En la representación gráfica se puede constatar la correlación de eficiencias de los destiladores, en la cual se observar que a los 25°C la eficiencia tiende a decrecer considerablemente debido a las condiciones meteorológicas que se presentaron en ese día (Mercado Y Lam, 2015).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.5 CONCLUSIONES

- a. El diseño escogido para la construcción del destilador solar fue en base a la bibliografía ya establecida, además la implementación del sistema de condensación no requiere energía eléctrica por lo que se considera muy viable ambientalmente, así como también los materiales utilizados para la construcción y la mano de obra son de bajo costo y de fácil acceso.
- b. La implementación de este sistema la playa de San Clemente Manabí se considera muy significativo ya que a través de este estudio se pueden realizar proyectos a gran escala tomando en cuenta que las características meteorológicas de la zona de estudio contribuyen a la obtención de resultados favorables.
- c. Con la caracterización del agua pre y post destilación se pudo determinar que el agua después de pasar por dicho sistema cumple con los límites permisibles establecidos en el TULSMA, lo que se considera un agua apta para el consumo humano.
- d. Correlacionando los resultados obtenidos del destilador convencional y el repotenciado se determinó que el destilador convencional obtuvo una eficiencia del 13%, menor el destilador repotenciado el cual arrojo una eficiencia de un 27%. La diferencia de dicha eficiencia es del 14%. A medida que la temperatura disminuye el porcentaje de eficiencia desciende considerablemente.

4.6 RECOMENDACIONES

- a. Variar el ángulo de inclinación de la cubierta a 45° para aumentar la velocidad del agua condensada en el vidrio y disminuir su altura. Tener en cuenta que entre la lámina de agua sea menor se va a obtener un proceso de destilación más rápido.
- b. Limpiar la cara exterior del vidrio al inicio del proceso de destilación por las mañanas, de manera que no obstaculice el paso de radiación hacia la bandeja, debido a la opacidad formada por el polvo procedente del ambiente.
- c. Para la recepción de agua destilada, utilizar depósitos transparentes con medición en el orden de 4 litros para tener un panorama más preciso del agua destilada durante el proceso de destilación.
- d. Ubicar el equipo en una zona donde esté lejos del contacto directo con el suelo para evitar un crecimiento de bacterias en el agua obtenida, así como una interferencia en el valor del Carbono Orgánico Total de las muestras.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ACRSA). 2013. Técnica de análisis físico-químico y microbiológico para el agua potable. Consultado en línea el 10 de julio del 2016. Formato PDF. Disponible en: http://www.scpm.gob.ec/
- Aguilar. 2011. Características del agua. Consultado en línea el 28 de junio del 2016. Formato html. Disponible en: http://aguaymascosas.blogspot.com/
- Aguinaga. 2013. Manual de procedimientos analíticos para aguas y efluentes. Consultado en línea el 10 de julio del 2016. Formato PDF. Disponible en: http://imasd.fcien.edu.uy/
- Andrade, et al. 2013. Métodos para evita la evapotranspiración. Consultado 25 de julio 2016. Formato PDF. Disponible en http://es.scribd.com
- Azcona y Fernández. 2012. CAPÍTULO 3 Propiedades y funciones biológicas del agua. Consultado en línea el 28 de junio del 2016. Formato PDF. Disponible en: https://www.ucm.es
- Calle, J. 2015. El agua en el Ecuador. El cambio climático y sus ecosistemas. Consultado en línea el 05 de julio del 2016. Formato html. Disponible en: http://agua-ecuador.blogspot.com/
- Catarina, 2005. Revisión bibliográfica, Dureza del agua. Consultado en línea el 05 de julio del 2016. Formato PDF. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/
- CEPAL. 2015. Diagnóstico de las estadísticas del agua en el Ecuador. Consultado en línea el 05 de julio del 2016. Formato PDF. Disponible en: http://aplicaciones.senagua.gob.ec/
- Cipollina, A. 2005. Efficiency increase in thermal desalination plants by matching thermal and solar distillation theoretical analysis. (EN LINEA). Consultado 28 de jun. 2016. Formato HTML. Disponible en http://www.sciencedirect.com
- Club de rerfrigeración. 2013. CONDENSADOR. Componente esencial para el funcionamiento del sistema. Consultado 19 de jul. 2016. Formato PDF. Disponible en: http://www.clubedarefrigeracao.com.br/

