

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**“COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA
DE PURIFICACIÓN SOLAR A UNA VERTIENTE VS DOS
VERTIENTES. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD Y
RENDIMIENTO PARA SER UTILIZADO EN PEQUEÑAS
COMUNIDADES QUE NO TIENEN ACCESO AL LÍQUIDO
VITAL”**

AUTOR:

Paltín Castillo, Angel Oswaldo

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO CIVIL**

TUTOR:

Ing. Camacho Monar, Mélida Alexandra, Ms.C.

Guayaquil, Ecuador

21 de marzo del 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Paltín Castillo, Angel Oswaldo**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

f. _____

Ing. Camacho Monar, Mélida Alexandra, Ms.C.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, Ms.C.

Guayaquil, a los 21 días del mes de marzo del año 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Paltín Castillo, Angel Oswaldo**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE PURIFICACIÓN SOLAR A UNA VERTIENTE VS DOS VERTIENTES. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD Y RENDIMIENTO PARA SER UTILIZADO EN PEQUEÑAS COMUNIDADES QUE NO TIENEN ACCESO AL LÍQUIDO VITAL** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 21 días del mes de marzo del año 2019

EL AUTOR:

f. _____

Paltín Castillo, Angel Oswaldo



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, Paltín Castillo, Angel Oswaldo

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE PURIFICACIÓN SOLAR A UNA VERTIENTE VS DOS VERTIENTES. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD Y RENDIMIENTO PARA SER UTILIZADO EN PEQUEÑAS COMUNIDADES QUE NO TIENEN ACCESO AL LÍQUIDO VITAL**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 21 días del mes de marzo del año 2019

EL AUTOR:

f. _____
Paltín Castillo, Angel Oswaldo

Urkund Analysis Result

Analysed Document: TRABAJO DE TITULO - ANGEL PALTIN1.docx (D48777056)
Submitted: 3/8/2019 6:14:00 AM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 8 %

Sources included in the report:

tesis terminada excito.docx (D18670238)
TESIS PABLO MORCILLO.pdf (D17840336)
TESIS PABLO MORCILLO.pdf (D18065581)
Tesis Lizeth Morales.docx (D26135095)
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
<https://bibliotecapromocion.msp.gob.ec/greenstone/collect/promocin/index/assoc/HASH01a4.dir/doc.pdf>
<https://www.monografias.com/trabajos84/tipos-energia/tipos-energia.shtml>
<https://tiposdeenergia.info/tipos-de-energia/>

Instances where selected sources appear:

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera especial a la Ing. Mélida Camacho por la ayuda en mi trabajo de titulación, a mis Padres, hermanos, por su ayuda incondicional, durante mi vida y ahora al culminar mis estudios, mi gratitud por el objetivo alcanzado.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación, lo dedico a mis Padres y hermanos por su gran apoyo incondicional que siempre me apoyaron para cumplir mis metas.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

f. _____

Ing. Camacho Monar, Mélida Alexandra, Ms.C.
TUTOR

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, Ms.C.
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina, Ms.C.
DELEGADO DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Vasconez Gavilanes, José Ernesto, Ms.C.
OPONENTE

ÍNDICE

CAPÍTULO 1.....	2
1. INTRODUCCION	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Justificación del tema.....	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Alcance de la Investigación	4
1.5 Metodología	4
CAPÍTULO 2.....	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 El ciclo del agua.....	5
2.1.1 Etapas del ciclo del agua.....	7
2.1.2 Evaporación	8
2.1.3 Condensación	9
2.1.4 Precipitación.....	10
2.1.5 Infiltración.....	10
2.1.6 Escorrentía Superficial	11
2.2 Generalidades del Sol.....	11
2.2.1 El Sol.....	11
2.2.2 Constante Solar	12
2.2.3 Radiación Solar	12
2.2.4 Recurso solar (Gs).....	13
2.3 Energía	14
2.3.1 Clasificación de la Energía.....	14
2.4 Tratamientos y Purificación del agua.....	17
2.4.1 Agua Potable	17
2.4.2 Tratamiento de aguas	17

2.4.3	Tipos de Tratamiento	17
2.4.4	Tratamiento de purificación solar mediante un modelo tipo mesa invernadero.....	21
2.5	Purificador Solar	21
2.5.1	Tipo de Destiladores	22
2.5.2	Balances de materia y energía involucrados en el destilador solar	26
2.5.3	Eficiencia de un Purificador Solar	35
2.5.4	Resistencias como una fuente de energía alterna.....	36
2.5.5	Rendimiento de sistemas de purificadores solares.....	36
2.6	Criterio para dimensionamiento de la mesa tipo invernadero.....	39
2.6.1	Análisis térmico	40
2.6.2	Brillo Solar (Heliofanía)	42
CAPÍTULO III.....		44
3. DISEÑO DEL MODELO PURIFICADOR SOLAR A UNA VERTIENTE		
TIPO MESA INVERNADERO		44
3.1	Consideraciones en el proceso de diseño	44
3.2	Parámetros de Diseño.....	45
3.3	Construcción del modelo Purificador.....	58
3.3.1	Proceso de construcción del modelo	58
3.3.2	Operación del modelo Purificador	62
3.4	Análisis de costos del modelo purificador a una vertiente.....	65
3.5	Muestreo de agua y medición de temperatura.....	66
3.5.1	Procedimiento de muestreo de agua.....	67
3.5.2	Parámetros de calidad de Agua del Estero Salado	69
3.5.3	Toma de datos de medición de Temperatura del modelo Purificador ...	70
3.6	Análisis de resultados.....	78
3.6.1	Resultados de análisis de calidad de agua tratada de afluente y efluente de agua del Estero Salado	78

CAPÍTULO IV	80
4.1 CONCLUSIONES	80
4.2 RECOMENDACIONES	81

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Esquema del ciclo del Agua.....	6
Ilustración 2: Agua en el Océano	7
Ilustración 3: Proceso de evaporación.....	8
Ilustración 4: Proceso de Condensación	9
Ilustración 5: Fase de Precipitación	10
Ilustración 6: El Sol.....	12
Ilustración 7: Componentes de la radiación solar terrestre	13
Ilustración 8: Valores mensuales de radiación solar en Guayaquil.....	14
Ilustración 9: Destilación de múltiple efecto (MED).....	20
Ilustración 10: Compresión Mecánica de Vapor.....	20
Ilustración 11: Proceso de Osmosis Inversa.....	21
Ilustración 12: Sistema de Purificación Solar	22
Ilustración 13: Sistema de Purificación Solar a una Vertiente.....	23
Ilustración 14: Purificador solar de dos Vertientes	23
Ilustración 15: Sistema de Purificación Solar de tipo Invernadero.....	24
Ilustración 16: Sistema de Purificación Solar de tipo Cascada.....	25
Ilustración 17: Sistema de Purificación Solar de tipo Esfera Barredera	26
Ilustración 18: Balance de materia y energía involucradas en un sistema purificador solar	26
Ilustración 19: Prediseño del Modelo	44
Ilustración 20: Precipitación media de Guayaquil, Ecuador	46
Ilustración 21: Promedio del Índice UV de Guayaquil, Ecuador.....	46
Ilustración 22: Circuito térmico del sistema	47
Ilustración 23: Pre-diseño del modelo Purificador solar a una vertiente	52
Ilustración 24: Mesa de Aluminio utilizada para soporte del modelo purificador.....	58
Ilustración 25: Bandeja principal del modelo	59
Ilustración 26: Bandeja secundaria del modelo	59
Ilustración 27: Estructura de aluminio y vidrio	60
Ilustración 28: Purificador solar a una vertiente	60
Ilustración 29: Equipos para medir temperatura	61
Ilustración 30: Modelo purificador a una vertiente.....	61
Ilustración 31: Ingreso del agua de estero al modelo purificador	62
Ilustración 32: Evaporación de agua dentro del modelo purificador	62

Ilustración 33: Medición de Temperatura en el día	63
Ilustración 34: Medición de Temperatura en la noche.....	63
Ilustración 35. Medición del agua evaporada del modelo purificador.....	64
Ilustración 36: Agua evaporada del modelo purificador.....	64
Ilustración 37: Vista satélite del punto de toma de muestra de agua del Estero Salado	67
Ilustración 38: Primera toma de muestra de agua del Estero Salado	68
Ilustración 39: Gráfico de comparación de temperaturas Con Resistencias vs Sin Resistencia	73
Ilustración 40: Comparación de volumen de agua recolectada Con Resistencias vs Sin Resistencia	74
Ilustración 41: Gráfico de comparación de temperaturas del purificador solar a una vertiente vs purificador solar a dos vertientes.....	76
Ilustración 42: Comparación de volumen de agua recolectada del purificador solar a una vertiente vs purificador solar a dos vertientes	77
Ilustración 43: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 21 de enero del 2019.....	99
Ilustración 44: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 22 de enero del 2019.....	100
Ilustración 45: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 23 de enero del 2019.....	101
Ilustración 46: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 24 de enero del 2019.....	102
Ilustración 47: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 25 de enero del 2019.....	103
Ilustración 48: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 26 de enero del 2019.....	104
Ilustración 49: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 28 de enero del 2019.....	105
Ilustración 50: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 29 de enero del 2019.....	106
Ilustración 51: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 30 de enero del 2019.....	107

Ilustración 52: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 31 de enero del 2019.....	108
Ilustración 53: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 01 de febrero del 2019.....	109
Ilustración 54: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 02 de febrero del 2019.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades de los materiales empleados comúnmente en modelos purificadores.....	37
Tabla 2: Parámetros para utilizar para el diseño del modelo experimental	40
Tabla 3: Heliofanía de la ciudad de Guayaquil.....	43
Tabla 4: Presupuesto de materiales utilizados en la construcción del modelo	65
Tabla 5: Presupuesto de mano de obra utilizado en la construcción del modelo.....	66
Tabla 6: Valor final de la construcción del modelo	66
Tabla 7: Resultados obtenidos de la muestra de agua sin tratar del Estero Salado....	69
Tabla 8: Registro de medición de temperaturas de la primera semana (Sin Resistencia)	70
Tabla 9: Volumen recolectado de la primera semana (Sin Resistencia).....	71
Tabla 10: Registro de medición de temperaturas de la segunda semana (Con Resistencia)	71
Tabla 11: Volumen recolectado de la segunda semana (Con Resistencia).....	72
Tabla 12: Comparación de purificador solar a una vertiente vs purificador solar a dos vertientes	75
Tabla 13: Resultados obtenidos de la muestra tratada del Estero Salado	78
Tabla 14: Mediciones de temperaturas	86
Tabla 15: Registro de temperatura del día 21 de enero del 2019.....	87
Tabla 16: Registro de temperatura del día 22 de enero del 2019.....	88
Tabla 17: Registro de temperatura del día 23 de enero del 2019.....	89
Tabla 18: Registro de temperatura del día 24 de enero del 2019.....	90
Tabla 19: Registro de temperatura del día 25 de enero del 2019.....	91
Tabla 20: Registro de temperatura del día 26 de enero del 2019.....	92
Tabla 21: Registro de temperatura del día 28 de enero del 2019.....	93
Tabla 22: Registro de temperatura del día 29 de enero del 2019.....	94
Tabla 23: Registro de temperatura del día 30 de enero del 2019.....	95
Tabla 24: Registro de temperatura del día 31 de enero del 2019.....	96
Tabla 25: Registro de temperatura del día 01 de febrero del 2019	97
Tabla 26: Registro de temperatura del día 02 de febrero del 2019	98

RESUMEN

La cantidad de agua dulce en el planeta tierra es limitada, motivo por el cual, existen poblaciones que no disponen del líquido vital debido a la escasez del agua. A partir de lo señalado, la presente investigación se destaca hacer una comparación técnica y económica de un sistema de purificación solar a una vertiente vs sistema de purificación solar a dos vertientes, determinación de la calidad y rendimiento para ser utilizado en pequeñas comunidades que no tienen acceso al líquido vital, que permite obtener agua dulce del agua del estero salado, también se dispuso a utilizar una fuente alterna de energía como lo son las resistencias de 110V.

El lugar donde se operó el modelo purificador fue dentro del campus universitario (UCSG), durante el funcionamiento del modelo se realizaron mediciones de temperatura y de cantidad recolectada de agua evaporada por un determinado tiempo, cabe destacar que el rendimiento del modelo purificador a una vertiente con uso de resistencia fue superior al sistema sin uso de resistencia, también se dispuso a realizar la comparación entre dos modelos de purificación solar, donde el rendimiento depende de la temperatura, proceso constructivo y de factores climáticos. También se hicieron los respectivos análisis de calidad de agua sin tratar y agua tratada, conclusiones y recomendaciones para futuros proyectos.

Palabras Claves: agua dulce, comparación, purificación, una vertiente, dos vertientes, evaporación, temperatura, resistencias

ABSTRACT

The amount of fresh water on planet earth is limited, which is why there are populations that do not have the vital liquid due to the scarcity of water. Based on the above, the present investigation highlights a technical and economic comparison of a solar purification system to one slope vs. two-slope solar purification system, determination of quality and performance to be used in small communities that do not have access to the vital liquid, which allows fresh water to be obtained from the salty estuary, it also set out to use an alternative source of energy, such as 110V resistances. The place where the purifying model was operated was within the university campus (UCSG), during the operation of the model temperature measurements were made and the amount of water collected evaporated for a certain time, it is worth noting that the performance of the purifier model to a slope With the use of resistance it was superior to the system without the use of resistance, it also set out to make the comparison between two models of solar purification, where the performance depends on the temperature, construction process and climatic factors. The respective analyzes of quality of untreated water and treated water, conclusions and recommendations for future projects were also made.

Keywords: fresh water, comparison, purification, one slope, two slopes, evaporation, temperature, resistances

SIMBOLOGÍA

mm	Milímetro
m	Metro
cm	Centímetro
\emptyset	Angulo de cubierta
$^{\circ}$ K	Grados Kelvin
$^{\circ}$ C	Grados Celsius
s	Segundo
W	Watts
h	Hora
J	Joule
Kg	Kilogramo
Req	Resistencia equivalente
qc	Calor perdido por conducción
hct	Coefficiente de transferencia de calor por convección
kb	Resistencia térmica equivalente del aislante
qrv	Calor perdido por radiación del vidrio
Ts	Temperatura del cielo
Tdp	temperatura del punto de rocío
qcv	Calor perdido por convección del vidrio
qrw	Calor perdido por radiación del agua
qcw	Calor perdido por convección natural
hc	Coefficiente de transferencia de calor por convección natural
hr	Coefficiente de radiación efectivo
h_T	Coefficiente total de transferencia de calor por convección del agua
qe	Calor perdido por evaporación
he	Coefficiente de transferencia de calor de evaporación
Av	Área del vidrio
$A_{bandeja}$	Área de bandeja
mv	Masa del vidrio
Qv	Calor necesario para calentar el vidrio
Qca	Calor necesario para calentar el agua
Ms	Masa del agua

Q_{ev}	Calor necesario para evaporar todo el volumen de agua
Q_n	Calor total necesario
Q	Energía total recolectada por el sistema purificador
q_r	Calor absorbido por el sistema
QT	Calor absorbido por el sistema purificador
$E_{teorica}$	Eficiencia teórica de un purificador solar
Q_r	Calor necesario para calentar la bandeja tanto como el agua
T_w	Temperatura media del agua
T_a	Temperatura ambiente
T_v	Temperatura del vidrio
T_{sc}	Temperatura de superficie del vidrio
G_{sc}	Constante Solar
m^2	Metro cuadrado
m^3	Metro cubico
mg	Miligramos
L_t	Litros
NTU	Unidad de turbidez Nefelométrica
NMP	Número más probable
1V	Una vertiente
2V	Dos vertientes
SN	Sin resistencias
CR	Con Resistencia
T	Temperatura
PVC	Policloruro de vinilo
Z	Longitud de la hipotenusa del vidrio
x	Ancho de bandeja de caras internas

INDICE DE PLANOS

PLANO 1	Mesa de Aluminio con plancha de Plywood
PLANO 2	Bandeja primaria de acero inoxidable
PLANO 3	Bandeja secundaria de acero inoxidable
PLANO 4	Canaleta de acero inoxidable
PLANO 5	Detalle constructivo de canaleta de acero inoxidable
PLANO 6	Estructura de aluminio y vidrio
PLANO 7	Bandejas colocadas sobre mesa de aluminio
PLANO 8	Estructura de aluminio y vidrio apoyada sobre bandejas de acero inoxidable
PLANO 9	Modelo purificador a una vertiente
PLANO 10	Axonometría

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

El agua es un recurso fundamental para la vida del ser humano y para todos los seres vivos que habitan en el planeta.

El agua es elemental para el desarrollo socioeconómico y para la conservación de la vida de los seres humanos. El agua es la parte primordial para la adaptación de los cambios climáticos que se produce en la atmósfera, entre la población y el medioambiente. (Naciones Unidas, 2017)

Alrededor de 4500 millones de personas sufren de carencia de agua dulce producto de crecimiento abrupto de la población, y unos 2100 millones de personas no cuentan con el acceso al líquido vital, la falta de agua afecta aproximadamente el 40 por ciento a la población mundial. (Naciones Unidas, 2017)

El agua es una obligación que todo ser humano necesita para subsistir. A medida que la población crece de manera excesiva, se produce una mayor necesidad debido a la demanda del recurso hídrico, lo cual el ser humano necesita del agua para poder sobrevivir. (Naciones Unidas, 2017)

Para el crecimiento y desarrollo de la población, el agua y los sistemas de potabilización tienen que estar incorporadas en la vida del ser humano, para reducir las enfermedades que existen producto de la mala calidad del agua para consumo, y así poder mejorar la salud y la calidad de vida de la población mundial. (Naciones Unidas, 2017)

(Naciones Unidas, 2017), afirma “En un sistema de tratamiento del agua, la desinfección es la fase imprescindible para evitar riesgos de enfermedad, por lo que no debe tratarse como un elemento más, sino como un componente vital del sistema.

La presente investigación, se basa en el diseño y construcción de un modelo purificador de agua, el mismo que será implementado con el fin de evaluar la cantidad y calidad de agua purificada obtenida del modelo experimental denominado purificador solar a una vertiente y compararlo con el sistema de dos vertientes ya

realizada en anteriores investigaciones, en el presente experimento utilizaremos agua salada o agua de pozo.

Los sistemas de purificador solar pueden funcionar con un rendimiento óptimo y gran eficiencia durante muchos años, ofreciendo una cantidad modesta de agua potable, por tanto, es importante analizar este sistema a través de un proyecto piloto.

Este proyecto sería de una gran utilidad, dado que el clima de las provincias de la costa ecuatoriana dispone de una gran radiación solar, lo que permitiría el uso de estos sistemas de purificación.

En esta investigación se buscará hacer una comparación técnica y económica de un sistema de purificación solar a una vertiente vs dos vertientes de agua salada para las zonas costeras que no cuentan con acceso al líquido vital.

1.2 Justificación del tema

Se buscará ver la viabilidad técnica y económica para producir agua potable a pequeñas comunidades de escasos recursos en las zonas costeras para ofrecer un sistema de purificación solar, que cumpla con los objetivos de calidad y cantidad a un costo asequible.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluar la cantidad y calidad de agua purificada obtenida de un sistema experimental llamado "mesa invernadero a una vertiente" y comparar con el sistema de purificación solar a dos vertientes, utilizando como muestra agua salada no tratada.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diseñar y construir un prototipo experimental para la purificación de agua salada, que optimice el aprovechamiento de la energía solar.
- Toma de muestra y análisis de calidad agua para su respectiva caracterización.
- Realizar pruebas de funcionamiento y operación del prototipo para determinar los parámetros de operación.
- Realizar un análisis económico del uso del destilador solar, evaluando así su rentabilidad como proyecto innovador.

- Analizar los resultados de acuerdo a criterios estadísticos.

1.4 Alcance de la Investigación

Se estudiará la incidencia de los rayos solares en el Modelo utilizando agua salada, determinar el rendimiento considerando los aspectos de calidad y cantidad de agua en función de los costos que representaría la construcción de este modelo con la finalidad de ser utilizado en comunidades de escasos recursos y que no tienen acceso al agua potable.

1.5 Metodología

El presente trabajo se divide 3 etapas: teórica, práctica y experimental. Cada una de estas etapas cuenta con temas y procedimientos a seguir que contienen un marco teórico, materiales a utilizar, progreso del proyecto y resultados.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 El ciclo del agua

El ciclo del agua siempre está en frecuente movimiento en el planeta, cambiando en sus tres estados que son: líquido, vapor y hielo. Por billones de años la tierra ha dependido del ciclo del agua, de tal modo, si no existiera este ciclo, no habría vida y, por ende, sería un lugar inhabitado. (Perlman, 2018)

El ciclo del agua comienza en el mar, el sol calienta los océanos producto de la irradiación solar, la cual se va calentando y se evapora a la atmósfera como vapor de agua, debido a que existen corrientes de aire que transportan el vapor hasta que llegue a su punto de rocío, donde las bajas temperaturas condensan el vapor de agua, formándose las nubes. Las corrientes de aire transportan frecuentemente las nubes por todo el planeta manteniéndose en constante movimiento, donde las partículas de nube colisionan entre sí y se agrupan al ser sometidas a las corrientes de aire, van creciendo y caen en forma de precipitación. Esto ocurre cuando la atmósfera se satura con el vapor de agua y el agua se condensa. (Perlman, 2018)

La precipitación es resultado de la condensación del vapor de agua que se acumula y puede caer en forma de lluvia, llovizna, nieve y granizo. La cantidad de nieve que se derrite en el planeta ocasiona inundaciones. Gran parte de las precipitaciones desciende por gravedad hasta los océanos, deslizándose por la corteza terrestre como escorrentía superficial. (Perlman, 2018)

Gran parte de la escorrentía superficial de los arroyos desciende hasta los océanos. El agua que filtra, escurre hasta las aguas subterráneas almacenándose hasta formarse pequeños lagos. No siempre las aguas lluvias descenderán hacia los océanos, sino una gran cantidad de agua será absorbida por el suelo y otra parte, el agua emergerá como manantial. (Perlman, 2018)

El agua subterránea que se encuentra suspendida a poca profundidad de la superficie terrestre, es captada por las plantas. Una gran parte del agua filtrara a gran profundidad, logrando suministrar a los acuíferos por varios años. Dicha agua retorna de nuevo a los océanos, donde comienza inicialmente el ciclo del agua. (Perlman, 2018)

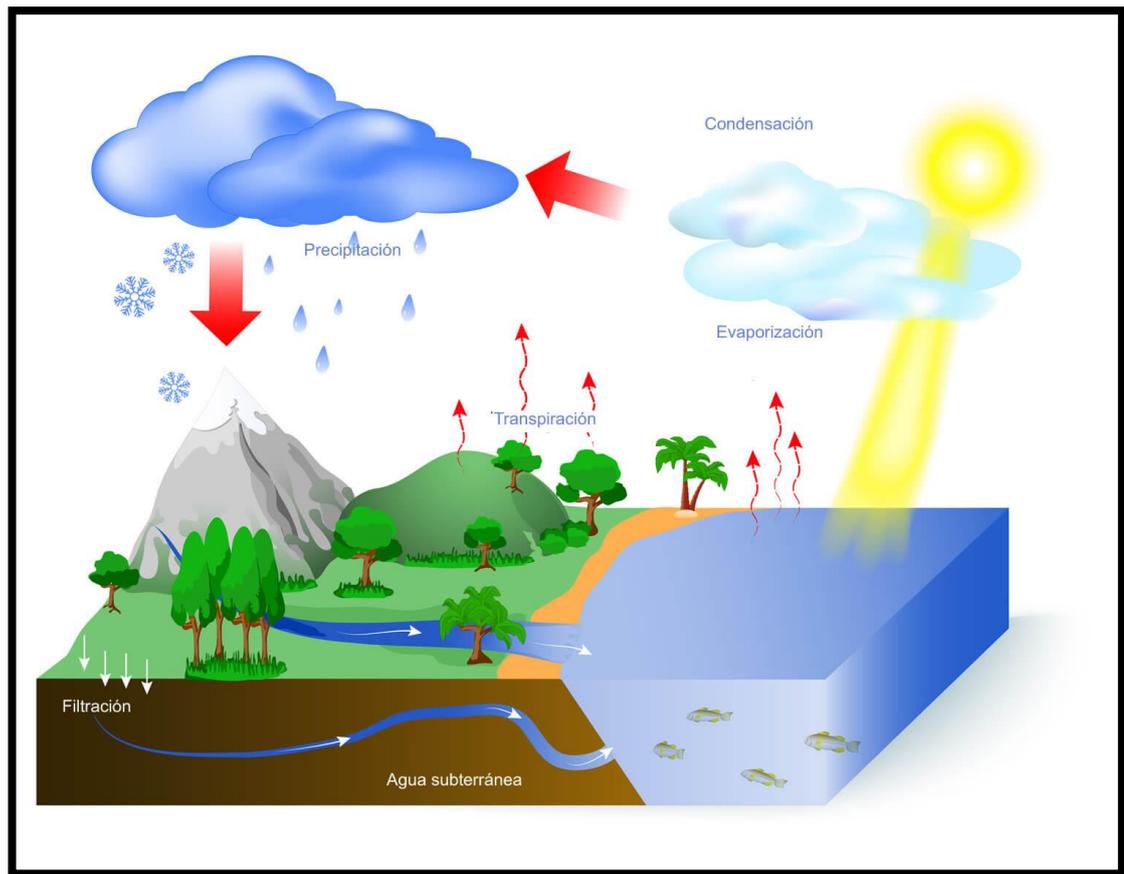


Ilustración 1: Esquema del ciclo del Agua

Fuente: (Definición MX, 2016)

Energía solar

La energía solar dio origen a la vida sobre la tierra, mediante la cual ha sido posible el desarrollo de la vida del hombre, animal y vegetal sobre la superficie terrestre, también es elemental para el ciclo del agua, puesto que la energía calorífica emite una radiación que genera la evaporación del agua tanto en la superficie terrestre como oceánica, esta a su vez se condensa y por acción de la gravedad, precipita produciendo el ciclo del agua.