- Diez. 2007. Diseño de un laboratorio de tratamientos de agua para sistemas de potabilización. Consultado en línea el 10 de julio del 2016. Formato PDF. Disponible en: http://e-archivo.uc3m.es/
- Escuela Superior de Informática, 2008. Correlaciones con SPSS. Prácticas de estadísticas. Consultado 25 de julio 2016. Formato PDF. Disponible en http: https://www.uclm.es/profesorado
- Esteban et al., 2002. Evaluación experimental de un destilador colector solar acumulador. AR. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 6. P. 81.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2015. 2050: la escasez de agua en varias zonas del mundo amenaza la seguridad alimentaria y los medios de subsistencia. Consultado en línea el 24 de mayo del 2016. Formato html. Disponible en: http://www.fao.org/
- Fernández, J. (2008). Compendio de energía solar: fotovoltaica, térmica y termoeléctrica. Consultado en línea el 10 de julio del 2016. Formato PDF. Disponible en: http://repositorio.uide.edu.ec/
- FONAM (Fondo Nacional Del Ambiente-Perú). s.f "Electrificación rural con panel solar fotovoltaico". Consultado el 19 de jul. 2016. Formato PDF. Disponible en: http://www.fonamperu.org
- Frascar. 2000. Que es el diseño, etimología y definición. Consultado en línea el 05 de julio del 2016. Formato PDF. Disponible en: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Qu%C3%A9%20es%20el%20dise%C 3%B1o.pdf
- Gobierno de Chile. 2013. Tecnologías de membrana de electrodiálisis. (EN LINEA). Consultado 28 de jun. 2016. Formato PDF. Disponible en http://www.sinia.cl
- Hernández L. 2007. Energía, energía solar fotovoltaica y celdas solares de alta eficiencia. (EN LINEA). Consultado 30 de jun. 2016. Formato PDF. Disponible en http://www.revista.unam.mx/
- Hiriat. 2016. El agua como recurso. Revista de divulgación de la Ciencia de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). Consultado en línea el 24 de mayo del 2016. Formato html. Disponible en: http://www.comoves.unam.mx/
- ICSID. 2004. Diseño. Definición y etimología. Consultado en línea el 05 de julio del 2016. Formato PDF. Disponible en: www.icsid.org

- IMTA (Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua). 2012. Programa de hidrología del IMTA. La escasez del agua. Consultado en línea el 24 de mayo del 2016. Formato html. Disponible en: www.imta.gob.mx
- Isiordia *et al.*, 2012. Técnicas para desalinizar agua de mar. (EN LINEA). MEX. Consultado 28 de jun. 2016. Formato PDF. Disponible en http://www.redalyc.org
- Knauth. 2005. Temperature and salinity history of the Precambrian ocean: implications for the course of microbial evolution. Consultado en línea el 28 de junio del 2016. Formato PDF. Disponible en: http://web.archive.org/
- Macancela, L. 2012. Diagnóstico de la implementación de los sistemas fotovoltaicos. (En línea). EC. Consultado, 19 de jul. 2016. Formato PDF. Disponible en: http://dspace.ucuenca.edu.ec/
- Madrid. 2009. Energía solar térmica y de concentración. Manual Práctico de Diseño, Instalación y Mantenimiento. Consultado en línea el 10 de julio del 2016. Formato PDF. Disponible en: http://dev.guabook.com/
- MetAs y Mtrólogos. 2010. Densidad del agua. Consultado en línea el 10 de julio del 2016. Formato PDF. Disponible en: http://www.metas.com.mx/
- Ministerio del Ambiente de España. 2015. La radiación solar. (EN LINEA). Consultado 06 de jul. 2016. Formato PDF. Disponible en http://www.aemet.es/
- Ocasio y López. 2004. El uso del cloro en la desinfección del agua. Consultado en línea el 10 de julio del 2016. Formato PDF. Disponible en: http://www.edustatipr.com/proyectos/inv97-98-11-3.pdf
- ONU-DAES (Departamento de asuntos económicos y sociales de las Naciones Unidas). 2014. El agua, fuente de vida. Escasez de agua. Consultado en línea el 24 de mayo del 2016. Formato html. Disponible en: http://www.un.org/
- Organización mundial de la salud (OMS). 2003. Sodium in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Consultado en línea el 10 de julio del 2016. Formato PDF. Disponible en: http://www.bvsde.paho.org/
- Pellini. 2015. El agua características generales propiedades físicas. Consultado en línea el 28 de junio del 2016. Formato html. Disponible en: http://historiaybiografias.com/