Temperatura

La temperatura es aquella magnitud que mide la condición térmica que un cuerpo posee e influye en el ciclo del agua, por el hecho de que cuando un cuerpo se somete a cambios de niveles térmicos cambia de un estado a otro, por ejemplo, cuando se pone a hervir el agua, se evapora cambiando de estado líquido a gaseoso por acción del calor y cuando el agua se transforma en hielo, es debido a una baja temperatura.

2.1.1 Etapas del ciclo del agua

La antigüedad de los océanos es aproximadamente 4000 años y su comienzo se rige en la condensación del vapor de agua, esto ocurre debido a que llega a su punto de rocío, la cual su temperatura baja considerablemente. Aproximadamente el agua ocupa el 70 por ciento de la superficie terrestre en el planeta. (Naturaleza Paradais Sphynx, 2017)

En el planeta existen cinco grandes océanos que son: el océano pacífico, el océano atlántico, el océano índico, el océano ártico y el océano antártico, que tienen la función de moderar el clima en la tierra y otorgar la vida en nuestro planeta. (Naturaleza Paradais Sphynx, 2017)

En períodos de clima frío, se acumulan grandes cantidades de hielo en los glaciares originadas por las bajas temperaturas, producto del congelamiento del agua, por tanto, será menor la cantidad de agua disponible en el planeta. Sucede lo contrario en el clima cálido, se descongelan grandes masas de glaciares y producto de esto se originan las inundaciones.

Los glaciares envuelven cerca de un tercio de la superficie terrestre en el planeta y durante las últimas glaciaciones los océanos estaban a 120 metros por abajo del nivel de nivel freático actual. Aproximadamente hace 3 millones de años, la tierra era de clima cálido, donde el nivel freático de los océanos se mantuvo por los 50 m por arriba del nivel actual. (Perlman, 2018)



Ilustración 2: Agua en el Océano

Fuente: (Cultura científica, 2014)

A continuación, indicaremos las fases del ciclo del Agua

2.1.2 Evaporación

La evaporación es muy significativa para el ciclo del agua, puesto que cambia de estado líquido a gaseoso, este proceso sucede en los océanos donde el agua se evapora al aire en estado de vapor, donde a su vez ésta descenderá a los océanos en agua lluvias, reiniciando el ciclo del agua. Según estudios, indican que el agua de los océanos, mares, lagos y ríos proporcionan cerca del 90 por ciento de humedad en la atmósfera, el 10 por ciento sobrantes procede de la transpiración de las plantas. (Perlman, 2018)

La energía del sol es importante para que suceda la evaporación, ya que es el inicio del ciclo del agua. La energía también se utiliza para romper las moléculas de agua, producto de esto es que el agua se evapora llegando a su punto de ebullición (100 °C), pero su evaporación es más lenta cuando llega al punto de congelamiento. Cuando la humedad de la atmósfera es el 100 por ciento, indica que la evaporación del agua no podrá continuar. (Perlman, 2018)



Ilustración 3: Proceso de evaporación

Fuente: (significados, 2018)

2.1.3 Condensación

El proceso de condensación ocurre en la capa superior de la atmósfera, cuando el vapor de agua se transforma a la fase sólida debido a las bajas temperaturas, logrando formar las nubes. Estas nubes son las que producen las precipitaciones, en la cual el agua producto de estas lluvias retornará de forma directa a la superficie terrestre, donde escurrirá hasta llegar de nuevo a los océanos. (Perlman, 2018)

En la condensación se forma la neblina, es producida por la evaporación de la humedad que se encuentra en la superficie terrestre, se puede observar a cualquier hora del día cerca del suelo, ya que reduce la visibilidad del individuo. (Perlman, 2018)

Hay días que se puede observar que el cielo está despejado, sin la presencia de ninguna nube en la atmósfera, es debido a sus pequeñas micro partículas de agua que se encuentran en estado de vapor, por lo cual, es difícil poder visualizarlas. Las pequeñas micro moléculas de agua, chocan con las partículas de polvo, sales y humos que están en la atmósfera, que van creciendo y se acumulan hasta formarse una nube, y así podrá ocurrir una precipitación. (Perlman, 2018)

Las nubes se forman en la tropósfera, porque el aire que contiene agua en fase de vapor, se eleva y enfría, existiendo una temperatura baja y, por ende, también habrá menor oxígeno. Sucede lo contrario con el aire, mientras más se acerca a la superficie terrestre, el aire es más caliente debido a la radiación solar. (Perlman, 2018)



Ilustración 4: Proceso de Condensación

Fuente: (Howard Perlman, 2018)

2.1.4 Precipitación

La precipitación desciende de las nubes en forma de lluvia, llovizna, nieve o granizo, siendo esencial para el ciclo del agua, puesto que el agua podrá escurrir por la superficie terrestre hasta retornar de nuevo a los océanos, siendo la lluvia la parte mayor de la precipitación. (Perlman, 2018)

Las nubes que se encuentran en la tropósfera, contienen vapor de agua que es suficiente para que ocurra la precipitación. El agua continua en constante evaporación y condensación en la atmósfera. Si se observa la nube por un momento, se puede apreciar como algunas partes se esfuman y otras crecen. La mayor parte de las nubes no descienden como precipitación, debido a que existen las corrientes ascendentes de aire que soportan las nubes. Para que ocurra la condensación, las gotas de nubes deben condensarse, las cuales colisionan entre si hasta formarse gotas más grandes y más pesadas, para que pueda caer de las nubes en forma de precipitación. (Perlman, 2018)

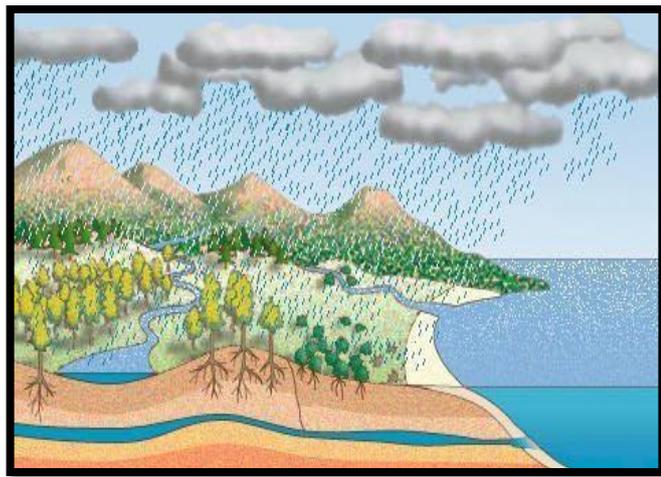


Ilustración 5: Fase de Precipitación

Fuente: (Edwin Quinteros, 2011)

2.1.5 Infiltración

Generalmente, parte de la precipitación, cae en forma de lluvia que se infiltra por el suelo, y se mantiene en las capas superficiales del suelo, mientras que otra parte, alcanza penetrar mayores profundidades logrando abastecer los acuíferos subterráneos. El agua tiene grandes recorridos por el planeta hasta regresar de nuevo a los océanos. (Perlman, 2018)

2.1.6 Escorrentía Superficial

La mayor parte de la población piensa que las precipitaciones descienden de las nubes sobre la tierra y que luego fluirán hasta descargar al océano. Sin embargo, una gran parte de las aguas de río procede de la escorrentía superficial. (Perlman, 2018)

Habitualmente, una gran parte de las aguas lluvia se infiltra por el suelo, pero cuando ocurre que el suelo se encuentra sobre saturado o impermeable, el agua continúa su recorrido por la pendiente. Durante las épocas de fuertes lluvias, el agua fluye por las cunetas y va incrementando su volumen a medida que transcurren los minutos, causando un arrastre de sedimentos que descargan en los ríos. Estas aguas de ríos, descienden hasta depositarse en los océanos. (Perlman, 2018)

Los factores meteorológicos, topográficos y geológicos físicos, afectan a la escorrentía superficial generada por las precipitaciones o descongelamientos de nieve o glaciares, sin embargo, un tercio de las aguas lluvias es evaporada o se filtra a través del suelo hasta formar parte de las aguas subterráneas. (Perlman, 2018)

2.2 Generalidades del Sol

La energía que emite el sol puede ser absorbida por componentes adecuados que consiguen transformar en energía útil. El sol emite una intensidad de energía en un punto determinado del planeta tierra que dependerá del día del año, hora y latitud, y será registrado a través del componente receptor.

2.2.1 El Sol

El sol es fuente de vida, nos proporciona calor que es muy importante para la vida terrestre, puesto que es responsable directamente con el proceso de la fotosíntesis y manteniendo una temperatura compatible con la vida del planeta tierra. El Sol es una estrella muy grande con un diámetro de 1,4 millones de kilómetros que otorga calor a 109 planetas en su superficie.

El Sol transmite radiaciones en múltiples frecuencias que inician en el núcleo solar y se esparcen en el espacio. Este esparcimiento logra conllevar la energía solar con ella. (Energía Solar, 2016)

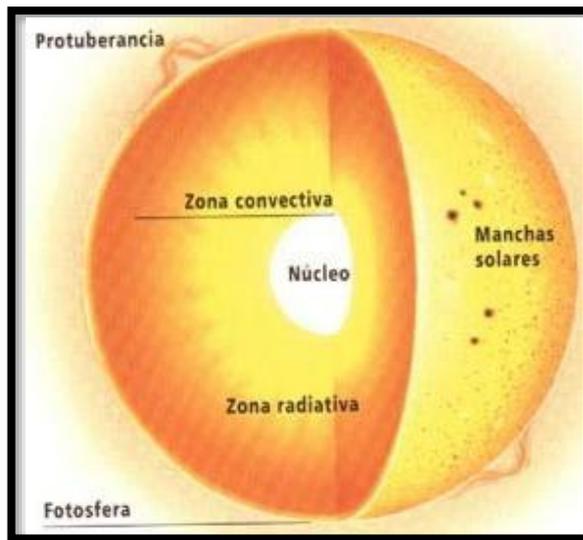


Ilustración 6: El Sol

Fuente: (Astro y ciencia, 2007)

2.2.2 Constante Solar

Es el total de energía que capta la radiación por unidad de tiempo y superficie, donde el valor emitido por la NASA es de $G_{sc} = 1353 \text{ W/m}^2$. Gran parte de esta radiación se dispersa por la atmósfera, por tanto, la energía que emite el sol a la tierra es 10.000 veces superior a la energía que recibe la humanidad. (Huezo & Morán, 2012)

2.2.3 Radiación Solar

La radiación solar es muy elemental dentro del proceso del ciclo del agua, puesto que promueve la evaporación del agua y que ésta depende de la cantidad de radiación que es emitida por el sol. Donde en la atmósfera ocurrirá el fenómeno de la condensación producto de la evaporación, y esto a su vez por la acción de la gravedad, la precipitación descenderá efectuándose el ciclo del agua. (Energía Solar, 2017)

La radiación solar se divide en 3 términos:

a) Radiación directa

Es el mecanismo de la radiación solar que proviene directamente del disco solar, sin permitir que se desvíe en su camino por la atmósfera. Esta radiación tiene una trayectoria definida que concuerda con la dispersión del flujo solar. (Hernández, 2014)

b) Radiación difusa

La radiación difusa se transmite sobre una superficie, donde durante su trayectoria se esparce por la atmósfera. Esta radiación puede ser emitida desde cualquier punto del hemisferio hacia la superficie terrestre a comparación con la Irradiancia directa. (Hernández, 2014)

c) Radiación Reflejada

En este mecanismo de radiación, la energía emitida por el sol refleja como un espejo en la superficie terrestre y su cantidad depende del coeficiente de reflexión, conocida como albedo. (Hernández, 2014)

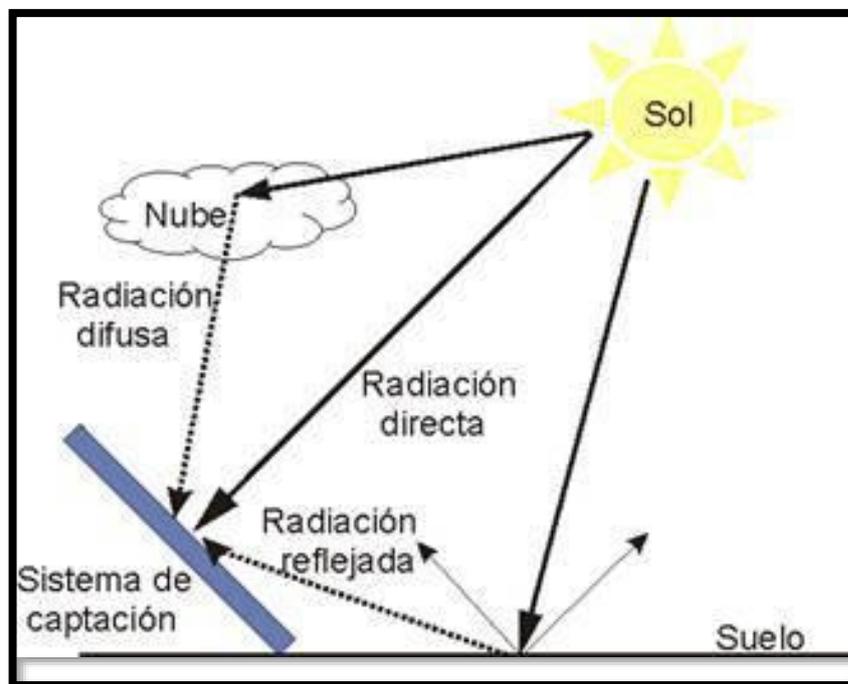


Ilustración 7: Componentes de la radiación solar terrestre

Fuente: (Pedro J. Hernández, 2014)

2.2.4 Recurso solar (Gs)

Para la determinación de la energía solar disponible se debe tomar en cuenta los datos de las mediciones acerca de la radiación solar en la ciudad de Guayaquil y que a continuación se indicará:

Radiación Solar													
Meses		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Estacion Aeropuerto GYQ	Gs (W)	3900	4373	3476	4231	4212	3370	4124	3926	5186	4072	3827	4576
Atlas Solar, 2008	Gs (W)	3900	4050	4650	4350	4650	4200	4350	4650	5250	4500	4800	4500

Ilustración 8: Valores mensuales de radiación solar en Guayaquil

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

2.3 Energía

La energía es la capacidad que tiene un cuerpo de ejercer un trabajo en forma de movimiento. Todo cuerpo presenta cambios de estados, produce fenómenos físicos que indican la transformación de la energía. (Foro nuclear , 2010)

(Foro nuclear , 2010) afirma “la energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma”.

2.3.1 Clasificación de la Energía

La energía se mide en Julios del sistema Internacional, se indica que hay diferentes tipos de energía. (Foro nuclear , 2010)

A continuación, se indicará los tipos de energía que existen:

Energía Eléctrica

La energía eléctrica transmite corrientes entre dos puntos y puede convertirse en múltiples formas de energía como son: energía luminosa, energía mecánica y energía térmica. (Tipos de Energía, 2012)

Energía Lumínica

Es la energía que se transporta a través de ondas electromagnéticas que se emiten por dispositivos como son los bombillos e interactúan con la materia de forma física. (Tipos de Energía, 2012)

Energía Mecánica

La energía mecánica expresa que un cuerpo tenga la capacidad de realizar un trabajo y existen dos tipos de energía como lo son: energía cinética y potencial. (Tipos de Energía, 2012)

Energía Térmica

La energía térmica se muestra generalmente en forma de calor, es decir, el sistema proporciona una temperatura mayor cuando aumenta su energía térmica. (Tipos de Energía, 2012)

Energía Eólica

La energía eólica se obtiene por el efecto de las turbinas de los molinos de viento, debido a las corrientes ascendentes de aire que existe en la atmósfera. La principal función de esta energía, es proveer electricidad para la población. (Tipos de Energía, 2012)

Energía nuclear

La energía se almacena en el núcleo de un átomo manteniendo unidos los neutrones y protones y se libera cuando ocurre una reacción nuclear, producto de esto se puede transferir electricidad. (Portal Educativo, 2012)

(Portal Educativo, 2012) afirma “El resultado de las reacciones nucleares, es que libera una gran cantidad de energía producto de la involucración de la masa de partículas en el proceso, se transforma de forma directa a energía.”

Energía cinética

Esta energía se relaciona con cuerpos que están en movimiento y dependen de la velocidad y masa del objeto. (Tipos de Energía, 2012)

Energía potencial

La energía mide la capacidad para ejecutar un trabajo en función de su estado. Puede decirse que la energía acumulada en el sistema, se asocia en un campo tensorial de fuerzas. (Tipos de Energía, 2012)

Energía Química

La energía química se retiene en los alimentos y combustibles, debido a que las sustancias químicas sufren una transformación de la materia, facilitando la movilización de objetos o generación de otro tipo de energía. (Tipos de Energía, 2012)

Energía Hidráulica

Es aquella que se beneficia de las corrientes del agua de los ríos, saltos del agua, producto de la liberación de la energía cinética y potencial. Esta energía puede aprovecharse mediante la construcción de presas hidráulicas, teniendo en cuenta, que la energía liberada depende del caudal y salto del agua. (Tipos de Energía, 2012)

Energía Fotovoltaica

Los sistemas de energía fotovoltaica, permite la transformación de luz solar en energía eléctrica, siendo la célula fotoeléctrica la principal característica del sistema. (Tipos de Energía, 2012)

Energía iónica

(Rodríguez, 2012) afirma: “La energía de ionización es la cantidad de energía que se necesita para separar el electrón menos fuertemente unido de un átomo neutro gaseoso en su estado fundamental.”

Energía electromagnética

(Rodríguez, 2012) afirma: “La energía electromagnética es la cantidad de energía almacenada en una región del espacio que podemos atribuir a la presencia de un campo electromagnético, y que se expresará en función de las intensidades de campo magnético y campo eléctrico.”

Energía Calorífica

La energía calorífica se muestra en forma de calor. Los átomos de todos los materiales, siempre están en constante movimiento o vibración, debido a que los átomos tienen una cantidad específica de energía cinética, la cual se la denomina como energía calorífica. (Tipos de Energía, 2012)

2.4 Tratamientos y Purificación del agua

2.4.1 Agua Potable

(NTE INEN 1108, 2011) , afirma “Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.”

Aguas de mesa

Es aquella agua que proviene de fuentes de la naturaleza, que es captada artificialmente y pasa por procesos purificadores, se vuelven aptas para el consumo humano, que son envasadas en recipientes con cierres herméticos. (NTE INEN 1108, 2013)

Agua purificada

Es aquella agua que pasa por procesos de purificación, cumpliendo con los requisitos establecidos por la norma NTE INEN 1108, para ser dispuesta para el consumo humano. (NTE INEN 1108, 2013)

2.4.2 Tratamiento de aguas

Una planta o estación de tratamiento de agua potable es un conjunto de procesos que garanticen un agua apta para consumo humano, razón por la cual, se debe cumplir con ciertos parámetros de calidad del agua que debe lograrse a través de tratamientos químicos, físicos y naturales.

2.4.3 Tipos de Tratamiento

2.4.3.1 Tratamiento Convencional para agua dulce

Las plantas de tratamiento convencionales pueden remover turbiedad, sedimentos, microorganismos, dureza, olor, color y parámetros que dependen del estado en que se encuentre el agua. Los fenómenos ambientales causan un gran impacto en la calidad del agua de fuentes de abastecimientos, por lo cual, se toma medidas para controlar o mantener los estándares de producción de agua segura antes de vertidos a cuerpos hídricos. (Rodríguez Restrepo, 2016)

A continuación, mencionaremos los tipos de tratamiento Convencional que existen:

Tratamiento Físico

Este tratamiento consiste en el siguiente procedimiento:

- a) Eliminación de la turbiedad y el color: Se elimina toda materia existente que se encuentre en suspensión o que tenga dimensiones muy pequeñas por haber sido divididas y que sedimenten fácilmente: En el caso de existir materias disueltas o coloidales, es necesario un tratamiento previo con un coagulante químico, luego es factible un proceso de clarificación, seguido por filtración y finalmente la desinfección. (Guaña & Moncayo, 2015)
- b) Eliminar o reducir la intensidad de los gustos u olores: Este es un proceso más complejo que el anterior, puesto que se realiza siempre y cuando el agua después de haber pasado por el primer procedimiento siga teniendo contaminación de algún tipo, si este fuera el caso se recomendaría distintos procedimientos que dependen específicamente de la naturaleza del problema, como ser: aireación, carbón activado, uso de cloro u otros oxidantes, como el ozono, etc. (Guaña & Moncayo, 2015)

Tratamiento Químico

Mediante este tratamiento se elimina elementos nocivos o productos químicos que pueden existir, siendo el objetivo fundamental mejorar la calidad del agua, además mediante la adición de sustancias químicas se busca corregir el pH y reducir la dureza del agua, el pH puede ser estabilizado mediante la adición de cal o carbonato de sodio, antes o después de la filtración, la disminución de la dureza, se realiza por métodos simples (cal, soda, zeolita o resinas). (Guaña & Moncayo, 2015)

La disminución o eliminación de elementos nocivos se refiere a los niveles de hierro, manganeso, flúor, arsénico o vanadio.

Tratamiento Bacteriológico

Mediante el tratamiento bacteriológico se completa el proceso de purificación del agua en una planta de tratamiento de agua potable convencional (PTAPC).

Este tratamiento es el tercer nivel en la potabilización del agua, aquí se eliminan las sustancias que no fueron eliminadas en los procesos anteriores, especialmente se trata

de descartar la existencia de cualquier tipo de microorganismos (Coliformes fecales). (Guaña & Moncayo, 2015)

La desinfección se realiza con cloro, se puede utilizar cloro puro, sales clorogenas o hipocloritos. La dosis de desinfectante depende del cloro residual, cuyo valor debe estar entre 0.1 mg/l y 0.2 mg/l en el extremo de la red de distribución. (Guaña & Moncayo, 2015)

Tratamiento de agua salada

El agua salada requiere de un tratamiento no convencional. A través del tiempo se han desarrollado procesos de purificación del agua salada (agua de mar, agua de pozo, etc.) considerando las características físicas y químicas del agua que se va a tratar, para satisfacer los requerimientos de demanda de agua potable en comunidades, especialmente de la costa ecuatoriana.

Un proceso natural es a través de la naturaleza, con el proceso del Ciclo del Agua, donde la energía solar es un método ideal para producir agua potable para zonas que no disponen de líquido vital.

Se citan a continuación algunos procesos tecnológicamente viables a escala industrial:

- M.E.D (Destilación Múltiple Efecto, [Multiple Effect Destillation]),
- MSF (Evaporación Súbita por Efecto Flash [Multi-Stage Flash Destillation]),
- C.V (Compresión Mecánica de Vapor) y
- O.I (Ósmosis Inversa [R.O, Reverse Osmosis])

Destilación Múltiple Efecto (MED)

El agua que se trata radica en la forma que se evapora, puesto que las plantas de MED utilizan varios evaporadores consecutivos de película delgada, percibiendo múltiples ebulliciones y logrando tener mejores coeficientes de transferencia de calor comparando con lo que se obtiene de las plantas de destilación súbita (MSF), donde la evaporación es de forma directa. El agua salada continua su siguiente efecto para repetirse de nuevo el ciclo, monopolizando el calor que se genera en cada efecto. (Condorchem Envitech, 2012)

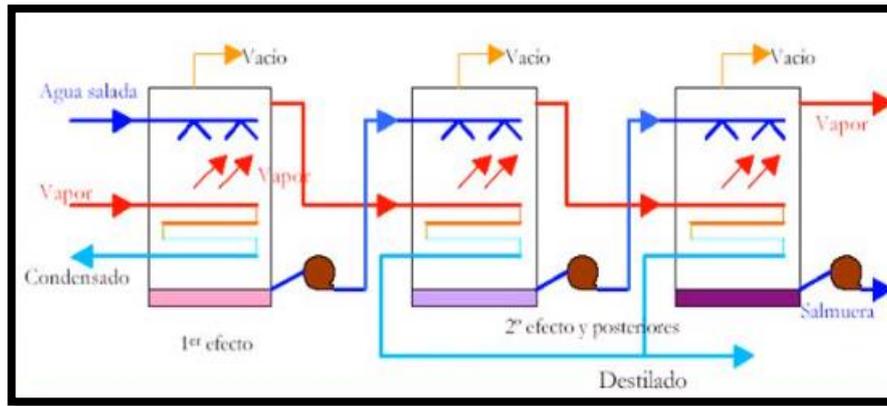


Ilustración 9: Destilación de múltiple efecto (MED)

Fuente: (Efrén Peña, 2003)

Destilación súbita por efecto flash (MSF)

Este método extrae las sales mediante la evaporación del agua, debido a que ocurre una condensación dentro del sistema y funciona con bombas o eyectores. La desventaja de las plantas MSF es su alto gasto energético. (Condorchem Envitech, 2012)

Compresión mecánica de vapor (CV)

La evaporación del agua extrae las sales en un extremo de la superficie y al otro extremo empieza a condensarse, y así, mantener el ciclo de destilación de agua. (Condorchem Envitech, 2012)

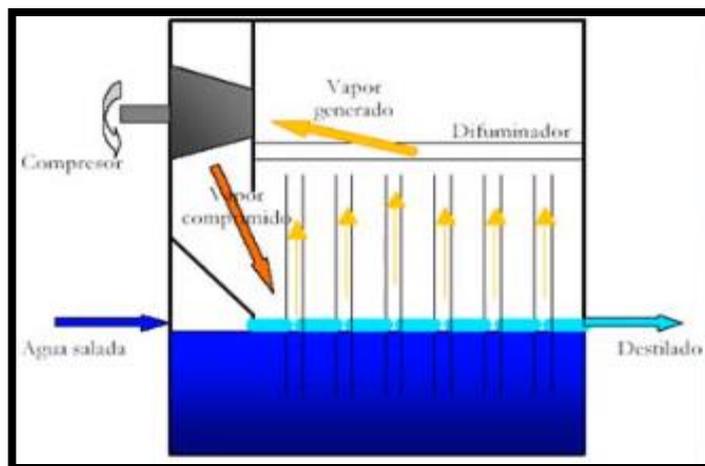


Ilustración 10: Compresión Mecánica de Vapor

Fuente: (Condorchem Envitech, 2012)

Ósmosis Inversa

La ósmosis inversa es un método de purificación de agua, este proceso radica en la retención de sales disueltas a través de una membrana tipo rejilla, donde el fluido es sometido a una presión. (Peña, 2003)

El método de purificación de ósmosis inversa elimina muchos tipos de sólidos suspendidos que se encuentran en el agua como bacterias, iones y es utilizado en procesos industriales para producción de agua potable. (Wikipedia, 2018)

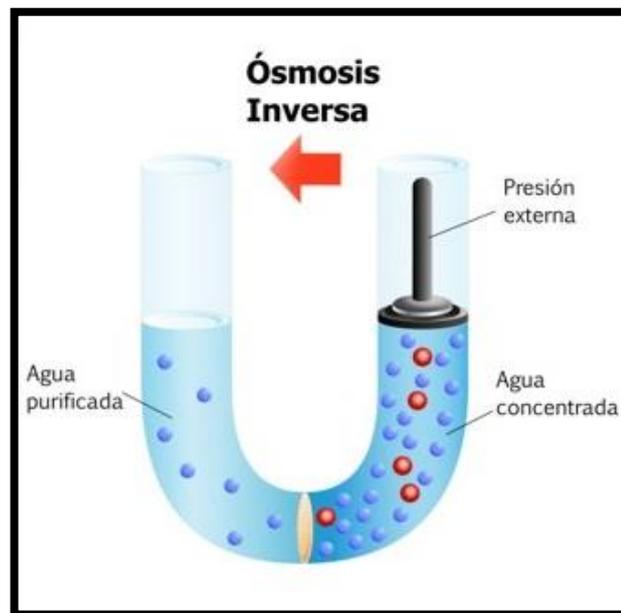


Ilustración 11: Proceso de Ósmosis Inversa

Fuente: (Gadgetofon, 2015)

2.4.4 Tratamiento de purificación solar mediante un modelo tipo mesa invernadero

En la presente investigación, el agua recibirá la acción de la energía solar, donde todo el proceso de purificación superficial, se efectuó dentro de la mesa tipo invernadero, produciéndose el proceso del ciclo del agua.

2.5 Purificador Solar

Es un sistema eficiente que permite potabilizar el agua de manera efectiva, cumpliendo con los parámetros de calidad de agua potable según el NTE INEN 1108. En el proceso, se eliminan los microorganismos que pueden afectar al organismo del ser

humano, producto de la evaporación del agua salina, esto es debido al efecto de la radiación solar hacia el modelo tipo mesa invernadero. (Energizar, 2017)

Generalmente, hay muchos tipos de modelos de destiladores solares en todas partes del mundo, desarrollados debido a la escasez de agua. Su fabricación, implica poco tiempo de elaboración y materiales de costos bajos. (Energizar, 2017)

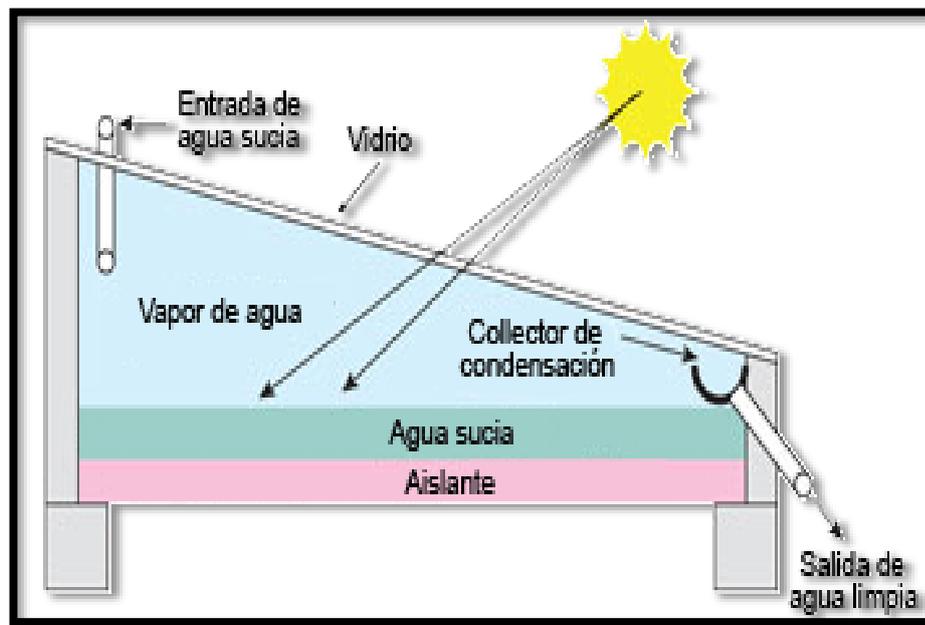


Ilustración 12: Sistema de Purificación Solar

Fuente: (Energizar, 2017)

2.5.1 Tipo de Destiladores

Destilador solar de una vertiente

Este modelo de Destilador Solar, es el más sencillo para su fabricación, debido a que contiene una base tipo cajón y un vidrio de forma inclinada. La base cajón contiene 2 compartimentos: uno con fondo de color negro, que ocupa mayor espacio para el almacenamiento del agua a evaporar y la otra división: es la recepción del agua destilada, que se ubica en el sitio con menor altura. (Sitio Solar, 2013)

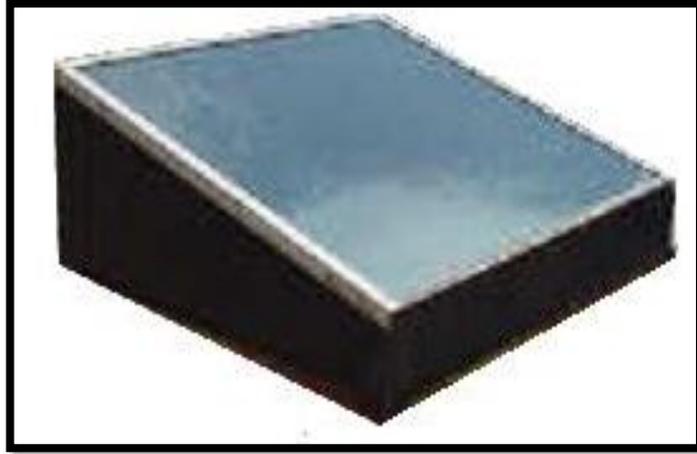


Ilustración 13: Sistema de Purificación Solar a una Vertiente

Fuente: (Sitio Solar, 2013)

Destilador solar de dos vertientes

Este modelo tiene un grado más de complejidad, debido a que tiene dos vertientes de forma de techo. El agua, se evapora producto de la acción de la energía solar que atraviesa los paneles de vidrio permitiendo aumentar la temperatura interna del sistema purificador, donde las gotas escurren hacia la bandeja recolectora, luego se extrae el agua destilada al exterior. (Sitio Solar, 2013)



Ilustración 14: Purificador solar de dos Vertientes

Fuente: (Sitio Solar, 2013)

Destilador solar de invernadero

Este modelo tiene un tamaño más grande que los anteriores destiladores mencionados, se almacena el agua a destilar en una bandeja con el fondo de color negro, efectuándose la evaporación, las gotas de agua se condensan en el vidrio de forma de cubierta y por gravedad se deslizan hacia el cuerpo receptor. (Sitio Solar, 2013)

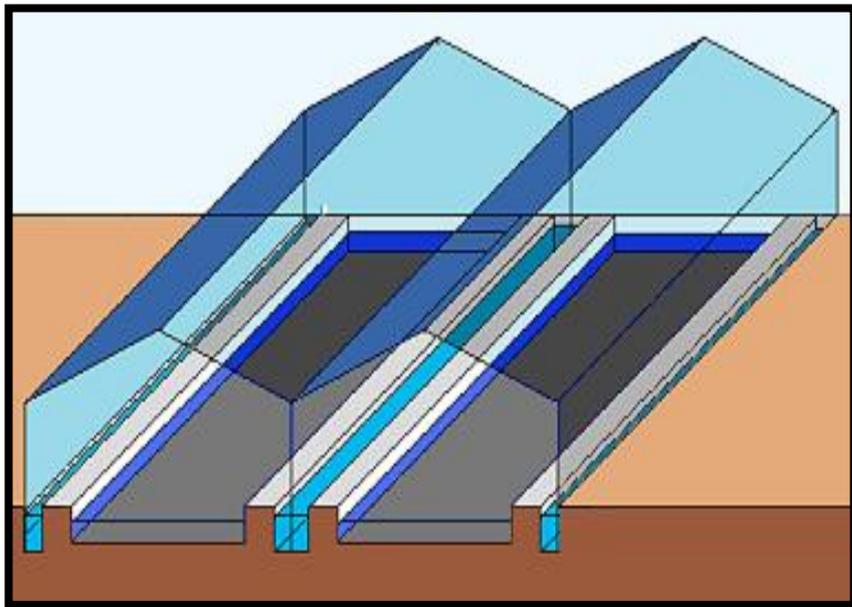


Ilustración 15: Sistema de Purificación Solar de tipo Invernadero

Fuente: (Sitio Solar, 2013)

Destilador solar de cascada

Este modelo de forma de escalera, dispone de varias bandejas de fondo de color negro repletos de agua, esperando ser evaporadas por la acción de la energía solar. Donde se condensará el agua en el panel de vidrio inclinado, luego el agua destilada escurrirá hacia el dispositivo receptor. En la base del destilador hay un desagüe donde se recogerá la salmuera u otros residuos estancados al evaporarse el agua. (Sitio Solar, 2013)

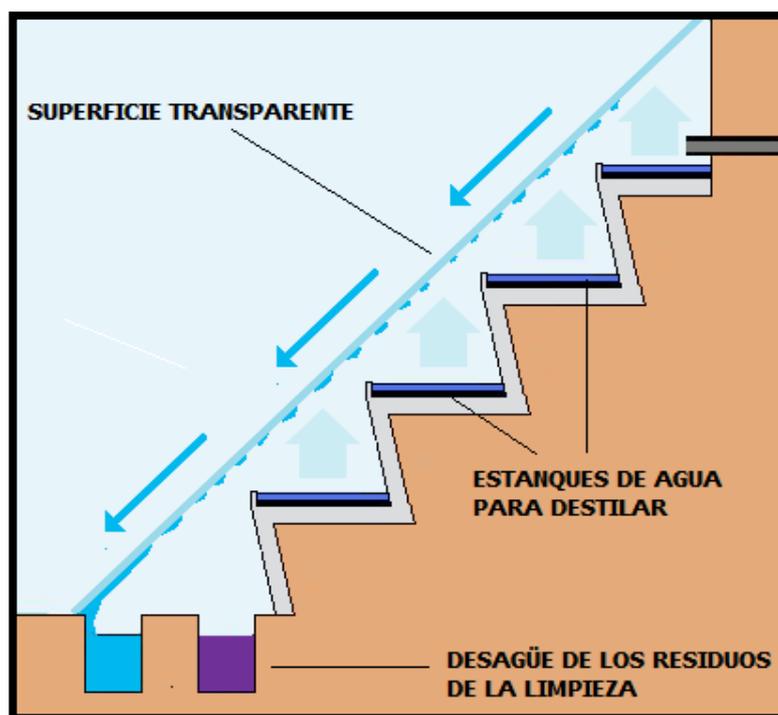


Ilustración 16: Sistema de Purificación Solar de tipo Cascada

Fuente: (Sitio Solar, 2013)

Destilador solar esférico de barredera

Este modelo tiene una forma esférica hecho de un material transparente, para que atraviese la energía solar a través de ella, contiene una barredera interior que funciona con un pequeño motor. En la parte intermedia de la esfera, tiene una bandeja con fondo de color negro para depositar el agua a destilar. (Sitio Solar, 2013)

La forma esférica del modelo, efectúa una mayor energía térmica debido a que evita sombras comparado con destiladores solares anteriormente mencionados, teniendo un mayor rendimiento de la energía calorífica absorbida. (Sitio Solar, 2013)

La barredera arrastra todas las gotas que se encuentran suspendidas en las caras interiores, haciendo que, las gotas de agua descendan por gravedad hacia la parte inferior de la esfera, donde se almacena el agua destilada que será extraída hacia el exterior por un desagüe. (Sitio Solar, 2013)

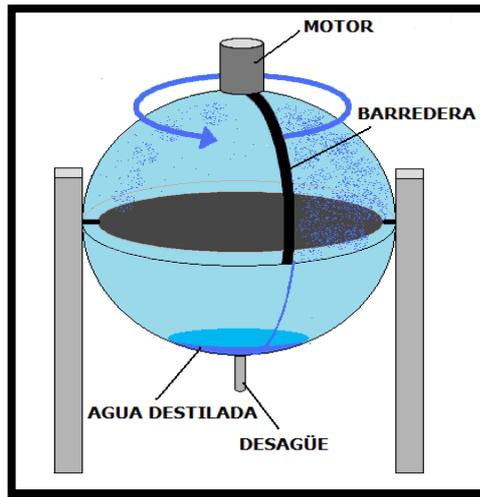


Ilustración 17: Sistema de Purificación Solar de tipo Esfera Barredera

Fuente: (Sitio Solar, 2013)

2.5.2 Balances de materia y energía involucrados en el destilador solar

Para los criterios de transferencia de calor y masa, se consideran varios factores que participan en el sistema purificador, lo cuales se mencionan a continuación:

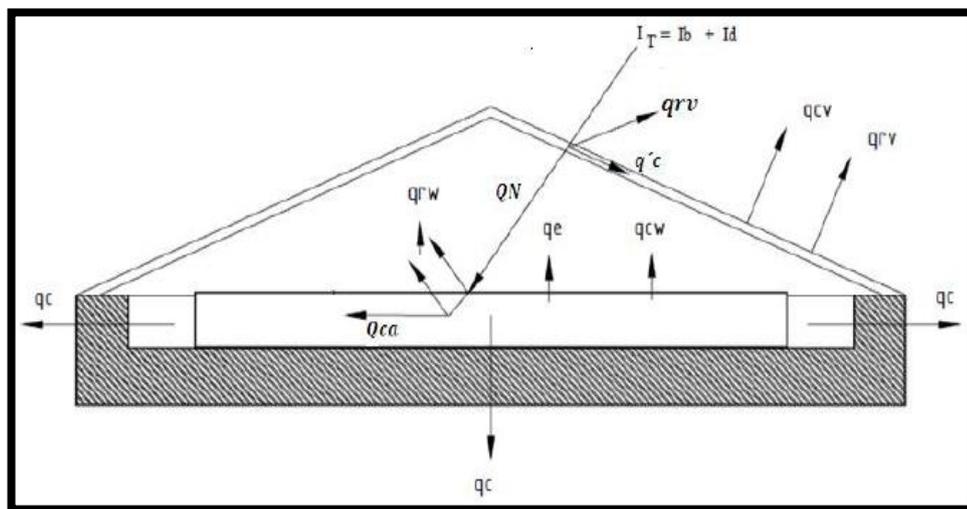


Ilustración 18: Balance de materia y energía involucradas en un sistema purificador solar

Fuente: (Rodríguez Leiva, 2008)

Además, hay términos que están involucrados dentro del proceso térmico en el modelo tipo mesa invernadero y que a continuación se definen:

❖ Calor perdido por conducción (q_c)

El sistema de purificación solar a una vertiente que se decidió construir, está ubicado sobre una mesa de aluminio (reciclable) elevada del suelo, debido a esto, existen pérdidas de calor por conducción con respecto a la base y en las paredes del purificador solar, sin embargo, la pérdida que se produce en las paredes es relativamente despreciable comparado con el calor que se pierde a través de la base.

El calor que se disipa por las paredes del purificador solar, puede determinarse a partir de la siguiente ecuación:

$$q_c = Kb * (T_w - T_a) \quad (\text{Ec. 2. 1})$$

Donde:

q_c : Calor perdido por conducción (W/m^2)

Kb : Resistencia térmica equivalente del aislante

T_w : Temperatura media del agua (K)

T_a : Temperatura ambiente (K)

Para realizar el cálculo de la pérdida de calor, se debe determinar la resistencia térmica equivalente de las paredes aislantes con la siguiente ecuación:

$$Req = \frac{x_1}{K_1} + \frac{x_2}{K_2} + \frac{x_3}{K_3} \quad (\text{Ec. 2. 2})$$

Donde:

Req : Resistencia equivalente de los materiales $\left(\frac{m^2K}{W}\right)$

x_1, x_2 y x_3 Espesores de materiales

K_1, K_2 y K_3 Coeficientes de conductividad calorífica por conducción $\left(\frac{W}{m^2K}\right)$

❖ Coeficiente de transferencia de calor convectivo

Para proceder a calcular la siguiente ecuación, se considerará la velocidad del viento

$$hct = 2.8 + 3v \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Donde:

hct : Coeficiente de calor convectivo (W/m^2K)

v : Velocidad promedio del viento que ocurre en el área de influencia

El valor del coeficiente de transferencia de calor convectivo, nos permite obtener la resistencia térmica equivalente Kb :

$$Kb = \frac{1}{Req + \frac{1}{hct}} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

❖ Calor perdido por radiación del vidrio (qrv)

En el vidrio se presentarán pérdidas de calor por radiación, donde puede calcularse por la siguiente ecuación de Stefan Boltzman:

$$qrv = \epsilon v * \sigma * (T_v^4 - T_s^4) \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Donde:

ϵv : Emitancia del vidrio

σ : Constante de Stefan Boltzman ($5.6697 \times 10^{-8} W/m^2k^4$)

Tv : Temperatura del vidrio (K)

Ts : Temperatura del cielo (K)

La temperatura del cielo puede calcularse a partir de la siguiente ecuación:

$$Ts = Ta \left[0.8 + \frac{Tdp - 273}{250} \right]^{0.25} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Donde:

Tdp : Temperatura del punto de rocío (K)

T_a : Temperatura ambiente (K)

Y la temperatura del punto de rocío mediante la siguiente ecuación:

$$T_{dp} = \sqrt[8]{\frac{H}{100}} * (110 + T_a) - 100 \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Donde:

H : Humedad relativa del ambiente

T_a : Temperatura ambiente (K)

❖ Calor perdido por convección del vidrio (q_{cv})

Si en un fluido existe diferencias de temperatura internas, habrá un movimiento del líquido de un lugar a otro, donde transportará esa energía calorífica mediante la convección.

El fluido puede transportarse de manera natural o forzado. Si aumenta la temperatura de un líquido o gas, su densidad disminuye considerablemente. Si el líquido o gas gravita, las partículas más calientes del fluido ascenderán, mientras que las partículas más frías descienden. Este tipo de movimientos se denomina convección natural debido al desequilibrio térmico del líquido.

Factores como la velocidad del viento y diferencias térmicas que existen entre el vidrio y el aire, ocasionan pérdidas de calor debido a la conducción y convección, y se determina con la siguiente ecuación:

$$q_{cv} = h_{cv} * (T_v - T_a) \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Donde:

h_{cv} : Coeficiente de transferencia de calor convectivo del vidrio (W/m^2k)

q_{cv} : Calor perdido por convección del vidrio (W/m^2k)

T_v : Temperatura del vidrio (K)

T_a : Temperatura del ambiente (K)

Con lo que puede calcularse la igualdad

$$hcv = hct \quad (\text{Ec. 2. 9})$$

Con esta ecuación puede determinarse la pérdida de calor por convección del vidrio

❖ Calor perdido por radiación del agua (qrw)

En el caso de la transferencia de calor, es de suma importancia la radiación térmica emitida por los cuerpos debido a su temperatura. Todos los cuerpos cuando son sometidos a altas temperaturas, transfieren radiaciones térmicas.

Las radiaciones térmicas se consideran como un fenómeno superficial para los sólidos, metales, madera, y rocas, debido a que la transferencia de radiación térmica interna no llegará hasta la superficie.

La radiación no requiere de una entrega para emitir su energía calorífica, puede ocurrir en cualquier espacio. El líquido que es evaporado por la energía solar, transfiere su calor hacia el vidrio y para determinar esa transferencia calorífica considerando las placas de vidrio, se calculará con la siguiente ecuación de Stefan Boltzman.

$$qrw = \frac{\sigma}{\frac{1}{\varepsilon_w} + \frac{1}{\varepsilon_v} - 1} (T_w^4 - T_v^4) \quad (\text{Ec. 2. 10})$$

Donde:

qrw : Calor perdido por radiación del agua

ε_w : Emitancia del agua

ε_v : Emitancia del vidrio

T_w : Temperatura media del agua (K)

T_v : Temperatura media del vidrio (K)

σ : Constante de Stefan Boltzman $5.6697 \times 10^{-8} \text{ (w/m}^2\text{k}^4\text{)}$

❖ **Calor perdido por convección natural (q_{cw}).**

Existe un calor del agua generado por la radiación solar, donde producto de esto ocurrirá una transferencia térmica de calor hacia el vidrio, pero de menor magnitud, debido a que existe una corriente de aire que actúa como enfriamiento dentro del modelo purificador, lo que ocasionará pérdidas de energía calorífica por convección natural. Se determina la pérdida de calor por convección natural a partir de la siguiente ecuación:

$$hc = 0.884 * (T_w - T_v + \frac{P_w - P_{wv}}{268.9 \times 10^3 - P_w} * (T_w + 273))^{1/3} \quad (\text{Ec. 2. 11})$$

Donde:

hc : Coeficiente de transferencia de calor por convección natural

P_w : Presión de vapor del agua a la temperatura del agua (Pa)

P_{wv} : Presión de vapor del agua a la temperatura del vidrio (Pa)

T_w : Temperatura media del agua (K)

T_v : Temperatura media del vidrio (K)

Se efectuará un modelo térmico, para lo cual, se deberá considerar el coeficiente de radiación efectivo (hr), como se expresa en la siguiente ecuación:

$$hr = \frac{\epsilon_a * \sigma * (T_{sc}^4 - T_w^4)}{T_{sc} - T_w} \quad (\text{Ec. 2. 12})$$

Donde:

hr : Coeficiente de radiación efectivo

ϵ_a : Emisividad del acero inoxidable

T_{sc} : Temperatura de superficie del vidrio

Si $hr < hc$, se puede definir una forma más simple de cálculo

$$h_T = hc + \frac{3}{4} hr \quad (\text{Ec. 2. 13})$$

Ahora se procede a calcular el calor perdido por convección natural del agua con la siguiente ecuación

$$q_{cw} = h_T * (T_w - T_v) \quad (\text{Ec. 2. 14})$$

Donde:

q_{cw} : Calor perdido por convección del agua $\left(\frac{W}{m^2}\right)$

h_T : Coeficiente total de transferencia de calor por convección del agua

T_w : Temperatura media del agua (K)

T_v : Temperatura media del vidrio (K)

❖ Calor perdido por evaporación

Para determinar la siguiente ecuación, es preciso conocer el calor sensible del aire dentro del purificador:

$$q_e = h_e * (P_w - P_v) \quad (\text{Ec. 2. 15})$$

Donde:

h_e : Coeficiente de transferencia de calor evaporativo $\left(\frac{W}{m^2K}\right)$

q_e : Calor perdido por evaporación

$$h_e = 0.013h_T \quad (\text{Ec. 2. 16})$$

El área del vidrio se determina mediante la siguiente ecuación:

$$A_v = z * L \quad (\text{Ec. 2. 17})$$

Donde:

A_{vidrio} : Área del vidrio (m^2)

Z : Longitud de la hipotenusa del vidrio (m)

L : Longitud del vidrio (m)

❖ Cantidad de calor necesario para calentar y evaporar el agua

Se determinará el calor requerido para calentar el agua logrando llegar a su punto de evaporación. Inicialmente el vidrio está en temperatura ambiente y seguidamente se incrementará la temperatura hasta alcanzar su valor T_v , este objeto absorberá cierta cantidad de calor del total disponible, el cual, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_v = m_v * C_{pv}(T_v - T_a) \quad (\text{Ec. 2. 18})$$

La masa del vidrio está dada por la siguiente formula:

$$m_v = \rho_v * A_{vidrio} * E_v \quad (\text{Ec. 2. 19})$$

Donde:

Q_v : Cantidad de calor necesario para calentar el vidrio ($W - h/m^2 \text{ día}$)

m_v : Masa del vidrio (Kg)

E_v : Espesor del vidrio (m)

C_{pv} : Calor específico del vidrio ($J/Kg K$)

T_a : Temperatura ambiente ($^{\circ}C$)

ρ_v : Densidad del vidrio (Kg/m^3)

A_{vidrio} : Área del vidrio (m^2)

Se tomará en cuenta el área de la bandeja recolectora para determinar el calor requerido para la evaporación del agua, para tal caso, se necesita del valor del dato del volumen, valor dado por las dimensiones de la bandeja colectora de agua salada, por consiguiente, se calcula la masa de agua (M_s) la cual se almacenará dentro de la bandeja secundaria.