- Perales, T. (2008). Instalación de paneles solares térmicos. Consultado en línea el 10 de julio del 2016. Formato PDF. Disponible en: http://www.redbiblioucacue.com/
- Pérez et al., 2010. Desarrollo y caracterización de un destilador solar para su aprovechamiento en el tratamiento de agua contaminada. Consultado 19 de jul. 2016. Formato PDF. Disponible en: https://www.google.com.ec
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2014. El agua devuelve la alegría a comunidades de Ecuador. Consultado en línea el 24 de mayo del 2016. Formato html. Disponible en: http://www.ec.undp.org/
- Quintero. 2013. Eficiencia, eficacia y efectividad en la calidad empresarial. Consultado en línea el 05 de julio del 2016. Formato html. Disponible en: http://www.gestiopolis.com/
- RAE (Real Academia de la Lengua). 2014. Definición de agua. Consultado en línea el 28 de junio del 2016. Formato html. Disponible en: http://dle.rae.es/
- Reglamento técnico-sanitaria española. 2015. Determinación de la materia orgánica. Consultado en línea el 10 de julio del 2016. Formato HTML. Disponible en: http://www.ambientum.com/
- REITEC. 2014. Conductividad eléctrica. Aspectos teóricos. Consultado en línea el 10 de julio del 2016. Formato PDF. Disponible en: http://www.reitec.es/
- Robbins y Coulter. 2008. Definición de La eficiencia. Consultado en línea el 05 de julio del 2016. Formato html. Disponible en: http://www.promonegocios.net/
- Secretaria de Economía de México. 2001. Análisis de agua determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas método de prueba (cancela a la nmx-aa-073-1981). Consultado 19 de jul. 2016. Formato PDF. Disponible en: https://www.google.com.ec
- SMITH, David B. 1955. Reclamation of water from sea water. Engineering Progress at University of Florida. Consultado en línea el 01 de junio del 2016. Formato html. Disponible en: http://www.bvsde.paho.org/
- Terán. 2008. Determinación del pH. Consultado en línea el 10 de julio del 2016. Formato PDF. Disponible en: http://www2.inecc.gob.mx/
- Universidad de Puerto Rico de Mayagüez (UPRM). 2002. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS: TEMPERATURA. Segunda Parte. Consultado en

- línea el 10 de julio del 2016. Formato PDF. Disponible en: http://www.uprm.edu/
- Universidad de Valencia, 2010. SPSS: Prueba T. Prueba T para muestras independientes. (EN LINEA). Consultado 06 de jul. 2016. Formato PDF. Disponible en: http://www.uv.es
- UPME. (2007). Estrategia de uso racional de energía en el sector industrial colombiano. Consultado en línea el 10 de julio del 2016. Formato PDF. Disponible en: http://www.si3ea.gov.co/
- Zapata y Caicedo. 2008. Validación del método de detección de coliformes fecales y totales en agua potable utilizando agar chromocult. Consultado en línea el 10 de julio del 2016. Formato PDF. Disponible en: http://www.javeriana.edu.co/
- Pérez J. y Lara C., 2010. Desarrollo y caracterización de un destilador solar para su aprovechamiento en el tratamiento de agua contaminada. (EN LÍNEA). Consultado 06 de jul. 2016. Formato PDF. Disponible en cuid.unicach.mx/revistas/index.php
- Khawaji, A. 2008. Advances in seawater desalination technologies. (EN LINEA). Consultado 28 de jun. 2016. Formato PDF. Disponible en http://www.sciencedirect.com
- Para Huezo, F y Moran, J. 2012. Diseño, construcción y validación de un destilador solar para uso en los laboratorios de la planta piloto de la escuela de ingeniería química. (EN LINEA). Consultado 06 de jul. 2016. Formato PDF. Disponible en https://core.ac.uk
- Soto, G y Soto M. 2013. Desalación de agua de mar mediante sistema osmosis inversa y energía fotovoltaica para provisión de agua potable. (EN LINEA). Consultado 28 de jun. 2016. Formato PDF. Disponible en http://www.unesco.org.uy
- Nandwani, S. 2013. Destilador solar Construcción, Funcionamiento y Uso. (En línea). Consultado, 10 de oct. 2016. Formato pdf. Disponible en https://doctornandwanisolarcook.files.wordpress.com
- Lamela, A. 2014. Desalinización de agua de mar. (EN LINEA). Consultado 28 de jun. 2016. Formato PDF. Disponible en http://www.cuentayrazon.org
- Zar Alban J. 2015. Destilador solar para potabilizar el agua. (EN LINEA). Consultado 06 de jul. 2016. Formato PDF. Disponible en http://repositorio.utmachala.edu.ec/