La masa de agua que se añadirá en la bandeja colectora del modelo purificador, se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$M_s = \rho_a * V_a \quad (\text{Ec. 2. 20})$$

Donde:

M_s : Masa del Agua (Kg)

ρ_a : Densidad del agua (Kg/m^3)

V_a : Volumen del Agua a producir (m^3)

Una vez determinado el valor de (M_s), se continúa a calcular el calor necesario para calentar el agua:

$$Q_{ca} = M_s * C_p * (T_w - T_a) \quad (\text{Ec. 2. 21})$$

Donde:

Q_{ca} : Cantidad de calor necesario para calentar el agua ($W - h/m^2 \text{ día}$)

M_s : Masa de agua en el colector (Kg)

C_p : Calor específico del agua ($J/Kg K$)

T_a : Temperatura ambiente ($^{\circ}C$)

T_w : Temperatura de equilibrio del agua ($^{\circ}C$)

Para determinar el calor de evaporación del agua será mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{ev} = M_s * \lambda \quad (\text{Ec. 2. 22})$$

Donde:

Q_{ev} : Cantidad de calor necesario para evaporar x porcentaje de agua ($W - h/m^2 \text{ día}$)

λ : Entalpia de vaporización a la temperatura T_w (KJ/Kg)

Por consiguiente, una vez determinado el calor perdido por convección del vidrio, calor requerido para calentar el agua y el calor requerido para evaporación del agua, se procede a calcular el calor total necesario mediante la ecuación siguiente:

$$Q_n = Q_{cv} + Q_{ca} + Q_{ev} \quad (\text{Ec. 2.23})$$

Donde:

Q_n : Calor total necesario

$$Q_{cv} = q_{cv} * A_{vidrio} + Q_v \quad (\text{Ec. 2.24})$$

Donde:

Q_{cv} : Calor de convección del vidrio

2.5.3 Eficiencia de un Purificador Solar

El sol transmite una radiación solar al modelo purificador con cierta intensidad, siendo la variable más importante dentro del modelo, donde el rendimiento y eficiencia se refleja en la cantidad de producción de agua recolectado. Dicha recolección de agua es producto de la energía solar recibida por el modelo para evaporar el agua. (Huezo & Morán, 2012)

La eficiencia en el purificador solar, es la cantidad de energía requerida en la evaporación de agua del purificador sobre la cantidad de incidencia de la energía solar en el purificador. A continuación, se indica la siguiente ecuación para determinar la eficiencia teórica del sistema purificador. (Huezo & Morán, 2012)

$$Eficiencia_{teorica} = \frac{Q}{G_{sc}} * 100 \quad (\text{Ec. 2.25})$$

Donde:

Q : Energía total recolectada por el sistema

G_{sc} : Constante solar (W)

La energía total recolectada por el sistema purificador, se determina con la siguiente ecuación:

$$Q = QT + QN \quad (\text{Ec. 2.26})$$

Donde:

Q : Energía total recolectada por el sistema purificador

QT : Calor absorbido por el sistema purificador

QN : Calor necesario para calentar y evaporar el agua del sistema purificador

Por tanto, primero se debe determinar el calor absorbido por el sistema purificador mediante la siguiente ecuación:

$$QT = qr * A_{bandeja} \quad (\text{Ec. 2. 27})$$

Donde:

qr : Calor absorbido por el sistema $\left(\frac{w}{m^2}\right)$

$A_{bandeja}$: Área de la bandeja colectora (m^2)

2.5.4 Resistencias como una fuente de energía alterna

Debido lo impredecible que puede resultar la radiación solar sobre un determinado lugar, el modelo purificador contará con una fuente alterna de energía que será a través de resistencias de 1150 V, los costos para la implementación de estos son muy bajos, las cuales se activarán cuando el rendimiento del sistema disminuya considerablemente, donde la radiación emitida por el sol no será suficiente para evaporar la demanda.

Para determinar el calor requerido para calentar la bandeja tanto como el agua, se usará la siguiente ecuación:

$$Qr = 601.11 L + 1009.13 \quad (\text{Ec. 2. 28})$$

2.5.5 Rendimiento de sistemas de purificadores solares

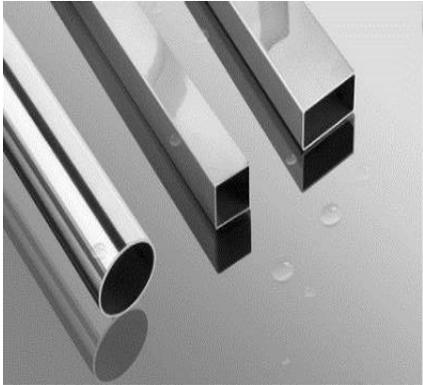
El rendimiento de los sistemas purificadores está limitado por factores como la radiación solar que influyen con la eficiencia del sistema para la purificación del agua (lt/día), la temperatura ambiente, la forma y características de los materiales del sistema purificador. (Acosta & Quiroz, 2016)

La radiación solar emitida a ciertas regiones especialmente en zonas costeras, se efectuará de una mejor manera la eficiencia del sistema purificador comparado con regiones de zonas frías, donde por otra razón, el principio del sistema purificador solar no será necesario utilizar debido a la poca energía solar receptada en zonas frías.

Se estima que el rendimiento ronda entre el 25 y el 50% para los sistemas purificadores descritos anteriormente. Estos valores representados indican que se puede obtener entre 3 y 5 litros diarios por m^2 de purificar en regiones de zonas costeras, especialmente en días soleados. (Acosta & Quiroz, 2016)

Materiales utilizados para la construcción de un purificador solar

Tabla 1: Propiedades de los materiales empleados comúnmente en modelos purificadores

Función en el modelo purificador	Material	Características
Material para estructura de soporte	<p>Hierro</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil corrosión • Bajo costo
	<p>Acero Inoxidable</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Anticorrosivo • Resistente a la intemperie • Alto costo

Función en el modelo purificador	Material	Características
Material para aislamiento térmico	<p>Durapax</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo • Alto aislamiento térmico • Baja densidad
	<p>Fibra de vidrio</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo • Buen aislante térmico • Soporta altas temperaturas
Material para cubierta	<p>Vidrio</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • No contamina el agua • Resistentes a agentes químicos • Es frágil
	<p>Plástico Polimetilmetacrilato</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto índice de refracción • Transparencia ronda entre el 85 y 92% de los rayos ultravioletas (UV) que lo atraviesan.

Función en el modelo purificador	Material	Características
Material para tuberías de transporte	<p>PVC</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistente y ligero • No presenta corrosión • Alto aislante térmico
	<p>Aluminio</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta conductividad • Baja densidad • Resistente a la corrosión por el agua
	<p>Cobre</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Conductividad térmica elevada • Alto costo

Fuente: (Huezo & Morán, 2012)

2.6 Criterio para dimensionamiento de la mesa tipo invernadero

Hay que tener en cuenta que hay diversos factores que afectan directamente con el rendimiento del modelo de sistema purificador de agua, tomando en consideración el análisis térmico y transferencia de calor.

2.6.1 Análisis térmico

Estudia el comportamiento térmico de los materiales cuando existen variaciones de temperatura, por ejemplo, cuando un objeto en temperatura ambiente es llevado a un congelador o microondas, experimenta de inmediato ese cambio de temperatura. Normalmente el cambio de temperatura depende de las propiedades del material y a su vez ésta también depende del clima. (Analitek, 2016)

Para el análisis térmico se establecen condiciones de entrada y salida para el correcto funcionamiento del purificador, se indica los parámetros a continuación:

Tabla 2: Parámetros para utilizar para el diseño del modelo experimental

Constante	Descripción	Valor	Referencias
T_w	Temperatura media del agua	328,15°K	NASA
T_a	Temperatura ambiente	297.3°K	NASA
T_v	Temperatura del vidrio	308.5°K	Beckman, 2013
T_{sc}	Temperatura de superficie colectora	373°K	Acosta & Quiroz, 2016
X_1	Espesor del Acero Inoxidable	0.0012 m	Paltín Angel, 2018
X_2	Espesor de lana de vidrio	0.05 m	Paltín Angel, 2018
X_3	Espesor del acero inoxidable	0.0012 m	Paltín Angel, 2018

Constante	Descripción	Valor	Referencias
K_1	Coefficiente de conductividad térmica del acero Inoxidable	$14.9 \frac{W}{m^{\circ}K}$	INCROPERA, 1999
K_2	Coefficiente de conductividad térmica de la lana de Vidrio	$0.043 \frac{W}{m^{\circ}K}$	INCROPERA, 1999
K_3	Coefficiente de conductividad térmica del Hierro	$60.3 \frac{W}{m^{\circ}K}$	INCROPERA, 1999
h_{cv}	Coefficiente de transferencia de calor (convectivo del vidrio)	$9.61 \frac{W}{m^2 \cdot K}$	Acosta & Quiroz, 2016
q_r	Calor absorbido por el sistema	$472.77 \frac{W}{m^2}$	Acosta & Quiroz, 2016
G_{sc}	Constante Solar	$4360 W$	Acosta & Quiroz, 2016
H	Humedad relativa de Guayaquil	$75^{\circ}C$	INAMHI, 2013
σ	Constante de Stefan Boltzman	$5.6697 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$	INCROPERA, 1999
ϵ_w	Emitancia del agua	0.96	INCROPERA, 1999

Constante	Descripción	Valor	Referencias
ε_v	Emitancia del vidrio	0.8	INCROPERA, 1999
ε_a	Emitancia del acero inoxidable	0.19	Beckman, 2013
P_w	Presión de vapor de agua a la temperatura del agua	15758 Pa	Rico, 1988
P_{ww}	Presión de vapor de agua a la temperatura del vidrio	5628 Pa	Rico, 1988
λ	Calor latente de evaporación	$2257000 \frac{J}{Kg}$	INCROPERA, 1999
ρ_a	Densidad del agua	$989.9 \frac{Kg}{m^3}$	INCROPERA, 1999
ρ_v	Densidad del vidrio	$2500 \frac{Kg}{m^3}$	INCROPERA, 1999
Cp_a	Calor específico del agua	$4186 \frac{J}{Kg^{\circ}K}$	INCROPERA, 1999
Cp_v	Calor específico del vidrio	$750 \frac{J}{Kg^{\circ}K}$	INCROPERA, 1999

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

2.6.2 Brillo Solar (Heliofanía)

La duración del brillo solar o heliofanía en horas, indica el tiempo durante el cual incide energía solar sobre un determinado lugar. El número de horas de brillo solar que irradia sobre un sitio, define los factores que determinan su clima. (Suarez, 2014)

Por consiguiente, se procede a realizar un esquema ilustrativo de la Heliofanía de la ciudad de Guayaquil, información conseguida de los anuarios meteorológicos del Instituto Nacional de meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI) durante los años de 2010 hasta 2013, se indica a continuación en la tabla 3:

Tabla 3: Heliofanía de la ciudad de Guayaquil

ESTACION: GUAYAQUIL U. ESTATAL

MES	HELIOFANÍA				Promedio Anual (horas / mes)	Días	Promedio
	Año 2010 (horas / mes)	Año 2011 (horas / mes)	Año 2012 (horas / mes)	Año 2013 (horas / mes)			
ENERO	57,80	66,00	46,10	33,70	50,90	31	1,64
FEBRERO	53,70	69,60	63,40	61,70	62,10	28	2,22
MARZO	81,50	171,20	98,80	73,90	106,35	31	3,43
ABRIL	107,80	118,80	114,70	131,20	118,13	30	3,94
MAYO	63,70	134,40	115,30	83,90	99,33	31	3,20
JUNIO	64,60	66,90	95,80	56,90	71,05	30	2,37
JULIO	104,40	50,90	108,30	83,70	86,83	31	2,80
AGOSTO	114,30	90,80	116,30	169,00	122,60	31	3,95
SEPTIEMBRE	110,30	150,00	143,40	179,50	145,80	30	4,86
OCTUBRE	146,00	88,50	115,60	137,50	121,90	31	3,93
NOVIEMBRE	68,00	144,80	141,90	138,90	123,40	30	4,11
DICIEMBRE	58,80	113,50	124,20	161,90	114,60	31	3,70

TOTAL 1222,98 365 40,16

Promedio: 3,35

Fuente: (Elaboración Propia, 2018)

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DEL MODELO PURIFICADOR SOLAR A UNA VERTIENTE TIPO MESA INVERNADERO

3.1 Consideraciones en el proceso de diseño

Una vez mencionado los criterios de diseño que actúan en el sistema de purificador solar tipo mesa invernadero, se comienza a construir el modelo del purificador solar a una vertiente.

A continuación, se indicará un esquema representativo de cómo se efectuó la construcción del modelo purificador.

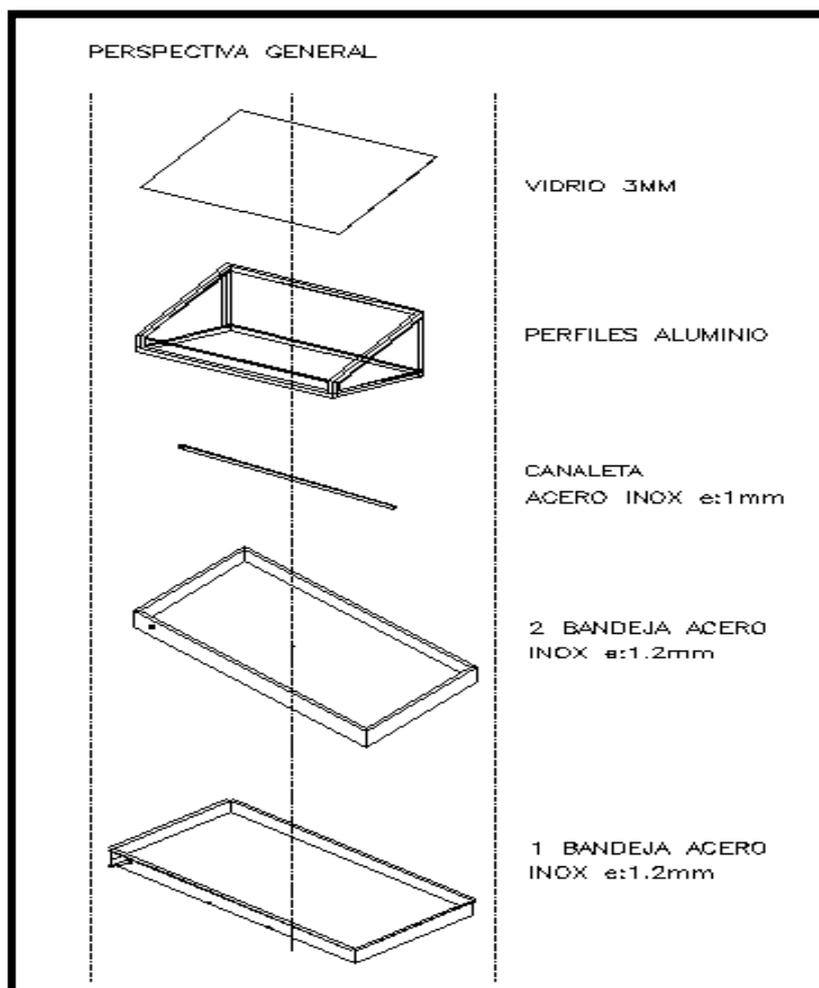


Ilustración 19: Prediseño del Modelo

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

El modelo experimental del sistema purificador solar a una vertiente, presenta condiciones óptimas de desarrollo para su correcto funcionamiento representando costos bajos de elaboración y mantenimiento.

Se realizó un análisis térmico, transferencia de masa y calor, y las ecuaciones matemáticas a utilizar para comprender el funcionamiento del sistema purificador solar a una vertiente.

En el modelo purificador se considera los balances de materia y energía, que estudia todos los factores que intervienen dentro del sistema como: calor necesario para calentar el vidrio, el agua y calor necesario para evaporar el agua, y comprenden pérdidas de calor por conducción y convección.

Para la presente investigación se toma datos de modelos experimentales ya ejecutados, de manera que nos sirve para la determinación de factores que intervienen en el sistema purificador. Finalmente se procede a determinar el valor del área de la bandeja colectora, área del vidrio y otras superficies del modelo.

3.2 Parámetros de Diseño

Los parámetros considerados para el diseño se indican a continuación:

Condiciones climáticas

El clima de la ciudad de Guayaquil es de tipo tropical megatérmico seco a semi-húmedo, tiene temperaturas elevadas durante la mayor parte del año, siendo la temperatura promedio de 25°C aproximadamente.

El Ecuador cuenta con dos estaciones: invierno y verano, durante la época seca tiene temperaturas medias de 23.8 °C a 25.9 °C en los meses de junio hasta diciembre, y en la temporada de invierno alcanza temperaturas entre 26 °C a 28.1 °C que va desde el mes de enero hasta mayo, la temperatura promedio máxima anual es de 33,17 °C y la mínima de 20,76°C. (Conelec, 2011)

La precipitación media de la ciudad de Guayaquil es de 264mm aproximadamente del mes de enero hasta abril, siendo los meses con mayor precipitación en la ciudad de Guayaquil. (Weather Atlas, 2002)

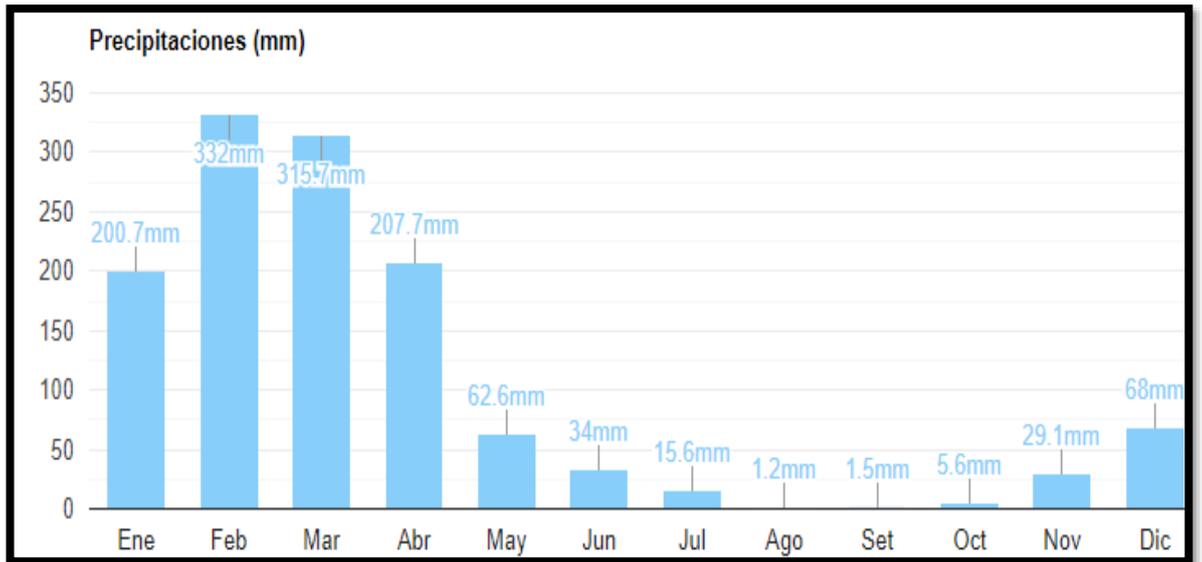


Ilustración 20: Precipitación media de Guayaquil, Ecuador

Fuente: (Weather Atlas, 2002)

La radiación de Guayaquil durante el mes de enero hasta mayo y agosto hasta diciembre tiene un alto índice de radiación de UV=12, y el mes de junio y julio tiene un índice de radiación de UV=11. (Weather Atlas, 2002)

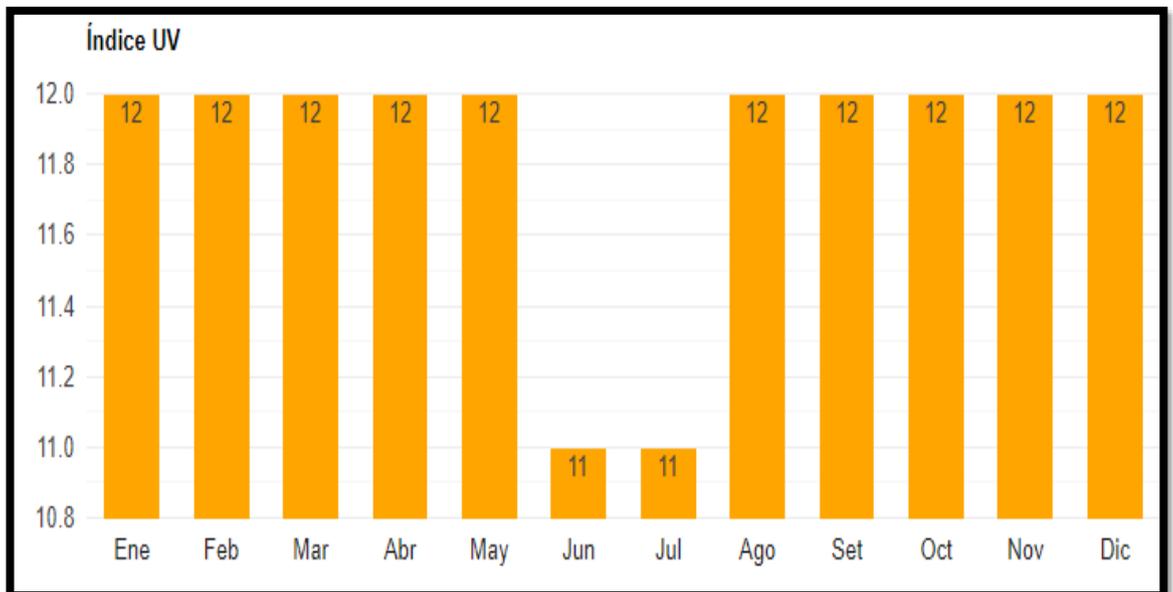


Ilustración 21: Promedio del Índice UV de Guayaquil, Ecuador

Fuente: (Weather Atlas, 2002)

A continuación, se procede a realizar los cálculos de los factores que intervienen en el sistema purificador

❖ Calor perdido por conducción (q_c)

Para determinar el calor perdido por conducción en las paredes de vidrio, se determinará por la siguiente ecuación 2.1:

$$q_c = Kb * (T_w - T_a) \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Para determinar la pérdida de calor por conducción, se debe calcular la resistencia térmica equivalente de las paredes térmicas con la ecuación 2.2:

$$Req = \frac{x_1}{K_1} + \frac{x_2}{K_2} + \frac{x_3}{K_3} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

A continuación, se indicará una figura ilustrativa de la resistencia térmica y los materiales de cómo está ensamblado el sistema purificador:

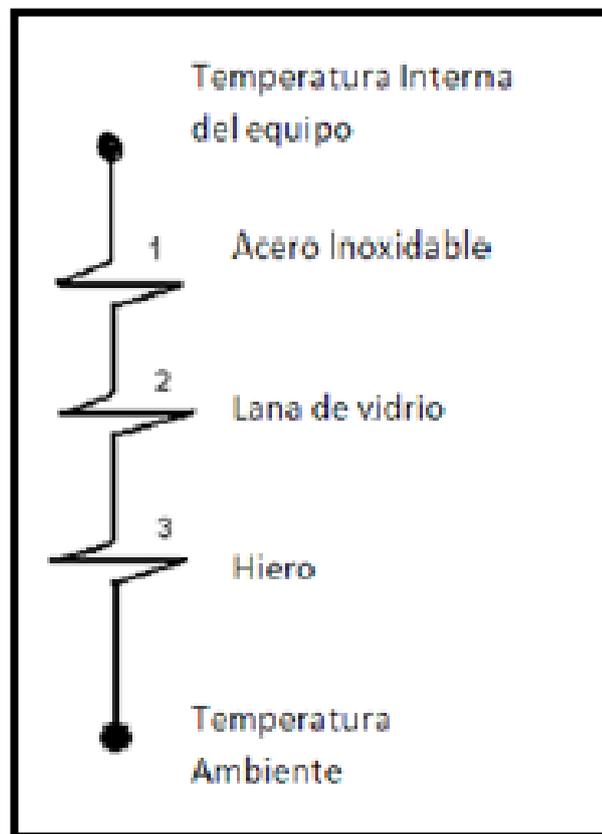


Ilustración 22: Circuito térmico del sistema

Fuente: (Hermosillo, 2012)

Una vez definidos los valores de los espesores y coeficientes de conductividad calorífica de los materiales utilizados de la tabla 1, se procede a remplazar los datos para calcular la resistencia equivalente:

$$Req = \frac{0.012}{14.9} + \frac{0.05}{0.043} + \frac{0.012}{60.3}$$

$$Req = 1.163 \frac{m^2 \circ K}{W}$$

❖ **Coefficiente de transferencia de calor por convección (*hct*)**

Para determinar el coeficiente de transferencia de calor por convección es mediante la ecuación 2.3, donde intervienen el coeficiente de calor convectivo y la velocidad del viento promedio en el área de influencia

$$hct = 2.8 + 3v \quad (\text{Ec. 2.3})$$

$$hct = 2.8 + 3 * (2.27 \text{ m/s})$$

$$hct = 9.61 \frac{W}{m^2 K}$$

❖ **Resistencia térmica equivalente del aislante (*Kb*)**

Una vez determinado del coeficiente de transferencia de calor por convección, se procede a calcular la resistencia térmica equivalente del aislante (*Kb*) mediante la ecuación 2.4:

$$Kb = \frac{1}{Req + \frac{1}{hct}} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

$$Kb = \frac{1}{1.163 \frac{m^2 \circ K}{W} + \frac{1}{9.61 \frac{W}{m^2 K}}}$$

$$Kb = 0.789 \approx 0.79 \frac{W}{m^2 K}$$

Ahora se reemplaza los valores en la ecuación 2.1, una vez determinado el coeficiente de transferencia de calor convectivo y resistencia térmica equivalente del aislante:

$$qc = 0.79 * (328.15 - 297.3)$$

$$qc = 24.37 \frac{W}{m^2}$$

❖ **Calor perdido por radiación del vidrio (q_{rv})**

Para determinar la cantidad de calor perdido por radiación del vidrio, se calcula con la ecuación 2.5:

$$q_{rv} = \varepsilon v * \sigma * (T_v^4 - T_s^4) \quad (\text{Ec. 2.5})$$

La temperatura del cielo se calcula con la ecuación 2.6:

$$T_s = T_a \left[0.8 + \frac{T_{dp} - 273}{250} \right]^{0.25} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

La temperatura del punto de rocío se calcula con la ecuación 2.7:

$$T_{dp} = \sqrt[8]{\frac{H}{100}} * (110 + T_a) - 100 \quad (\text{Ec. 2.7})$$

$$T_{dp} = \sqrt[8]{\frac{75}{100}} * (110 + 297.3) - 100$$

$$T_{dp} = 292.9 \text{ } ^\circ K \approx 19.75 \text{ } ^\circ C$$

Una vez determinado la temperatura del punto de rocío, se procede a calcular la temperatura del cielo mediante la ecuación 2.6:

$$T_s = 297.3 \text{ } K \left[0.8 + \frac{292.9 \text{ } K - 273}{250} \right]^{0.25}$$

$$T_s = 287.9 \text{ } K$$

Una vez determinado el valor de la temperatura del cielo, se determina el calor perdido por radiación del vidrio mediante la ecuación 2.5:

$$q_{rv} = 0.8 * 5.6697 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4} * [(308.5 \text{ } K)^4 - (287.9 \text{ } K)^4]$$

$$q_{rv} = 99.22 \frac{W}{m^2}$$

❖ **Calor perdido por convección del vidrio (q_{cv})**

De la ecuación 2.9 se definió qué $h_{cv} = h_{ct}$, entonces para determinar el calor perdido por convección del vidrio se calcula con la ecuación 2.8:

$$q_{cv} = h_{cv} * (T_v - T_a) \quad (\text{Ec. 2.8})$$

$$q_{cv} = 9.61 \frac{W}{m^2 \cdot K} * (308.5 - 297.3)$$

$$q_{cv} = 107.63 \frac{W}{m^2}$$

❖ **Calor perdido por radiación del agua (q_{rw})**

A continuación, se determinará el calor perdido por radiación del agua con la ecuación 2.10:

$$q_{rw} = \frac{\sigma}{\frac{1}{\epsilon_w} + \frac{1}{\epsilon_v}} (T_w^4 - T_v^4) \quad (\text{Ec. 2.10})$$

$$q_{rw} = \frac{5.6697 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}}{\frac{1}{0.96} + \frac{1}{0.8} - 1} (328.15^4 - 308.5^4)$$

$$q_{rw} = 111.39 \approx 111.40 \frac{W}{m^2}$$

❖ **Calor perdido por convección natural (q_{cw})**

La pérdida de calor por convección natural se debe a que el aire ocupa sitio entre el agua y el vidrio y a medida que aumenta la temperatura, causa un movimiento de masas de aire que provocan la pérdida de calor por convección natural y se determina mediante la ecuación 2.11:

$$h_c = 0.884 * (T_w - T_v + \frac{P_w - P_{wv}}{268.9 \times 10^3 - P_w} * (T_w + 273))^{1/3} \quad (\text{Ec. 2.11})$$

$$hc = 0.884 * (328.15 - 308.5 + \frac{15758 Pa - 5628 Pa}{268.9 \times 10^3 - 15758 Pa} * (328.15 + 273))^{1/3}$$

$$hc = 3.113 \frac{W}{m^2K}$$

Ahora determinamos el coeficiente de radiación efectiva mediante la ecuación 2.12:

$$hr = \frac{\epsilon a * \sigma * (T_{sc}^4 - T_w^4)}{T_{sc} - T_w} \quad (\text{Ec. 2. 12})$$

$$hr = \frac{(0.19 * 5.6697 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2K^4}) * (373^4 - 328.15^4)}{373 - 328.15}$$

$$hr = 1.864 \frac{W}{m^2K}$$

Si $hr < hc$, se considera calcular el coeficiente de transferencia de calor por convección total con la ecuación 2.13:

$$h_T = hc + \frac{3}{4} hr \quad (\text{Ec. 2. 13})$$

$$h_T = 1.113 \frac{W}{m^2K} + \frac{3}{4} (1.864 \frac{W}{m^2K})$$

$$h_T = 4.51 \frac{W}{m^2K}$$

Una vez determinado el valor del coeficiente de transferencia de calor por convección total, se procede a calcular el calor perdido por convección natural del agua mediante la ecuación 2.14:

$$q_{cw} = h_T * (T_w - T_v) \quad (\text{Ec. 2. 14})$$

$$q_{cw} = 4.51 \frac{W}{m^2K} * (328.15 - 308.5)$$

$$q_{cw} = 88.62 \frac{W}{m^2}$$

❖ **Calor perdido por evaporación (q_e)**

Se determina el calor perdido por evaporación del agua mediante la ecuación 2.15:

$$q_e = h_e * (P_w - P_v) \quad (\text{Ec. 2. 15})$$

Primero se debe determinar el coeficiente de transferencia de calor de evaporación con la ecuación 2.16:

$$h_e = 0.013h_T \quad (\text{Ec. 2. 16})$$

$$h_e = 0.013 * \left(4.51 \frac{W}{m^2K}\right)$$

$$h_e = 0.058 \frac{W}{m^2K}$$

Una vez determinado el coeficiente de transferencia de calor de evaporación se procede a calcular el calor perdido por evaporación.

$$q_e = 0.058 \frac{W}{m^2K} * (15758 Pa - 5628 Pa)$$

$$q_e = 587.54 \frac{W}{m^2 - día}$$

❖ **Calor necesario para calentar y evaporar Q_T**

Para determinar la masa del vidrio, se debe encontrar una relación entre la bandeja colectora y el área del vidrio, tal como se indica a continuación:

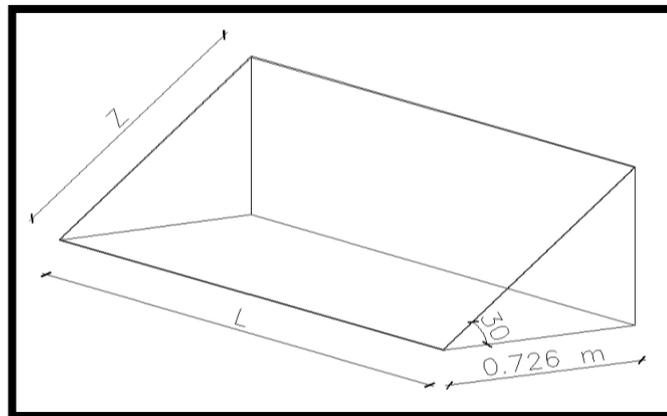


Ilustración 23: Pre-diseño del modelo Purificador solar a una vertiente

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Primero se define los valores del ancho y largo de la bandeja colectora (1.5 x 0.75 m) considerando el espesor de la bandeja de acero inoxidable, donde dicho espesor es de 12mm.

Entonces, tomando en cuenta las dimensiones desde las caras internas de la bandeja colectora, se tiene:

$$x = 0.75 \text{ m} - 2e$$

$$x = 0.75 \text{ m} - 2(0.012 \text{ m})$$

$$x = 0.726 \text{ m}$$

A continuación, se define el área de la bandeja:

$$A_{bandeja} = 0.726 \text{ m} * L$$

Ahora se calculará la inclinación del vidrio:

$$\cos 30^\circ = \frac{0.726}{z}$$

$$z = \frac{0.726}{\cos 30^\circ}$$

$$z = 0.84 \text{ m}$$

Una vez determinado la inclinación del vidrio (z), se procede a calcular el área del vidrio con la ecuación 2.17

$$Av = Z * L \quad (\text{Ec. 2. 17})$$

$$Av = 0.84 * L$$

$$Av = 0.84m L$$

Una vez definido el área del vidrio, se calcula la masa del vidrio mediante la ecuación 2.19:

$$mv = \rho v * A_{vidrio} * Ev \quad (\text{Ec. 2. 19})$$

$$mv = 2500 \frac{Kg}{m^3} * 0.84m L * 0.003 m$$

$$mv = 6.3 L \frac{Kg}{m}$$

❖ **Calor necesario para calentar el vidrio (Qv)**

Para determinar el calor necesario para calentar el vidrio, se usa la ecuación 2.18

$$Qv = mv * Cpv(Tv - Ta) \quad (\text{Ec. 2. 18})$$

$$Qv = 6.3 L \frac{Kg}{m} * 750 \frac{J}{Kg \text{ } ^\circ K} (308.5 \text{ } ^\circ K - 297.3 \text{ } ^\circ K)$$

$$Qv = 705652920 L * \frac{J}{m} * \frac{1 Wh}{3600 seg}$$

$$Qv = 14.7 L * \frac{Wh}{m \text{ día}} * \frac{\text{día}}{3.35 h}$$

$$Qv = 4.38 L \frac{W}{m}$$

❖ **Calor necesario para calentar el agua (Qca)**

De la Ecuación 2.21, se determina el calor necesario para calentar el agua

$$Qca = Ms * Cpa * (Tw - Ta) \quad (\text{Ec. 2. 21})$$

Primero se define el valor del volumen de agua a producir que será de ($0.005 m^3$), después se determina la masa del agua de la ecuación 2.20:

$$Ms = \rho a * Va \quad (\text{Ec. 2. 20})$$

$$Ms = 989.9 \frac{Kg}{m^3} * 0.005 m^3$$

$$Ms = 4.9495 \approx 4.95 Kg$$

Una vez definido la masa del agua, se procede a calcular el calor necesario para calentar el agua:

$$Qca = 4.95 * 4186 \frac{J}{Kg \text{ } ^\circ K} * (328.15 \text{ } ^\circ K - 297.3 \text{ } ^\circ K)$$

$$Qca = 639233.6 J * \frac{1 Wh}{3600 seg}$$

$$Qca = 177.56 \frac{Wh}{\text{día}}$$

❖ **Calor necesario para evaporar todo el volumen de agua**

De la Ecuación 2.22, se consigue determinar el calor necesario para evaporar todo el volumen del agua de la bandeja colectora

$$Q_{ev} = Ms * \lambda \quad (\text{Ec. 2. 22})$$

$$Q_{ev} = 4.95Kg * 2257000 \frac{J}{Kg}$$

$$Q_{ev} = 11172150 J * \frac{1 Wh}{3600 seg}$$

$$Q_{ev} = 3103.37 \frac{Wh}{día}$$

Ahora los cálculos hallados anteriormente del calor necesario para calentar el agua y el calor necesario para evaporar todo su volumen, lo dividimos para el valor conseguido de la tabla 2 del promedio de la heliofanía y lo convertimos a Watts

$$Q_{ca} = 177.56 \frac{Wh}{día} * \frac{día}{3.35 h} = 53 W$$

$$Q_{ev} = 3103.37 \frac{Wh}{día} * \frac{día}{3.35 h} = 926.38 W$$

❖ **Calor total necesario (Qn)**

Para determinar el calor total necesario interviene la cantidad necesaria para calentar el vidrio, calor necesario para calentar el agua y el calor necesario para evaporar el agua de la bandeja colectora y se calcula con la ecuación 2.23:

$$Q_n = Q_{cv} + Q_{ca} + Q_{ev} \quad (\text{Ec. 2. 23})$$

Primero se debe hallar el calor de convección del vidrio, por tanto, se determina mediante la ecuación 2.25:

$$Q_{cv} = q_{cv} * A_{vidrio} + Q_v \quad (\text{Ec. 2. 24})$$

$$Q_{cv} = \left(107.63 \frac{W}{m^2} \right) * (0.84m L) + 4.38 L \frac{W}{m}$$

$$Q_{cv} = 90.41 L \frac{W}{m} + 4.38 L \frac{W}{m}$$

$$Q_{cv} = 94.8 L \frac{W}{m}$$

Una vez determinado el calor de convección del vidrio, se procede a calcular el calor total necesario:

$$Q_n = Q_{cv} + Q_{ca} + Q_{ev}$$

$$Q_n = 94.8 L \frac{W}{m} + 53 W + 926.38 W$$

$$Q_n = 94.8 L \frac{W}{m} + 979.38 W$$

A continuación, se determinará

Ahora se determinará la energía total recolectada por el sistema purificador mediante la ecuación 2.26:

$$Q = QT + Q_n \quad (\text{Ec. 2. 26})$$

Por tanto, primero se debe hallar la cantidad de calor absorbido por el sistema purificador con la ecuación 2.27:

$$QT = qr * A_{bandeja} \quad (\text{Ec. 2. 27})$$

$$QT = 472.77 \frac{W}{m^2} * (0.726 m * L)$$

$$QT = 343.23 L * \frac{W}{m}$$

Una vez determinado el calor absorbido por el sistema y el calor por convección del vidrio, se procede a calcular la energía total recolectada por el sistema purificador:

$$Q = \left(343.23 L * \frac{W}{m} \right) + \left(94.8 L \frac{W}{m} + 979.38 W \right)$$

$$Q = 438.03 L * \frac{W}{m} + 979.38 W$$

❖ Eficiencia de un Purificador solar

Para determinar la eficiencia de un purificador solar, se considera que la eficiencia teórica oscila entre 25 a 50%, donde se usará un valor promedio de la eficiencia teórica que representa el 37.5 %, y sustituyendo los datos para hallar la longitud (L) del destilador en la ecuación 2.25:

$$Eficiencia_{teorica} = \frac{Q}{G_{sc}} * 100 \quad (\text{Ec. 2. 25})$$

$$37.5 = \frac{\left(438.03 L * \frac{W}{m} + 979.38 W\right)}{4360 W} * 100$$

$$\frac{37.5 * 4360 W}{100} = 438.03 L * \frac{W}{m} + 979.38 W$$

$$1635 W = 438.03 L * \frac{W}{m} + 979.38 W$$

$$655.62 W = 438.03 L * \frac{W}{m}$$

$$L = \frac{655.62 W}{438.03 \frac{W}{m}}$$

$$L = 1.496 m \approx 1.50 m$$

Por tanto, podemos decir que la longitud de la bandeja es 1.5 m

❖ Resistencias

Para determinar el calor requerido para calentar la bandeja tanto como el agua, se usará la ecuación 2.28 tomada de un documento de tesis de investigación de la Escuela Superior Politécnica del Litoral de la facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción con el tema “Diseño y Construcción de un Desalinizador Híbrido”. (Acosta & Quiroz, 2016)

$$Qr = 601.11 L + 1009.13 \quad (\text{Ec. 2. 28})$$

$$Qr = 601.11 (1.5 m) + 1009.13$$

$$Qr = 1910.80 \text{ Watts}$$

El calor necesario para calentar la bandeja tanto como el agua es de 1910.8 Watts, por tanto, la resistencia que se definió es de 1150Watts, pero se usarán dos resistencias que su resultado es de 2300 Watts, lo cual, es suficiente para cumplir la demanda.

3.3 Construcción del modelo Purificador

Se construyó el modelo purificador a una vertiente teniendo en cuenta los criterios de diseño y las dimensiones definidas anteriormente.

3.3.1 Proceso de construcción del modelo

El modelo purificador se lo ensambló en 3 etapas: bandeja principal, bandeja secundaria y soporte de aluminio para los vidrios, la cuales se detallan a continuación:

- a) Se construyó una mesa de aluminio con dimensiones de 1.55 x 0.80 m, cuyo material para soportar el modelo purificador fue de una plancha de plywood de 1.80 x 1.05 m



Ilustración 24: Mesa de Aluminio utilizada para soporte del modelo purificador

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

- b) La bandeja primaria se la construyó con acero inoxidable de 1.52 x 0.77 m con 20 cm de altura, la cual contiene una lana de vidrio de 5 cm de espesor que actúa como aislante térmico y sobre eso se encuentra una plancha de acero inoxidable, en la cual, se encuentran apoyadas dos resistencias de 1150W como se indica en la siguiente ilustración:



Ilustración 25: Bandeja principal del modelo

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

- c) La bandeja secundaria es la que almacena el agua, se la construyó con acero inoxidable de 1.50 x 0.75 m con 15 cm de altura, la cual se pintó con pintura de color negro de alta temperatura.



Ilustración 26: Bandeja secundaria del modelo

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

- d) Se construyó una estructura de aluminio y vidrio de 0.726 x 1.476 m que contiene una canaleta de acero inoxidable de 1.44 m de longitud con una pendiente 1.74 %, y se realizó una perforación de diámetro de 5/32 pulgada, para permitir la salida del agua evaporada.



Ilustración 27: Estructura de aluminio y vidrio

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

- e) Se realizó una perforación de $\frac{3}{4}$ de pulgada a ambas bandejas donde ingresará el agua de estero mediante una tubería, y se selló herméticamente el modelo purificador con silicona y cinta plástica para evitar ingreso de agua lluvia debido a la época lluviosa y además evitar posibles fugas de calor.



Ilustración 28: Purificador solar a una vertiente

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

- f) Se colocaron los equipos para medir la temperatura: de evaporación dentro del purificador y temperatura de agua en la bandeja secundaria.



Ilustración 29: Equipos para medir temperatura

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

- g) Y finalmente se pone en funcionamiento el sistema de purificador solar a una vertiente, efectuándose el proceso del ciclo del agua en el interior del modelo, el mismo que fue colocado en sentido este-oeste, precisando la parte más larga del modelo.



Ilustración 30: Modelo purificador a una vertiente

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

3.3.2 Operación del modelo Purificador

- a) Se colocó agua del estero salado al modelo purificador mediante un embudo a través de una tubería de PCV de $\frac{3}{4}$ de pulgada.



Ilustración 31: Ingreso del agua de estero al modelo purificador

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

- b) Se verifica el funcionamiento del modelo purificador mediante la evaporación del agua del estero.



Ilustración 32: Evaporación de agua dentro del modelo purificador

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

c) Se verifica la medición de temperatura de día y noche



Ilustración 33: Medición de Temperatura en el día

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

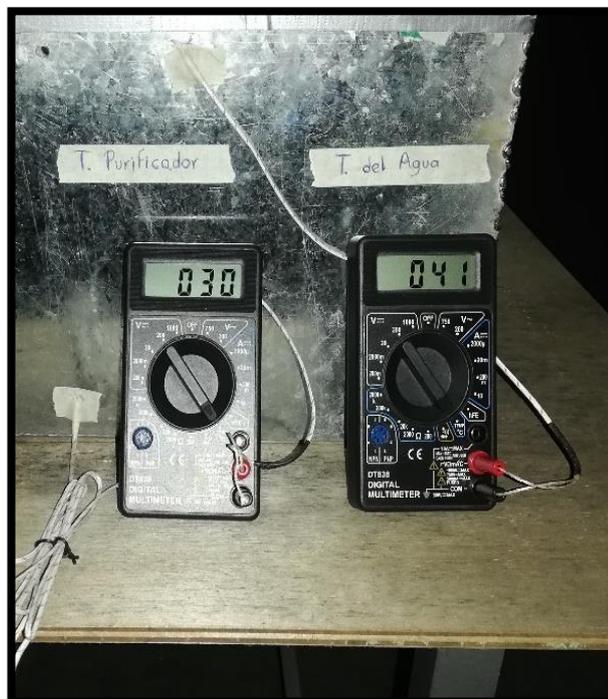


Ilustración 34: Medición de Temperatura en la noche

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

d) Se realiza la medición del agua evaporada del modelo purificador



Ilustración 35. Medición del agua evaporada del modelo purificador

Fuente: (Elaboración propia, 2019)



Ilustración 36: Agua evaporada del modelo purificador.

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

3.4 Análisis de costos del modelo purificador a una vertiente

Para el cálculo del costo del purificador solar, se consideró los siguientes materiales para la construcción del mismo. Y a su vez, para que el costo final resulte lo más económico posible.

Tabla 4: Presupuesto de materiales utilizados en la construcción del modelo

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio Unitario \$	Total \$
Plancha de acero inoxidable de 1,2mm (0,77 x 1,52 x 0,20 m)	u	1,00	60,00	60,00
Plancha de acero inoxidable de 1,2mm (0,75 x 1,50 x 0,15 m)	u	1,00	60,00	60,00
Plancha de acero inoxidable de 1,2mm (0,726 x 1,476 m)	u	1,00	60,00	60,00
Tablero Plywood Triplex C (1,80 x 1,05 m x 9mm)	u	1,00	23,36	23,36
Tubos de aluminio 6m	u	1,00	19,00	19,00
Nudos 1 pulg	u	1,00	5,79	5,79
Tornillería	u	1,00	5,00	5,00
Brocas Punta Flecha Vidrio	u	1,00	7,54	7,54
Broca para Metal 3/16 Oxido Negro Milwau	u	2,00	2,88	5,76
Remaches Aluminio 0,16 x 0,38 x 5/32 x 3/8 pulg	u	3,00	2,55	5,87
Vidrio de 3mm	m2	1,00	17,19	17,19
Medidores de Temperatura	u	2,00	10,00	20,00
Manguera Transparente lisa de 1m d=5/32 pulg	u	1,00	0,10	0,10
Silicona Abro Transparente	u	1,00	1,50	1,50
Cinta Adhesiva	u	1,00	6,50	6,50
Resistencias de 110 V	u	2,00	2,50	5,00
Enchufe de 110V	u	2,00	2,50	5,00
Terminales varios	u	4,00	0,25	1,00
Timer doble de 3 cables	u	4,00	1,61	6,44
Pintura Spray negra Alta Temperatura	u	1,00	5,13	5,13
Tubo PVC 3/4"	u	2,00	1,50	3,00
Codo PVC 3/4"	u	1,00	0,45	0,45
Neplo PVC 3/4"	u	1,00	0,35	0,35
Adaptador 3/4"	u	2,00	2,49	4,98
Teflón	u	2,00	0,35	0,70
Envudo	u	1,00	1,00	1,00
Sub-total 1 \$				330,66

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Tabla 5: Presupuesto de mano de obra utilizado en la construcción del modelo

Mano de obra	Unidad	Cantidad	Precio Unitario \$	Total \$
Bandejas	u	1,00	20,00	20,00
Alquiler de lancha	u	1,00	9,00	9,00
Transporte	u	1,00	30,00	30,00
Sub-total 2				59,00

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Tabla 6: Valor final de la construcción del modelo

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario \$	Total \$
Materiales	u	1,00	330,66	330,66
Mano de obra	u	1,00	59,00	59,00
TOTAL				389,66

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

El costo final del modelo fue de \$389.66, incluye materiales y mano de obra.