ANEXOS



Foto 1 Destilador Repotenciado



Foto 2 Ingreso del agua a destilar



Foto 3 Salida del agua destilada



Foto 4 Destilación del agua



Foto 5 Agua Destilada obtenida



Foto 6 Análisis de laboratorio, temperatura, pH



Foto 7 Temperatura y Ph

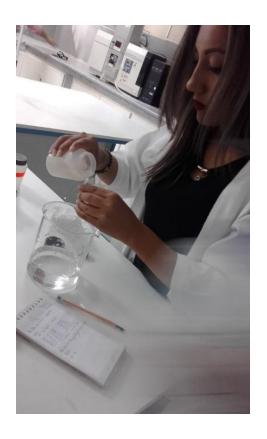


Foto 8 Preparación de muestras

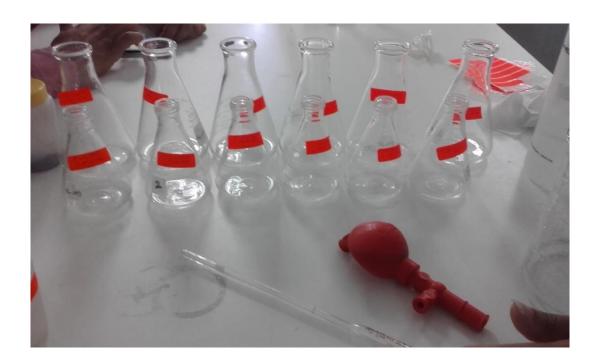


Foto 9 Análisis de Color, Olor, Sabor, Cloruros, Turbidez, Dureza



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA AGROPECUARIA DE MANABI ESPAM "MFL"

CÓDIGO: F-G-SGC-007 **REVISIÓN: 0** FECHA: 22/9/2003 CLÁUSULA: 4.6 PAGINA 1 DE 2

INFORME DE RESULTADOS

The state of the s						
NOMBRE DE ESTUDIANTES:	Intriago Basurto Josselyn Katherine – Zambrano Solórzano Denisse Elizabeth					
SOLICITADO POR:	Intriago Basurto Josselyn Katherine – Zambrano Solórzano Denisse Elizabeth					
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	Calceta					
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	Agua de mar					
ENSAYOS REQUERIDOS:	pH, Color, Olor, Sabor, Turbidez, Temperatura, Dureza, Cloruros					
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	22/01/2017					
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	23/01/2017					
LABORATORIO RESPONSABLE:	QUÍMICA AMBIENTAL					
TÉCNICO QUE REALIZÓ EL ANÁLISIS:	Ing. Eudaldo Loor – Josselyn Intriago – Denisse Zambrano					

				RESULTADOS							
ITEM	PARÁMETROS	MÉTODO	UNIDAD	M1PRE-	M1 POS T-DC	M2 POST DC	M3 POST DC	M4 POST DC	M5 POST DC	M6 POST DC	M7 POST DC
4	pH	Potenciemétrico		8,50	6,4	6,30	6,44	6,28	6,10	6,19	6,13
2	Color	Espectrofotométrico	Hz	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25
				Ausencia	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora
3	Olor				-			testalda	Insipida	Insipida	Insipide
4	Sabor			salobre	Insipida	Insipida	Insipida	Insipida		-	-
5	Turbidez	Nefelómetro	FAU	4	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
6	Temperatura		°C	26	40,8	40,5	40	40	38,7	38,9	40,2
0			-	0000	405	160	160	150	80	130	110
7	Dureza total	Volumétrico	mg/l	3620	185	1000	-				20.20
8	Cloruros	Volumétrico	mg/l	11471	67,52	47,12	55,34	29,20	38,26	35,62	26,36

OBSERVACIONES:

FIRMA DEL JEFE DE LABORATORIO

23/01/2017 Fecha:

FIRMA DEL ANALISTA

Fecha:

23/01/2017

ESPAN THE NOTA: Los resultados reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibida(s) por Laboratorios ESPAM. Este informe de resultados no debe ser reproducido parcial o totalmente sin autorización expresa del laboratorio.