3.5 Muestreo de agua y medición de temperatura

Se realizó dos tomas de muestra de agua del Estero Salado cerca del muelle del Malecón del Salado, entre el puente el Velero en la Av. Barcelona y el puente 5 de junio en la Av. 9 de octubre, también se especifican las coordenadas vía satélite por Google Earth 2.187730°S 79.900100°W

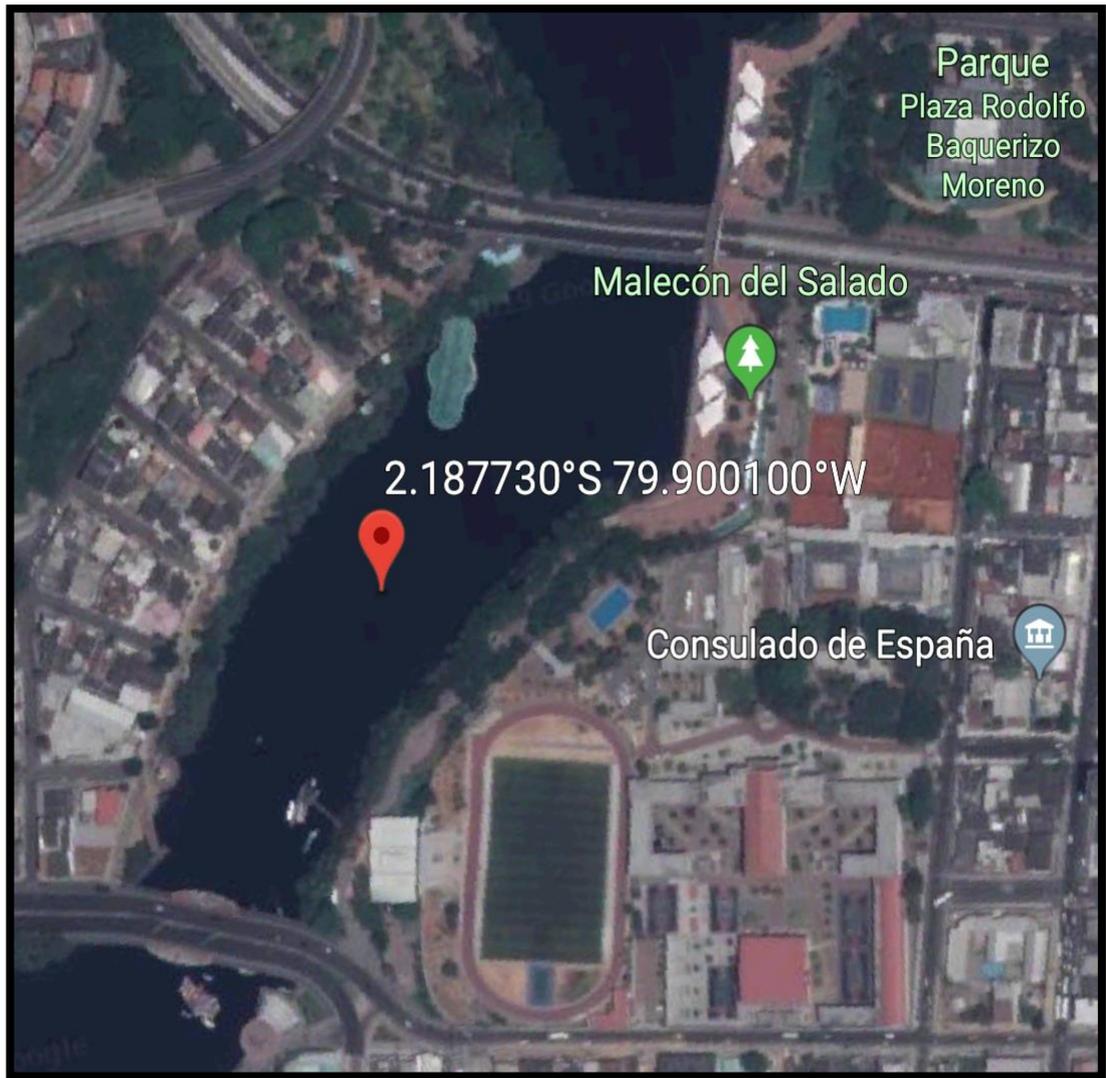


Ilustración 37: Vista satélite del punto de toma de muestra de agua del Estero Salado

Fuente: (Google Earth, 2019)

3.5.1 Procedimiento de muestreo de agua

El primer muestreo se hizo el día lunes 28 de enero del 2019 a las 10:30 am con una temperatura ambiente de 30 °C, y se procedió a llevar la muestra al Laboratorio Químico DEPROINSA, donde los parámetros a analizarse fueron: Salinidad, Sulfatos, Hierro, Manganeso, Mercurio, Níquel, Plomo, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno



Ilustración 38: Primera toma de muestra de agua del Estero Salado

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

El segundo muestreo se hizo el día 4 de febrero del 2019 a las 11.00 am con una temperatura ambiente de 29 °C, y se procedió a llevar la muestra al Laboratorio Químico de la ESPOL, donde los parámetros a analizarse fueron: Color, Turbiedad, Olor, pH, Cloruros, Nitritos, Nitratos, Coliformes fecales, Coliformes totales, Sólidos disueltos y Sólidos totales



Ilustración 42: Segunda toma de muestra de agua del Estero Salado

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

3.5.2 Parámetros de calidad de Agua del Estero Salado

A continuación, se muestra los resultados de análisis de calidad agua del Estero Salado sin tratar, receptado por el Laboratorio químico DEPROINSA y el Laboratorio químico de la ESPOL.

Tabla 7: Resultados obtenidos de la muestra de agua sin tratar del Estero Salado

Parámetros	Unidades	Muestra sin tratar	Normas de calidad del agua
Color	U Pt-Co	15,5	15 (1)
Olor	-	A sulfuros	No objetable (1)
Turbiedad	NTU	24	5 (1)
pH	U de pH	6,43	6 – 9 (2)
Cloruros	mg/L	7.990	250 (3)
Nitritos	mg/L	0,04	0,2 (1)
Nitratos	mg/L	2,8	50 (1)
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	4	20 (2)
Coliformes Totales	NMP/100 ml	2.300	200 (2)
Sólidos Disueltos	mg/L	13.700	500 (2)
Sólidos Totales	mg/L	20.400	1500 (4)
Salinidad (Conductividad)	%	11,66	
Sulfatos	mg/L	257,5	250 (2)
Hierro	mg/L	<0,050	0,3 (2)
Manganeso	mg/L	<0,010	0,4 (1)
Mercurio	mg/L	<0,005	0,006 (1)
Níquel	mg/L	<0,050	0,07 (1)
Plomo	mg/L	<0,050	0,05 (1)
DBO	mg/L	317,9	<2 (2)
DQO	mg/L	509	<4 (2)

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

- Notas: (1) NTE INEN 1108
 (2) Anexo 1 Tabla 2 del TULSMA
 (3) Anexo 1 Tabla 9 del TULSMA
 (4) CPE INEN 005:1992. Tabla 1

Como se puede observar en la Tabla anterior, los parámetros como: color, olor, turbiedad, cloruros, coliformes totales, sólidos disueltos, sólidos totales, salinidad, sulfatos, DBO y DQO de la muestra compuesta sin tratar, no cumplen con la Normativa aplicable, por tanto, se procede a utilizar el modelo purificador solar a una vertiente, con el fin de tomar datos a la salida del tratamiento y observar si este cumple con los límites de la Norma de calidad de agua.

3.5.3 Toma de datos de medición de Temperatura del modelo Purificador

Se realizaron las mediciones de temperatura por dos semanas, en la primera semana el sistema funcionó mediante la acción de la energía solar (Sin Resistencia) desde el día 21 hasta el 26 de enero, mientras que la segunda semana se dispuso activar las resistencias de 110 V (Con Resistencia) desde el día 28 de enero hasta de 2 de febrero del 2019, cabe mencionar que, durante las dos semanas de funcionamiento, el modelo trabajó 12 horas diarias desde las 07:00 a 19:00 horas, sin ninguna novedad al respecto.

En la primera semana de funcionamiento, se registró la medición de temperatura (Sin Resistencia) y el volumen recolectado de los siguientes días.

- 21 de enero de 2019 (Anexo 1)
- 22 de enero de 2019 (Anexo 2)
- 23 de enero de 2019 (Anexo 3)
- 24 de enero de 2019 (Anexo 4)
- 25 de enero de 2019 (Anexo 5)
- 26 de enero de 2019 (Anexo 6)

Tabla 8: Registro de medición de temperaturas de la primera semana (Sin Resistencia)

Temperaturas		SIN RESISTENCIA					
		21-ene	22-ene	23-ene	24-ene	25-ene	26-ene
		07:H00 - 19:H00					
T. Evap. Purificador (°C)	Máx	39 °C	37 °C	38 °C	38 °C	39 °C	37 °C
	Med	37 °C	33 °C	35 °C	35 °C	35 °C	31 °C
	Mín	30 °C	29 °C	30 °C	28 °C	27 °C	28 °C
T. Agua Bandeja (°C)	Máx	47 °C	42 °C	45 °C	44 °C	50 °C	40 °C
	Med	41 °C	40 °C	40 °C	39 °C	36 °C	37 °C
	Mín	27 °C	28 °C	28 °C	29 °C	27 °C	29 °C
T. Ambiente (°C)	Máx	32 °C	30 °C	32 °C	31 °C	31 °C	30 °C
	Med	30 °C	29 °C	30 °C	29 °C	30 °C	28 °C
	Mín	25 °C	25 °C	25 °C	26 °C	24 °C	25 °C

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Tabla 9: Volumen recolectado de la primera semana (Sin Resistencia)

Fecha	Horas	Volumen recolectado (Lt)
21/01/2019 - 22/01/2019	07:H00 a 07:H00	1,335
22/01/2019 - 23/01/2019	07:H00 a 07:H00	1,05
23/01/2019 - 24/01/2019	07:H00 a 07:H00	1,13
24/01/2019 - 25/01/2019	07:H00 a 07:H00	1,09
25/01/2019 - 26/01/2019	07:H00 a 07:H00	1,45
26/01/2019	07:H00 - 19:H00	0,885
TOTAL VOL. REC.		6,94

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Siendo el día 25 de enero, el de mayor volumen de agua recolectada de 1.45 litros por parte del modelo purificador. El volumen total recolectado de los 6 días es de 6.94 litros y el volumen promedio diarios es 1.16 litros

En la segunda semana de funcionamiento, se registró la medición de temperatura (Con Resistencia) y de volumen recolectado de los siguientes días.

- 28 de enero de 2019 (Anexo 7)
- 29 de enero de 2019 (Anexo 8)
- 30 de enero de 2019 (Anexo 9)
- 31 de enero de 2019 (Anexo 10)
- 01 de febrero de 2019 (Anexo 11)
- 02 de febrero de 2019 (Anexo 12)

Tabla 10: Registro de medición de temperaturas de la segunda semana (Con Resistencia)

Temperaturas		CON RESISTENCIA					
		28-ene	29-ene	30-ene	31-ene	1-feb	2-feb
		07:H00 - 19:H00					
T. Evap. Purificador (°C)	Máx	44 °C	50 °C	47 °C	44 °C	47 °C	50 °C
	Med	40 °C	43 °C	44 °C	40 °C	44 °C	41 °C
	Mín	25 °C	26 °C	36 °C	27 °C	25 °C	27 °C
T. Agua Bandeja (°C)	Máx	59 °C	61 °C	61 °C	56 °C	64 °C	67 °C
	Med	49 °C	56 °C	57 °C	54 °C	56 °C	58 °C
	Mín	27 °C	28 °C	29 °C	30 °C	28 °C	29 °C

Temperaturas		CON RESISTENCIA					
		28-ene	29-ene	30-ene	31-ene	1-feb	2-feb
		07:H00 - 19:H00					
T. Ambiente (°C)	Máx	30 °C	30 °C	30 °C	27 °C	30 °C	31 °C
	Med	27 °C	29 °C	29 °C	26 °C	28 °C	28 °C
	Mín	24 °C	24 °C	24 °C	24 °C	23 °C	25 °C

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Tabla 11: Volumen recolectado de la segunda semana (Con Resistencia)

Fecha	Horas	Volumen recolectado (Lt)
28/1/2019 - 29/01/2019	07:H00 a 07:H00	2,275
29/1/2019 - 30/01/2019	07:H00 a 07:H00	2,975
30/1/2019 - 31/01/2019	07:H00 a 07:H00	3,31
31/1/2019 - 01/02/2019	07:H00 a 07:H00	2,91
01/2/2019 - 02/02/2019	07:H00 a 07:H00	3,01
02/02/2019	07:H00 a 19:H00	3,64
TOTAL VOL. REC.		18,12

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Siendo el día 2 de febrero, el de mayor volumen de agua recolectada de 3.64 litros por parte del modelo purificador. El volumen total recolectado de los 6 días es de 18.11 litros, con un promedio de 3.02 litros diarios, lo que representa 1.86 litros más que el realizado sin resistencia.

Ahora teniendo en cuenta el rendimiento del sistema purificador solar a una vertiente, se hace la comparación de temperaturas sin resistencia vs temperaturas con resistencia y el volumen de agua recolectada.

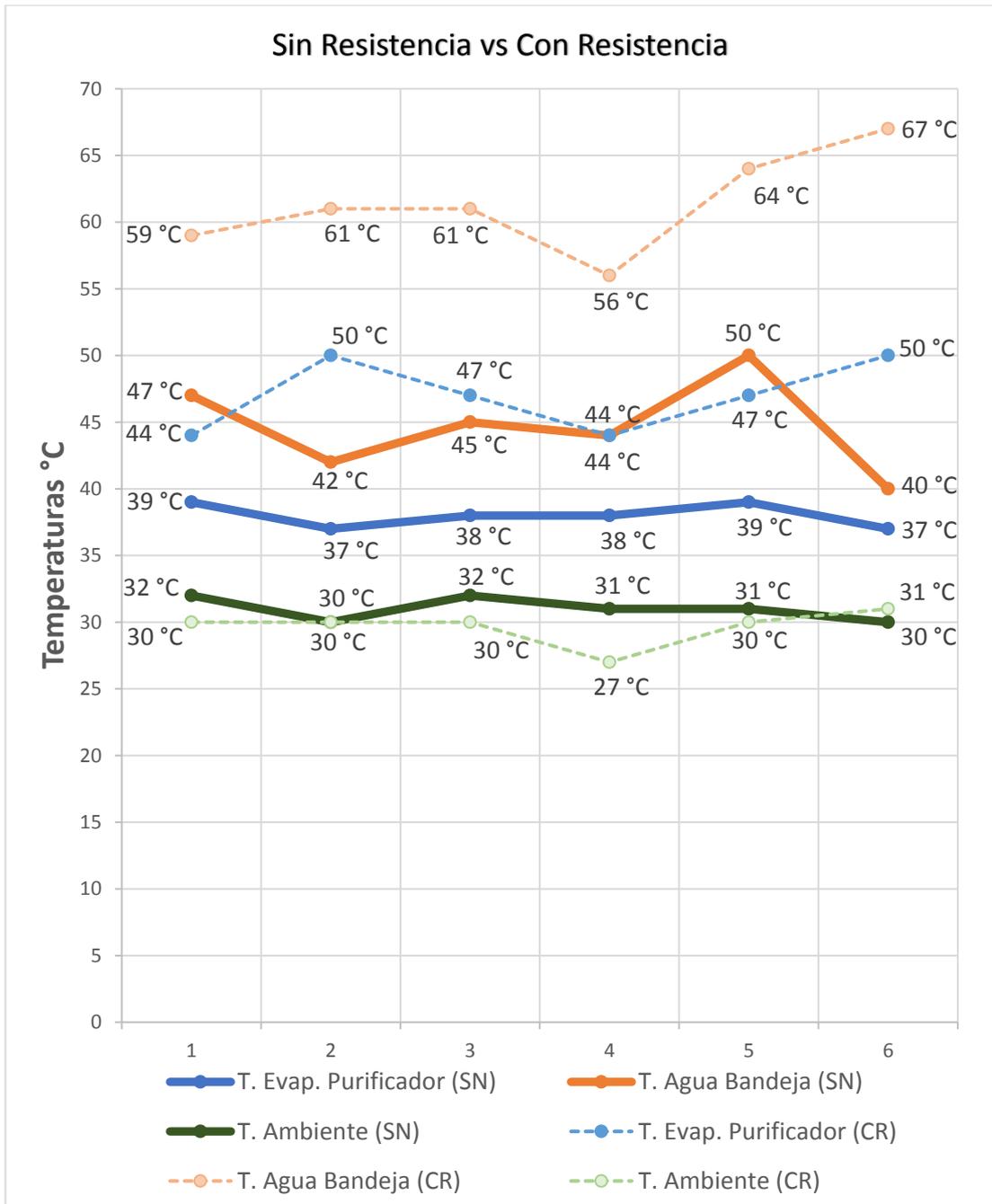


Ilustración 39: Gráfico de comparación de temperaturas Con Resistencias vs Sin Resistencia

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Notas: (SN)

Sin Resistencia

(CR)

Con Resistencia

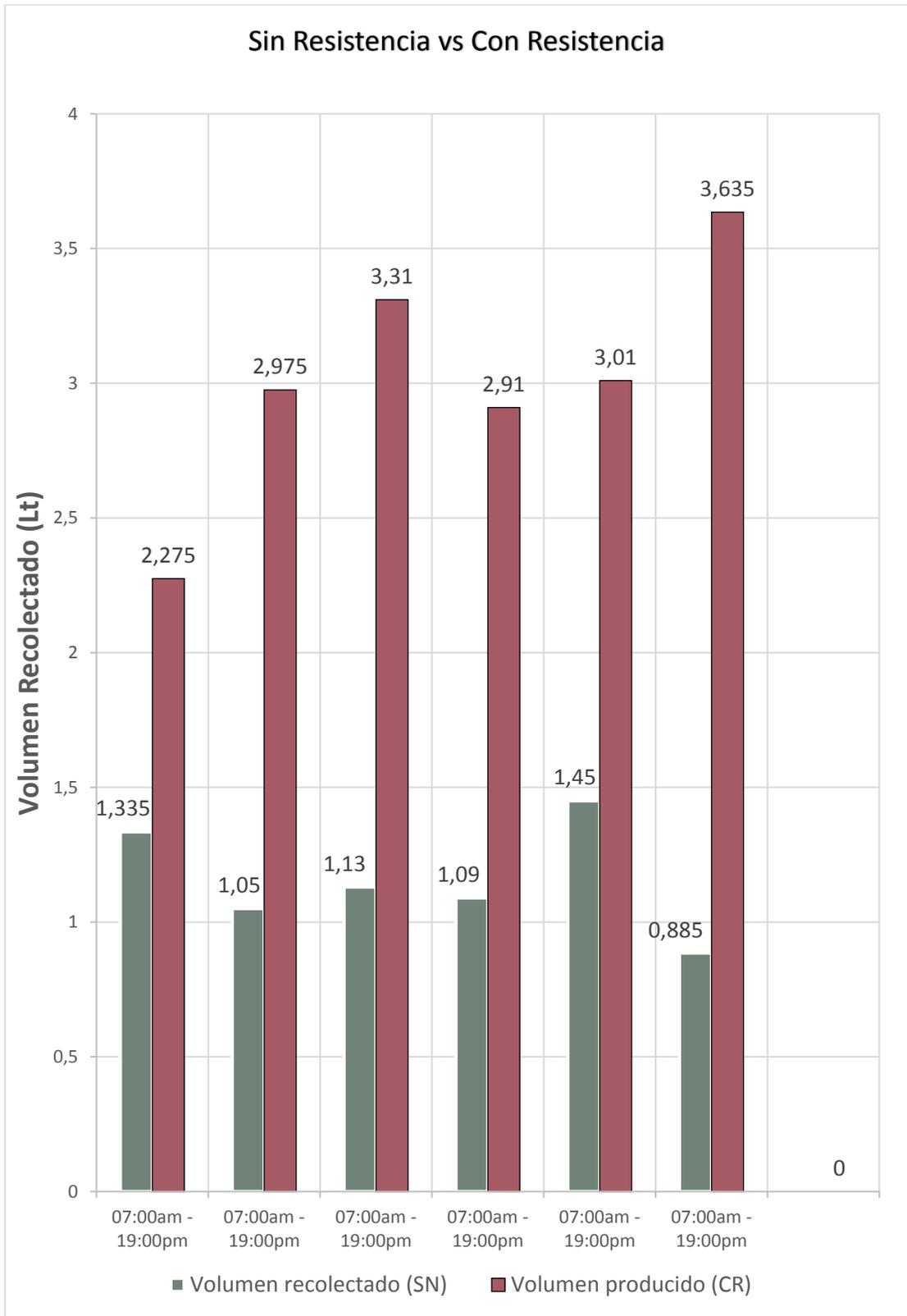


Ilustración 40: Comparación de volumen de agua recolectada Con Resistencias vs Sin Resistencia

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Se puede observar un aumento notable del volumen recolectado (260%), en la medición de temperatura con resistencia vs sin resistencia, cabe mencionar que la diferencia de temperatura depende de factores como el clima, puesto que el rendimiento en el uso de las resistencias como fuente alterna no se ve muy afectado por el cambio climático, en cambio el rendimiento sin uso de las resistencias se ve muy afectado en las temperaturas del modelo purificador.

Una vez obtenido el rendimiento del modelo purificador solar a una vertiente, se procede a comparar con el rendimiento del purificador solar a dos vertientes de la tesis de grado de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil de la facultad de Ingeniería Civil con el tema “análisis técnico y económico de un modelo tipo "mesa invernadero" para purificación de agua para ser utilizado en pequeñas comunidades que no tienen acceso al líquido vital”. (Moreno Gallegos, 2018)

Tabla 12: Comparación de purificador solar a una vertiente vs purificador solar a dos vertientes

Temperaturas °C	07:H00	07:H00	07:H00	07:H00	07:H00	07:H00
	-	-	-	-	-	-
	19:H00	19:H00	19:H00	19:H00	19:H00	19:H00
Purificador solar a dos vertientes						
T. Evap. Purificador (2 V)	36 °C	24 °C	39 °C	44 °C	42 °C	42 °C
T. Ambiente (2 V)	26 °C	22 °C	27 °C	26 °C	25 °C	25 °C
Vol. Recolectado (Lt) (2 V)	0,80	0,60	0,80	2,00	1,30	1,50
Purificador solar a una vertiente						
T. Evap. Purificador (1 V)	39 °C	37 °C	38 °C	38 °C	39 °C	37 °C
T. Ambiente (1 V)	32 °C	30 °C	32 °C	31 °C	31 °C	30 °C
Vol. Recolectado (Lt) (1 V)	1,335	1,05	1,13	1,09	1,45	0,885

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

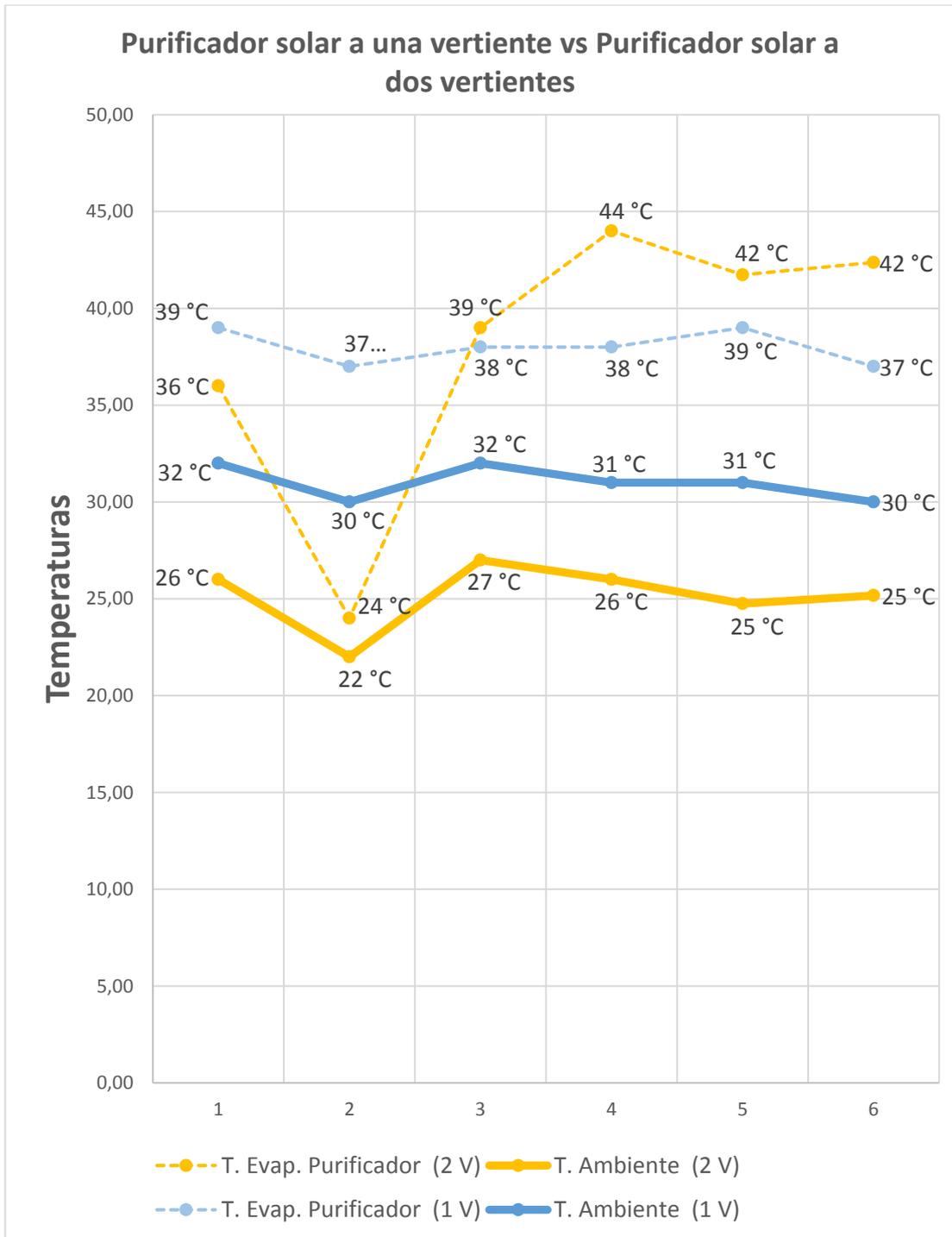


Ilustración 41: Gráfico de comparación de temperaturas del purificador solar a una vertiente vs purificador solar a dos vertientes

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Notas: (1V) Una Vertiente
 (2V) Dos vertientes

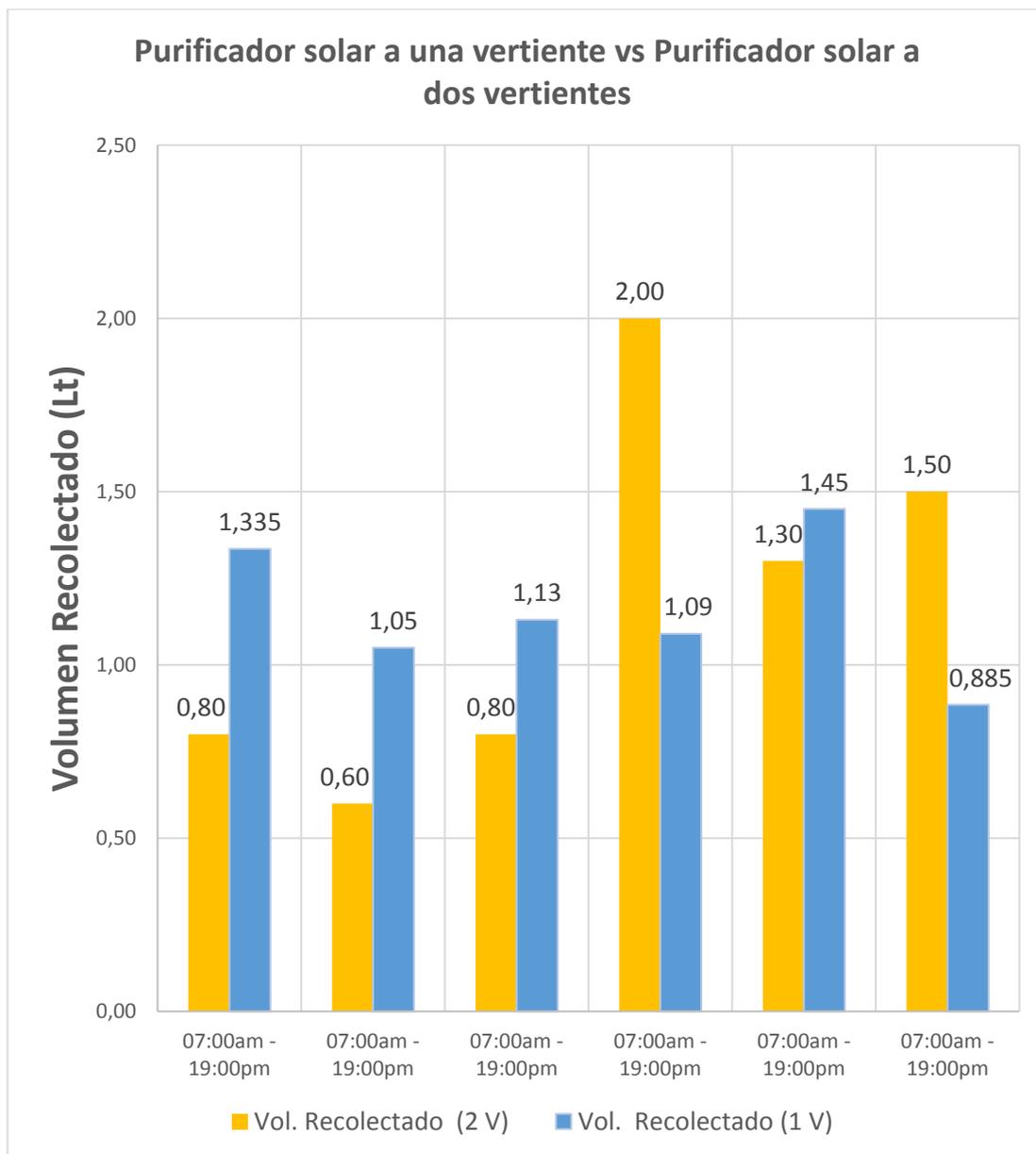


Ilustración 42: Comparación de volumen de agua recolectada del purificador solar a una vertiente vs purificador solar a dos vertientes

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Se puede observar que el rendimiento en la recolección del agua evaporada en ambos modelos es similar en los 6 días de funcionamiento, dado que el promedio de recolección del Modelo del Ing. Ronald Moreno (dos vertientes) fue de 1.17 Lt/día, mientras que del modelo a una vertiente fue de 1.16 Lt/día, Por tanto, se concluye que no se requiere construir un modelo a dos vertientes, el cual tiene un gasto mayor en su construcción, aun cuando su volumen interno es mayor, la recolección de agua tratada depende básicamente de la temperatura, proceso constructivo y de factores climáticos.

3.6 Análisis de resultados

3.6.1 Resultados de análisis de calidad de agua tratada de afluente y efluente de agua del Estero Salado

A continuación, se indicará los resultados del análisis de calidad de agua

Tabla 13: Resultados obtenidos de la muestra tratada del Estero Salado

Parámetros	Unidad	Muestra sin tratar	Muestra tratada	NTE INEN 1108	Anexo 1 Tabla 2 del TULSMA	Muestra de salida
Color	U Pt-Co	15,5	0,0	15	15	Cumple
Olor	-	A sulfuros	Sin Olor detectable	No objetable	No objetable	Cumple
Turbiedad	NTU	24	0,0	5	5	Cumple
pH	U de pH	6,43	6,23		6-9	Cumple
Cloruros	mg/L	7.990	8,6		250 (3)	Cumple
Nitritos	mg/L	0,04	0,007	0,2	0,2	Cumple
Nitratos	mg/L	2,8	0,8	50	50	Cumple
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	4	<2		20	Cumple
Coliformes Totales	NMP/100 ml	2.300	900		200	No Cumple
Sólidos Disueltos	mg/L	13.700	26,3		500	Cumple
Sólidos Totales	mg/L	20.400	30,2		1500 (4)	Cumple
Salinidad (Conductividad)	%	11,66	0,02			Cumple
Sulfatos	mg/L	257,5	<15		250	Cumple
Hierro	mg/L	<0,050	<0,050		0,3	Cumple
Manganeso	mg/L	<0,010	<0,010	0,4		Cumple
Mercurio	mg/L	<0,005	<0,005	0,006	0,006	Cumple
Níquel	mg/L	<0,050	<0,050	0,07		Cumple
Plomo	mg/L	<0,050	<0,050		0,05	Cumple
DBO	mg/L	317,9	2		<2	Cumple
DQO	mg/L	509	4		<4	Cumple

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Se puede observar del resultado de las tablas y comparando con la normativa para el agua potable (NTE INEN 1108, Tabla #2 y Tabla #9 Anexo 1 del TULSMA, y CPE INEN 005:1992. Tabla 9) que el de tratamiento de agua realizado mediante el sistema de purificación solar a una vertiente, todos los parámetros cumplen a excepción de coliformes totales, lo que se puede tratar fácilmente con hipoclorito de calcio en una concentración aproximada de 0.8 mg de cl/litro para descartar coliformes.

CAPÍTULO IV

4.1 CONCLUSIONES

- Se ha diseñado y construido el modelo experimental para la purificación de agua salada, aprovechando el uso de la energía solar y eléctrica (Fuente Alterna), cumpliendo con los objetivos de la presente investigación.
- Se ha determinado un mayor rendimiento del modelo experimental en el caso de uso de resistencias vs sin resistencias, donde la recolección de agua evaporada con el uso de resistencia en los seis días de rendimiento fue de 18.12 lt, siendo el promedio diario de recolección de 3.02 litros/día y sin el uso de resistencia, la recolección de agua evaporada de los seis días fue de 6.94 lt, siendo el promedio diario de 1.16 lt/día.
- Se determina que el modelo estudiado a una vertiente vs purificador solar a dos vertientes de la tesis de investigación del Ing Ronald Moreno, los resultados fueron muy similares en la recolección del agua evaporada a los seis días de operación, con 1.17 lt/día vs 1.16 lt/día, respectivamente, lo que implica que el rendimiento no depende del volumen del modelo sino de la temperatura, factores climáticos y del proceso constructivo (precisión en el ensamblaje). Adicionalmente es de anotar que la radiación tomada durante la ejecución de este Modelo fue de 9.67 UV, mientras que en los días que se realizó el tratamiento con el otro Modelo fue de 9.4 UV.
- Cabe destacar que el rendimiento entre ambos modelos, su funcionamiento con respecto al clima fue muy diferente, puesto que el modelo purificador propuesto a una vertiente se ejecutó en época lluviosa (nubosidad) del 21 hasta el 26 de enero con temperaturas ambiente máxima de 32 °C, y en el purificador solar a dos vertientes, se ejecutó en época seca aprovechando al máximo la acción de la energía solar del 18 hasta el 23 de agosto con temperaturas ambiente máxima de 26 °C.
- Una vez comparado el rendimiento de los seis días de operación en ambos modelos, se concluye que no se requiere de un gran volumen, ni un alto costo de construcción.
- Se puede concluir de los resultados del agua tratada, que todos los parámetros cumplen a excepción de coliformes totales, lo cual se puede tratar fácilmente con hipoclorito de calcio para que sea apta para el consumo humano.

- El costo de la energía eléctrica con el uso de las resistencias es de 1\$/día operando 12 horas diarias.

4.2 RECOMENDACIONES

- En la parte constructiva de las bandejas de acero inoxidable se recomienda que, los cortes deben tener buena precisión y doblados correctos, para así evitar problemas de que no encaje bien y así mismo, que no exista filtraciones de agua y pérdida de calor, debido a que afecta a la producción de agua evaporada.
- El modelo debe ser ubicado en una superficie nivelada.
- El prototipo experimental debe estar ubicado en un sentido de que la mayor parte de la acción de la energía solar, sea absorbida por el modelo purificador y así poder experimentar si la producción del agua aumenta considerablemente o no.
- Se recomienda realizar un correcto sellado hermético.
- Para la recolección de muestras, se debe tener en cuenta que no puede haber alteraciones químicas y, por tanto, se recomienda usar los materiales correctos.

REFERENCIAS

- Acosta, C., & Quiroz, J. (2016). Diseño y Construcción de un Desalinizador Híbrido. *Tesis de Grado*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Analitek. (15 de Diciembre de 2016). *Blog Analitek*. Obtenido de <http://blog.analitek.com/analisis-termico-en-que-consiste-y-cuales-son-sus-aplicaciones>
- Condorchem Envitech. (01 de Marzo de 2012). *Blog Condorchem*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2018, de <https://blog.condorchem.com/tag/multiple-efecto/>
- Conelec. (2011). *Soluciones Ambientales Totales*. Guayaquil: Sambito.
- Duffie, J., & Beckman, W. (1974). *Solar Energy Thermal Processes*. Wiley.
- Energía Solar. (09 de Noviembre de 2016). Recuperado el 21 de Noviembre de 2018, de <https://solar-energia.net/definiciones/temperatura.html>
- Energía Solar. (09 de Noviembre de 2016). *Energía Solar*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2018, de <https://solar-energia.net/definiciones/temperatura.html>
- Energía Solar. (13 de Abril de 2017). *Energía Solar*. Obtenido de <https://solar-energia.net/definiciones/radiacion-solar.html>
- Energizar, F. (2017). *Energizar*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2018, de http://www.energizar.org.ar/energizar_desarrollo_tecnologico_destilador_solar_que_es.html
- Foro nuclear . (22 de Junio de 2010). *Foro de la Industria Nuclear Española*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2018, de <https://www.foronuclear.org/es/energia-nuclear/faqs-sobre-energia/capitulo-1/115492-ique-es-la-energia>
- Guaña, V. H., & Moncayo, P. F. (2015). *EVALUACION Y COMPARACION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE*

CONVENCIONAL CON UNA PLANTA DE POTABILIZACION POR HIDROXIGENACION IONICA , EN CALIDAD DE AGUA, FUNCIONAMIENTO Y COSTOS EN EL SISTEMA DE AGUA SEGURA AYAMPE-PTO. LOPEZ-MACHALILLIA. Escuela Politecnica nacional, Quito.

Hermosillo Villalobos, J. J. (2001). Agua potable para microcomunidades con energía solar . *Revista Renglones*, 85-91.

Hernández, P. J. (08 de Marzo de 2014). *Pedro J Hernández*. Recuperado el 04 de Diciembre de 2018, de <https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>

Huezo, F., & Morán, J. (2012). DISEÑO, CONSTRUCCION Y VALIDACIÓN DE UN DESTILADOR SOLAR PARA USO EN LOS LABORATORIOS DE LA PLANTA PILOTO DE LA ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA. (*Tesis de Grado*). Universidad del Salvador, Salvador. Obtenido de 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

Incropera. (2000). *Fundamentos de transferencia de calor*. México.

Incropera Frank P, & De witt David P. (2007). *Fundamentos de transferencia de calor*. México.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA - INAMHI . (2010). *Anuario meteorológico 2010*. Quito: SIGIHM.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA - INAMHI . (2011). *Anuario meteorológico 2011*. Quito : SIGIHM.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA - INAMHI . (2012). *Anuario Meteorológico 2012*. Quito : SIGIHM.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA - INAMHI .
(2013). *Anuario Meteorológico 2013*. Quito: SIGIHM.

Moreno Gallegos, R. A. (2018). ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UN MODELO TIPO MESA INVERNADERO PARA PURIFICACION DE AGUA PARA SER UTILIZADO EN PEQUEÑAS COMUNIDADES QUE NO TIENEN ACCESO AL LIQUIDO VITAL. *Tesis de Grado*. Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Naciones Unidas. (2017). *Naciones Unidas*. Recuperado el 2018, de <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>

Naturaleza Paradais Sphynx. (23 de Marzo de 2017). Obtenido de <https://naturaleza.paradais-sphynx.com/hidrosfera/agua-de-los-oceanos.htm>

NTE INEN 1108. (2011). *Norma Técnica Ecuatoriana*. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito. Obtenido de <https://bibliotecapromocion.msp.gob.ec/greenstone/collect/promocin/index/assoc/HASH01a4.dir/doc.pdf>

NTE INEN 1108. (2013). *Norma Técnica Ecuatoriana*. Instituto Ecuatoriano de Normalización , Quito - Ecuador. Recuperado el 15 de Noviembre de 2018, de <http://sut.trabajo.gob.ec/publico/Normativa%20T%C3%A9cnica%20INEN/NTE-INEN-1882%20-%20AGUA.%20DEFINICIONES.pdf>

Peña, E. (20 de Junio de 2003). Recuperado el 17 de Diciembre de 2018, de <https://slideplayer.es/slide/3343407/>

Perlman, H. (10 de Abril de 2018). *USGS Science for a changing world*. Obtenido de <https://water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html>

Portal Educativo. (2012). Obtenido de <https://www.portaleducativo.net/quinto-basico/106/Tipos-de-energia>

Rico, J., & Cruz de Andrés García, M. (1988). *Energía Solar*.

- Rodríguez Leiva, R. R. (2008). *Diseño y construcción de un destilador solar de aguas residuales para el laboratorio de energías renovables-DECEM*,. Ecuador.
- Rodriguez Restrepo, I. (14 de Octubre de 2016). Recuperado el 03 de Diciembre de 2018, de https://prezi.com/h3gwagb_2iuf/plantas-de-tratamiento-de-agua-potable-convencionales/
- Rodríguez, M. (2012). *Monografias.com*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos84/tipos-energia/tipos-energia.shtml>
- Sitio Solar. (2013). Recuperado el 16 de Noviembre de 2018, de <http://www.sitiosolar.com/los-destiladores-solares/>
- Suarez, M. (14 de Octubre de 2014). *Prezi*. Obtenido de <https://prezi.com/jymnivwknib/brillo-solar-y-evaporacion/>
- Tipos de Energía. (18 de Agosto de 2012). *Articulos generales sobre Energía*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2018, de <https://tiposdeenergia.info/tipos-de-energia/>
- Weather Atlas. (2002). *Weather Atlas*. Recuperado el 28 de Diciembre de 2018, de <https://www.weather-atlas.com/es/ecuador/guayaquil-clima>
- Wikipedia. (22 de Octubre de 2018). *Wikipedia*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93smosis_inversa

Anexo 1. Formato de registro de medición de temperatura

Registro de Mediciones de Temperaturas Sin Resistencia			
Fecha: _____			
Hora	T. Evaporación Purificador (°C)	T. Agua de Bandeja(°C)	T. Ambiente (°C)
7:00			
8:00			
9:00			
10:00			
11:00			
12:00			
13:00			
14:00			
15:00			
16:00			
17:00			
18:00			
19:00			
_____ Responsable			

88

Tabla 14: Mediciones de temperaturas

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 2. Registro de temperatura del día 21 de enero del 2019

Registro de Mediciones de Temperaturas Sin Resistencia			
Fecha: 21/01/2019			
Hora	T. Evaporación Purificador (°C)	T. Agua de Bandeja(°C)	T. Ambiente (°C)
7:00	31 °C	27 °C	25 °C
8:00	32 °C	29 °C	26 °C
9:00	35 °C	30 °C	28 °C
10:00	38 °C	32 °C	29 °C
11:00	38 °C	36 °C	30 °C
12:00	38 °C	39 °C	31 °C
13:00	39 °C	45 °C	31 °C
14:00	37 °C	47 °C	31 °C
15:00	39 °C	47 °C	31 °C
16:00	37 °C	47 °C	32 °C
17:00	33 °C	46 °C	32 °C
18:00	31 °C	44 °C	30 °C
19:00	30 °C	41 °C	30 °C
<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> Responsable			

Tabla 15: Registro de temperatura del día 21 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 3. Registro de temperatura del día 22 de enero del 2019

Registro de Mediciones de Temperaturas Sin Resistencia			
Fecha: 22/01/2019			
Hora	T. Evaporación Purificador (°C)	T. Agua de Bandeja(°C)	T. Ambiente (°C)
7:00	29 °C	28 °C	25 °C
8:00	29 °C	29 °C	25 °C
9:00	33 °C	31 °C	26 °C
10:00	32 °C	33 °C	28 °C
11:00	33 °C	34 °C	29 °C
12:00	37 °C	36 °C	30 °C
13:00	37 °C	40 °C	29 °C
14:00	36 °C	41 °C	30 °C
15:00	35 °C	41 °C	29 °C
16:00	35 °C	40 °C	28 °C
17:00	34 °C	41 °C	30 °C
18:00	30 °C	42 °C	29 °C
19:00	30 °C	40 °C	29 °C
<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> Responsable			

Tabla 16: Registro de temperatura del día 22 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 4. Registro de temperatura del día 23 de enero del 2019

89

Registro de Mediciones de Temperaturas Sin Resistencia			
Fecha: 23/01/2019			
Hora	T. Evaporación Purificador (°C)	T. Agua de Bandeja(°C)	T. Ambiente (°C)
7:00	30 °C	28 °C	25 °C
8:00	31 °C	30 °C	25 °C
9:00	31 °C	30 °C	26 °C
10:00	35 °C	33 °C	27 °C
11:00	36 °C	36 °C	29 °C
12:00	38 °C	38 °C	29 °C
13:00	37 °C	43 °C	32 °C
14:00	38 °C	40 °C	32 °C
15:00	36 °C	40 °C	31 °C
16:00	37 °C	45 °C	32 °C
17:00	34 °C	44 °C	31 °C
18:00	32 °C	42 °C	31 °C
19:00	31 °C	41 °C	30 °C
<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> Responsable			

Tabla 17: Registro de temperatura del día 23 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 5. Registro de temperatura del día 24 de enero del 2019

06

Registro de Mediciones de Temperaturas Sin Resistencia			
Fecha: 24/01/2019			
Hora	T. Evaporación Purificador (°C)	T. Agua de Bandeja(°C)	T. Ambiente (°C)
7:00	29 °C	29 °C	26 °C
8:00	29 °C	29 °C	26 °C
9:00	32 °C	30 °C	28 °C
10:00	32 °C	32 °C	28 °C
11:00	38 °C	36 °C	29 °C
12:00	37 °C	39 °C	30 °C
13:00	38 °C	40 °C	30 °C
14:00	38 °C	42 °C	30 °C
15:00	36 °C	44 °C	29 °C
16:00	35 °C	44 °C	29 °C
17:00	36 °C	44 °C	31 °C
18:00	28 °C	40 °C	28 °C
19:00	28 °C	37 °C	28 °C
<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> Responsable			

Tabla 18: Registro de temperatura del día 24 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 6. Registro de temperatura del día 25 de enero del 2019

Registro de Mediciones de Temperaturas Sin Resistencia			
Fecha: 25/01/2019			
Hora	T. Evaporación Purificador (°C)	T. Agua de Bandeja(°C)	T. Ambiente (°C)
7:00	27 °C	27 °C	24 °C
8:00	27 °C	28 °C	25 °C
9:00	31 °C	29 °C	26 °C
10:00	34 °C	32 °C	26 °C
11:00	36 °C	35 °C	31 °C
12:00	39 °C	36 °C	31 °C
13:00	39 °C	35 °C	31 °C
14:00	35 °C	39 °C	29 °C
15:00	37 °C	44 °C	31 °C
16:00	39 °C	50 °C	30 °C
17:00	35 °C	49 °C	30 °C
18:00	33 °C	47 °C	31 °C
19:00	31 °C	45 °C	30 °C
<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> Responsable			

91

Tabla 19: Registro de temperatura del día 25 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 7. Registro de temperatura del día 26 de enero del 2019

Registro de Mediciones de Temperaturas Sin Resistencia			
Fecha: 26/01/2019			
Hora	T. Evaporación Purificador (°C)	T. Agua de Bandeja(°C)	T. Ambiente (°C)
7:00	28 °C	29 °C	25 °C
8:00	30 °C	30 °C	26 °C
9:00	32 °C	31 °C	27 °C
10:00	30 °C	31 °C	28 °C
11:00	32 °C	33 °C	28 °C
12:00	32 °C	34 °C	28 °C
13:00	37 °C	37 °C	28 °C
14:00	36 °C	39 °C	29 °C
15:00	34 °C	39 °C	30 °C
16:00	31 °C	39 °C	30 °C
17:00	30 °C	39 °C	29 °C
18:00	30 °C	40 °C	29 °C
19:00	29 °C	38 °C	28 °C
<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> Responsable			

92

Tabla 20: Registro de temperatura del día 26 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 8. Registro de temperatura del día 28 de enero del 2019

Registro de Mediciones de Temperaturas Con Resistencia			
Fecha: 28/01/2019			
Hora	T. Evaporación Purificador (°C)	T. Agua de Bandeja(°C)	T. Ambiente (°C)
7:00	25 °C	27 °C	25 °C
8:00	27 °C	31 °C	24 °C
9:00	30 °C	36 °C	24 °C
10:00	39 °C	39 °C	24 °C
11:00	40 °C	43 °C	25 °C
12:00	42 °C	47 °C	25 °C
13:00	43 °C	51 °C	30 °C
14:00	42 °C	52 °C	30 °C
15:00	44 °C	49 °C	30 °C
16:00	43 °C	59 °C	28 °C
17:00	41 °C	57 °C	28 °C
18:00	39 °C	56 °C	28 °C
19:00	38 °C	55 °C	27 °C
<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> Responsable			

93

Tabla 21: Registro de temperatura del día 28 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 9. Registro de temperatura del día 29 de enero del 2019

Registro de Mediciones de Temperaturas Con Resistencia			
Fecha: 29/01/2019			
Hora	T. Evaporación Purificador (°C)	T. Agua de Bandeja(°C)	T. Ambiente (°C)
7:00	26 °C	28 °C	24 °C
8:00	28 °C	35 °C	24 °C
9:00	33 °C	41 °C	25 °C
10:00	37 °C	47 °C	26 °C
11:00	45 °C	38 °C	29 °C
12:00	42 °C	55 °C	29 °C
13:00	45 °C	57 °C	29 °C
14:00	46 °C	58 °C	30 °C
15:00	50 °C	56 °C	27 °C
16:00	44 °C	61 °C	29 °C
17:00	43 °C	60 °C	26 °C
18:00	43 °C	60 °C	30 °C
19:00	41 °C	58 °C	29 °C
<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> Responsable			

Tabla 22: Registro de temperatura del día 29 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 10. Registro de temperatura del día 30 de enero del 2019

96

Registro de Mediciones de Temperaturas Con Resistencia			
Fecha: 30/01/2019			
Hora	T. Evaporación Purificador (°C)	T. Agua de Bandeja(°C)	T. Ambiente (°C)
7:00	36 °C	29 °C	24 °C
8:00	39 °C	35 °C	24 °C
9:00	39 °C	39 °C	24 °C
10:00	41 °C	44 °C	24 °C
11:00	46 °C	50 °C	27 °C
12:00	44 °C	55 °C	27 °C
13:00	46 °C	60 °C	29 °C
14:00	45 °C	61 °C	29 °C
15:00	44 °C	61 °C	29 °C
16:00	45 °C	61 °C	29 °C
17:00	44 °C	61 °C	29 °C
18:00	47 °C	57 °C	30 °C
19:00	43 °C	57 °C	29 °C
<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> Responsable			

Tabla 23: Registro de temperatura del día 30 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 11. Registro de temperatura del día 31 de enero del 2019

Registro de Mediciones de Temperaturas Con Resistencia			
Fecha: 31/01/2019			
Hora	T. Evaporación Purificador (°C)	T. Agua de Bandeja(°C)	T. Ambiente (°C)
7:00	27 °C	30 °C	24 °C
8:00	28 °C	37 °C	25 °C
9:00	31 °C	42 °C	27 °C
10:00	33 °C	47 °C	27 °C
11:00	43 °C	51 °C	26 °C
12:00	40 °C	52 °C	27 °C
13:00	43 °C	55 °C	26 °C
14:00	44 °C	56 °C	27 °C
15:00	39 °C	56 °C	27 °C
16:00	40 °C	56 °C	26 °C
17:00	39 °C	56 °C	26 °C
18:00	40 °C	54 °C	24 °C
19:00	40 °C	54 °C	24 °C
<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> Responsable			