> Manabí - Bolívar - Calceta: Campus Politécnico, Km. 2.7 Vía El Morro Teléfono (593) 05 685676 Telefax (593) 05 685156 - 685134 Email: espam@mnb.satnet.net Visite nuestra página web www.espam.edu.ec

> > ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ 'M NICE FELIX LÓP! M "M F Valera Jerrarde, CAMEERA DE MEDIO AMBIETTO



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA AGROPECUARIA DE MANABI ESPAM "MFL"

No. CÓDIGO: F-G-SGC-007 **REVISIÓN: 0** FECHA: 22/9/2003 CLÁUSULA: 4.6 PAGINA 2 DE 2

INFORME DE RESULTADOS

NOMBRE DE ESTUDIANTES:	Intriago Basurto Josselyn Katherine – Zambrano Solórzano Denisse Elizabeth				
SOLICITADO POR:	Intriago Basurto Josselyn Katherine – Zambrano Solórzano Denisse Elizabeth				
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	Calceta				
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	Agua de mar				
ENSAYOS REQUERIDOS:	pH, Color, Olor, Sabor, Turbidez, Temperatura, Dureza, Cloruros				
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	22/01/2017				
	23/01/2017				
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	QUÍMICA AMBIENTAL				
LABORATORIO RESPONSABLE:					
TÉCNICO QUE REALIZÓ EL ANÁLISIS:	Ing. Eudaldo Loor – Josselyn Intriago – Denisse Zambrano				

ITEM	PARÁMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS							
				M1 POST- DR	M2 POST- DR	M3 POST DR	M4 POST DR	M5 POST DR	M6 POST DR	M7 POST DR	
-	- N	Potenciemétrico		6,60	6,40	6,68	6,82	6.15	6,23	6,17	
1	рН		Hz	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	
2	Color	Espectrofotométrico	112		Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	
3	Olor			Inodora		-			Insipida	Insipida	
4	Sabor			Insipida	Insipida	Insipida	Insipida	Insipida		-	
5	Turbidez	Nefelómetro	FAU	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
			°C	48,1	47	45,9	45,9	44,7	45	46,2	
6	Temperatura				140	150	130	60	110	90	
7	Dureza total	Volumétrico	mg/l	160	1		-	-	25,63	22,34	
8	Cloruros	Volumétrico	mg/l	56,72	21,27	35,45	2,27	28,36	25,03	22,04	

FIRMA DEL JEFE DE LABORATORIO

Fecha:

23/01/2017

FIRMA DEL ANALISTA

Fecha:

23/01/2017

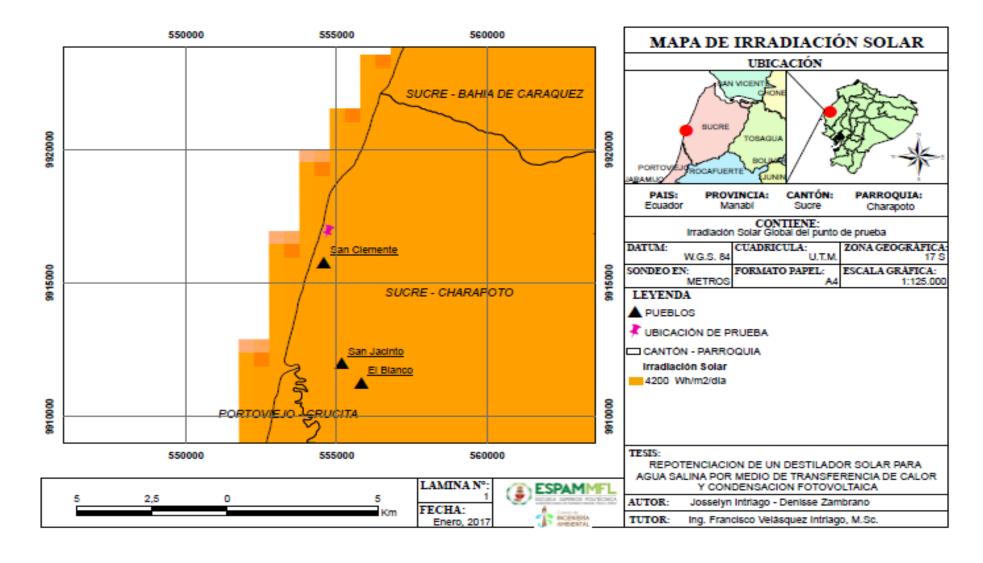
SPAM WIFE NOTA: Los resultados reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibida(s) por Laboratorios ESPAM. Este informe de resultados no debe ser reproducido parcial o totalmente sin autorización expresa del laboratorio.

COUMICA AMBIE

Manabi - Bolívar - Calceta: Campus Politécnico, Km. 2.7 Vía El Morro Teléfono (593) 05 685676 Telefax (593) 05 685156 - 685134 Email: espam@mnb.satnet.net

Visite nuestra página web www.espam.edu.ec

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ M NICE FELIX LOP M"MF Valera Ferratte CARERA DE MEDIO AMBIEL "



Anexo 14 Mapa de Irradiación solar