Tabla 24: Registro de temperatura del día 31 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 12. Registro de temperatura del día 01 de febrero del 2019

Registro de Mediciones de Temperaturas Con Resistencia			
Fecha: 01/02/2019			
Hora	T. Evaporación Purificador (°C)	T. Agua de Bandeja(°C)	T. Ambiente (°C)
7:00	25 °C	28 °C	23 °C
8:00	27 °C	33 °C	23 °C
9:00	28 °C	37 °C	23 °C
10:00	35 °C	44 °C	25 °C
11:00	46 °C	53 °C	28 °C
12:00	44 °C	54 °C	28 °C
13:00	43 °C	56 °C	28 °C
14:00	45 °C	58 °C	28 °C
15:00	47 °C	59 °C	29 °C
16:00	47 °C	61 °C	29 °C
17:00	47 °C	64 °C	28 °C
18:00	45 °C	64 °C	30 °C
19:00	43 °C	61 °C	30 °C
<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> Responsable			

Tabla 25: Registro de temperatura del día 01 de febrero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 13. Registro de temperatura del día 02 de febrero del 2019

Registro de Mediciones de Temperaturas Con Resistencia			
Fecha: 02/02/2019			
Hora	T. Evaporación Purificador (°C)	T. Agua de Bandeja(°C)	T. Ambiente (°C)
7:00	27 °C	29 °C	25 °C
8:00	28 °C	37 °C	26 °C
9:00	32 °C	42 °C	26 °C
10:00	38 °C	47 °C	27 °C
11:00	48 °C	57 °C	28 °C
12:00	50 °C	60 °C	29 °C
13:00	50 °C	67 °C	30 °C
14:00	47 °C	66 °C	31 °C
15:00	49 °C	66 °C	31 °C
16:00	42 °C	64 °C	31 °C
17:00	41 °C	60 °C	30 °C
18:00	40 °C	58 °C	28 °C
19:00	41 °C	56 °C	28 °C
<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> Responsable			

Tabla 26: Registro de temperatura del día 02 de febrero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 14. Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 21 de enero del 2019

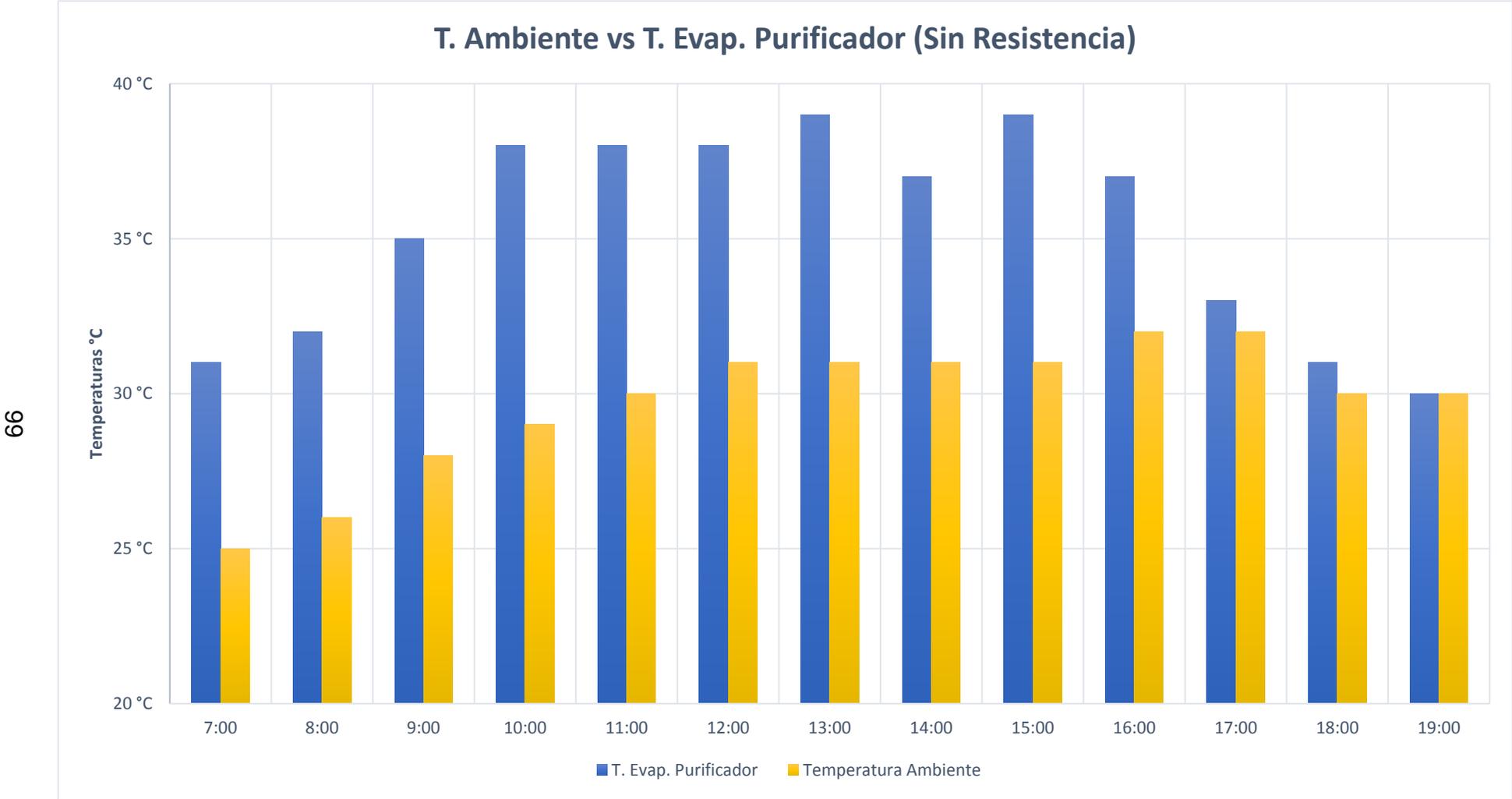


Ilustración 43: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 21 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 15. Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 22 de enero del 2019

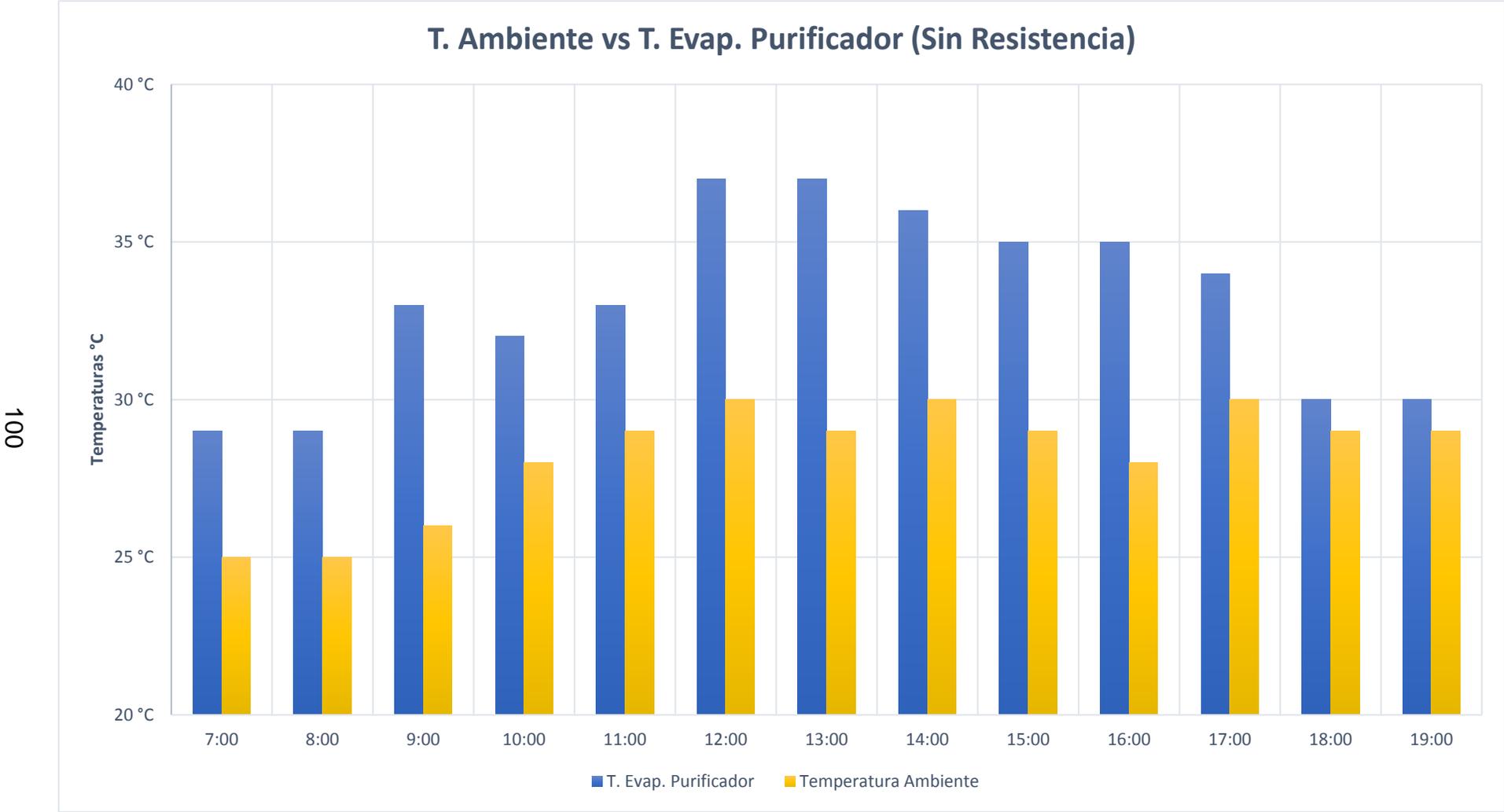


Ilustración 44: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 22 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 16. Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 23 de enero del 2019

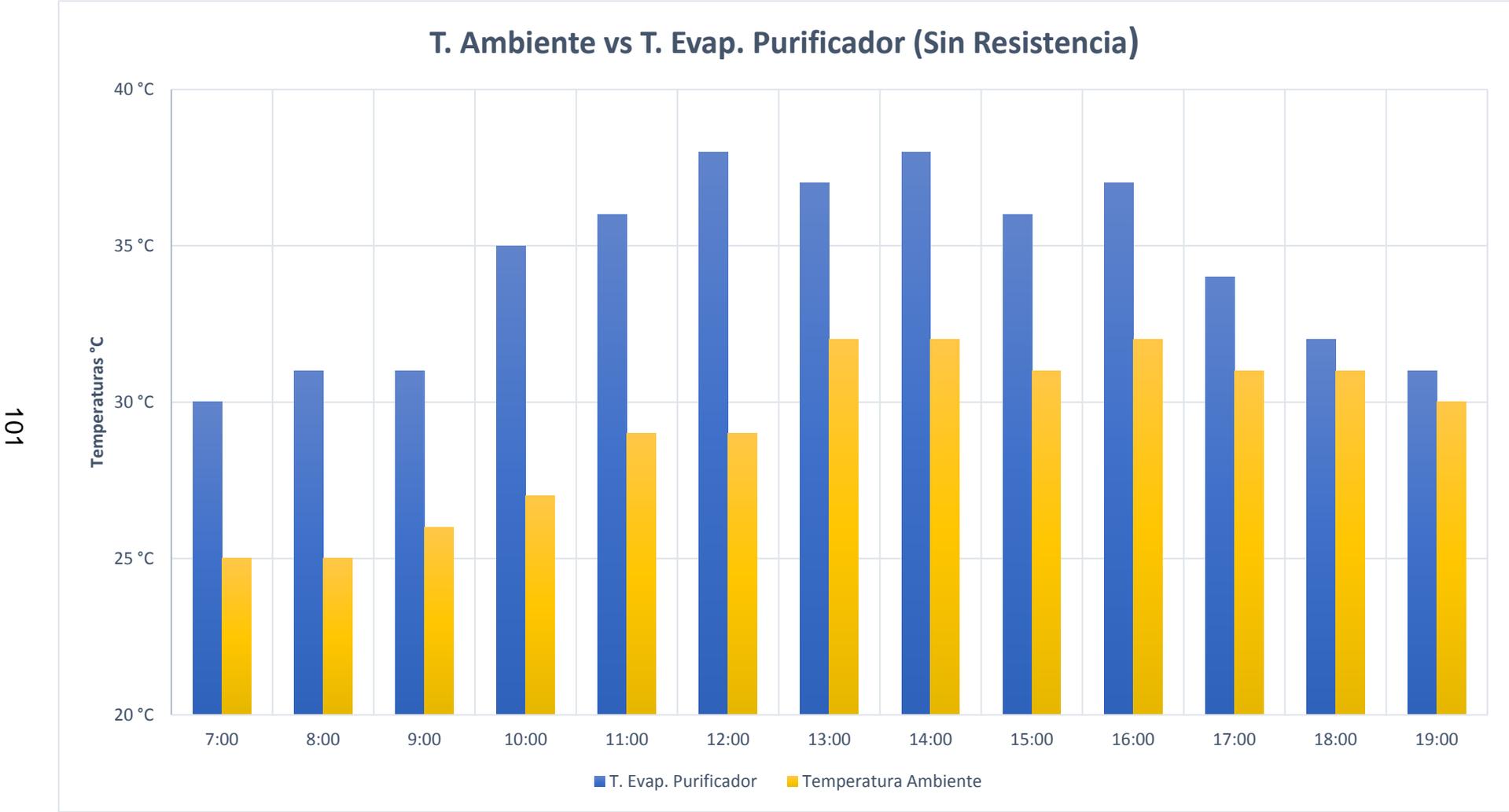


Ilustración 45: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 23 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 17. Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 24 de enero del 2019

102

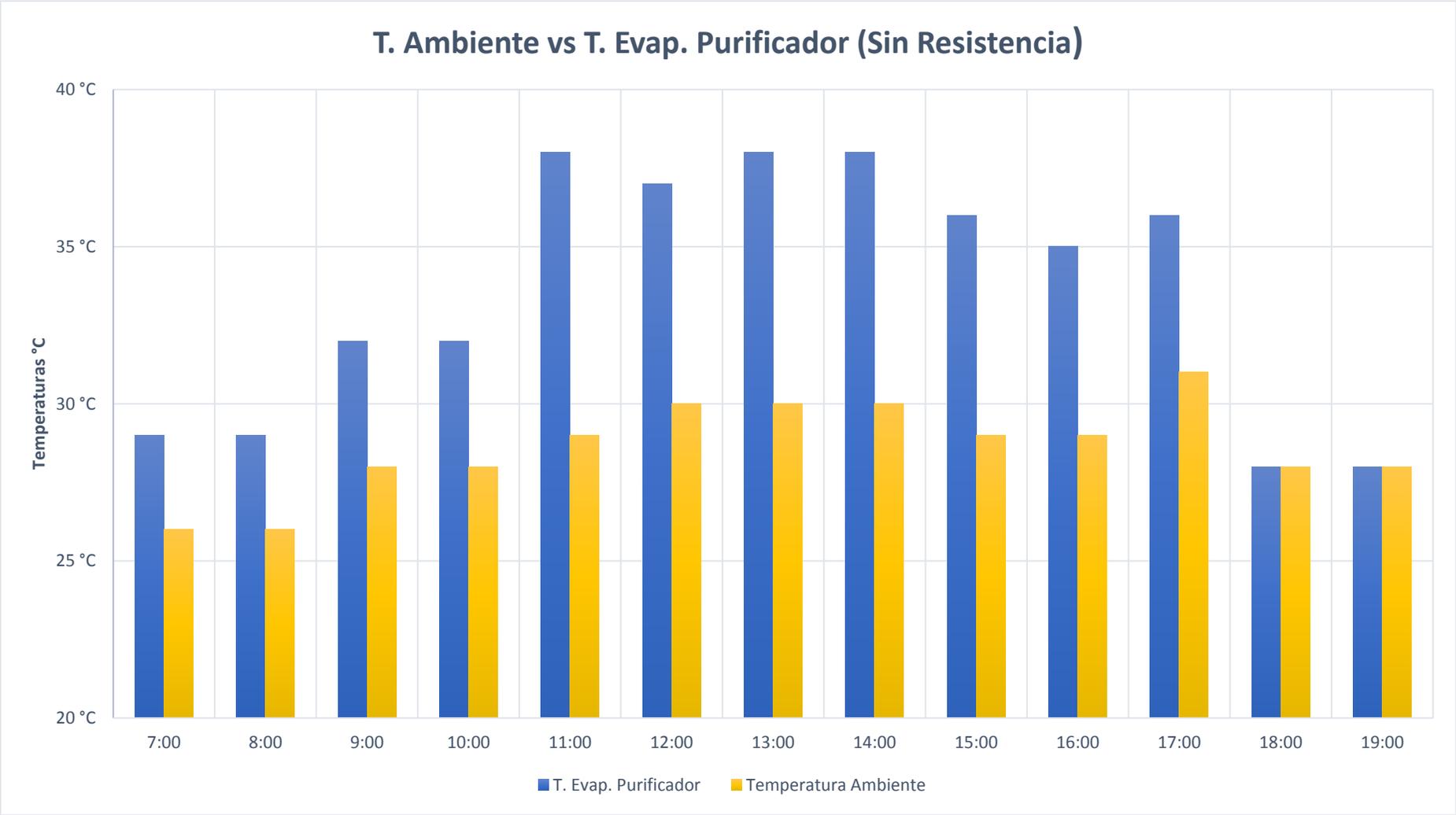


Ilustración 46: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 24 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 18. Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 25 de enero del 2019

103

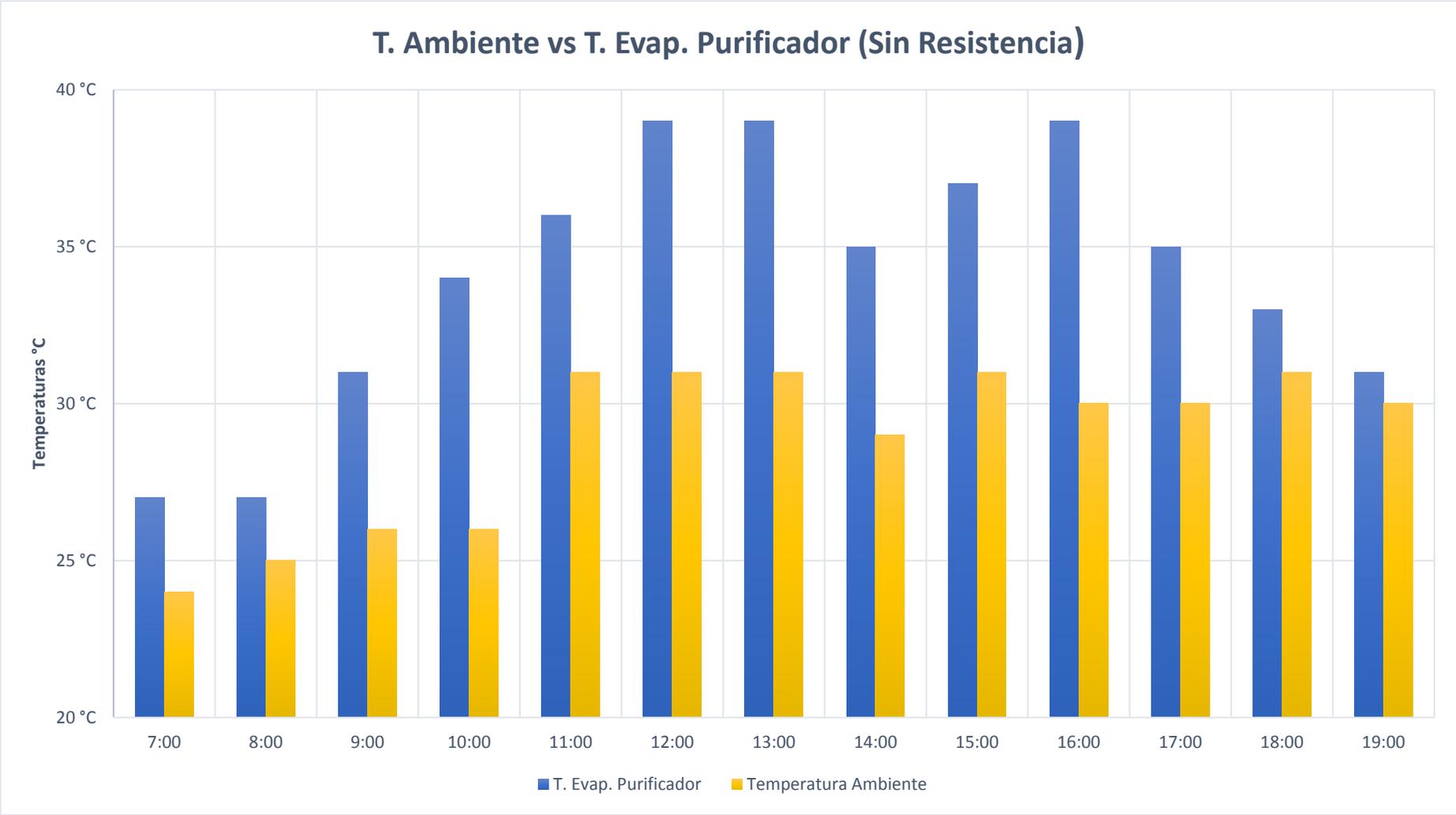


Ilustración 47: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 25 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 19. Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 26 de enero del 2019

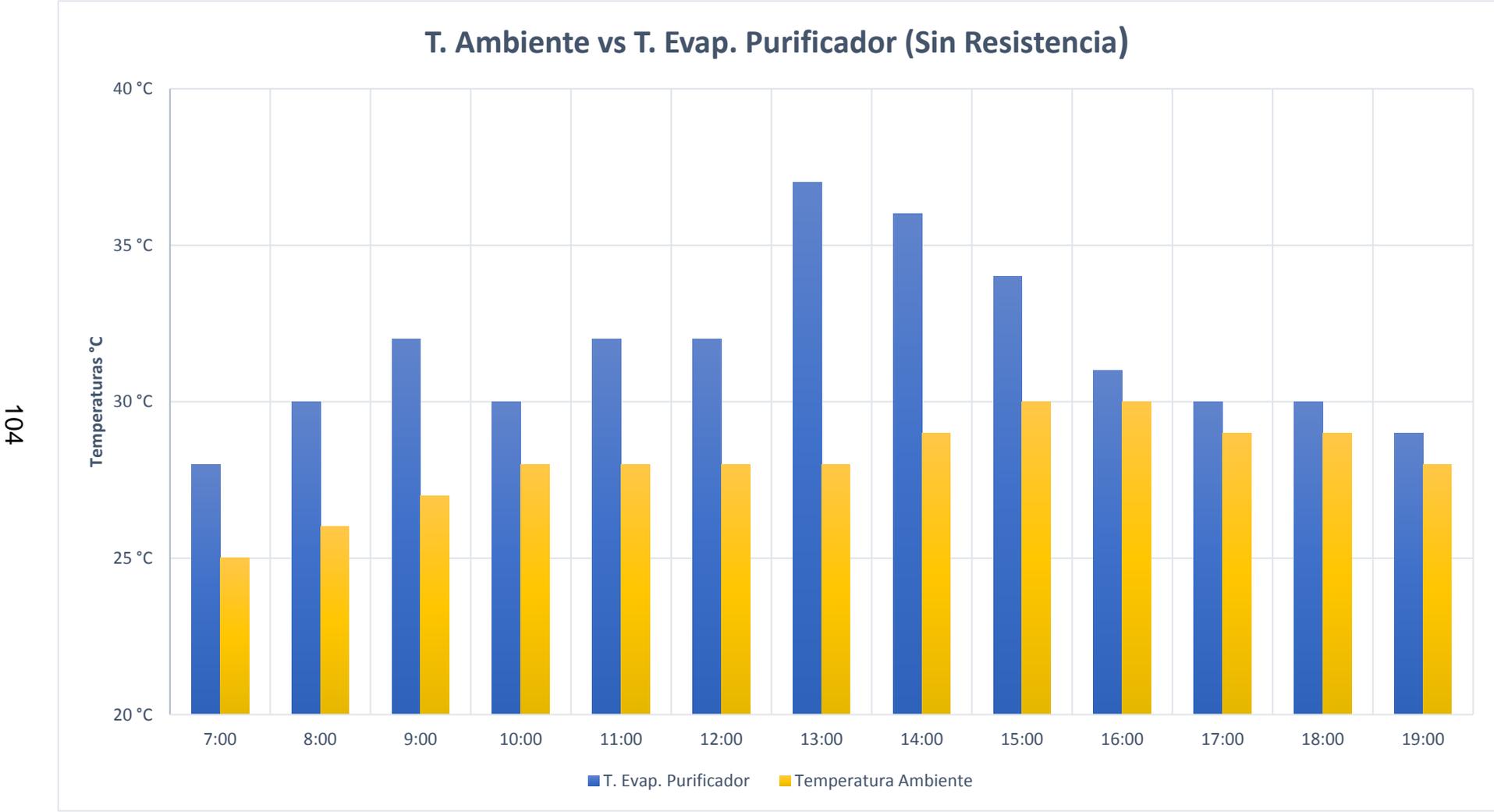


Ilustración 48: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 26 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 20. Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 28 de enero del 2019

105

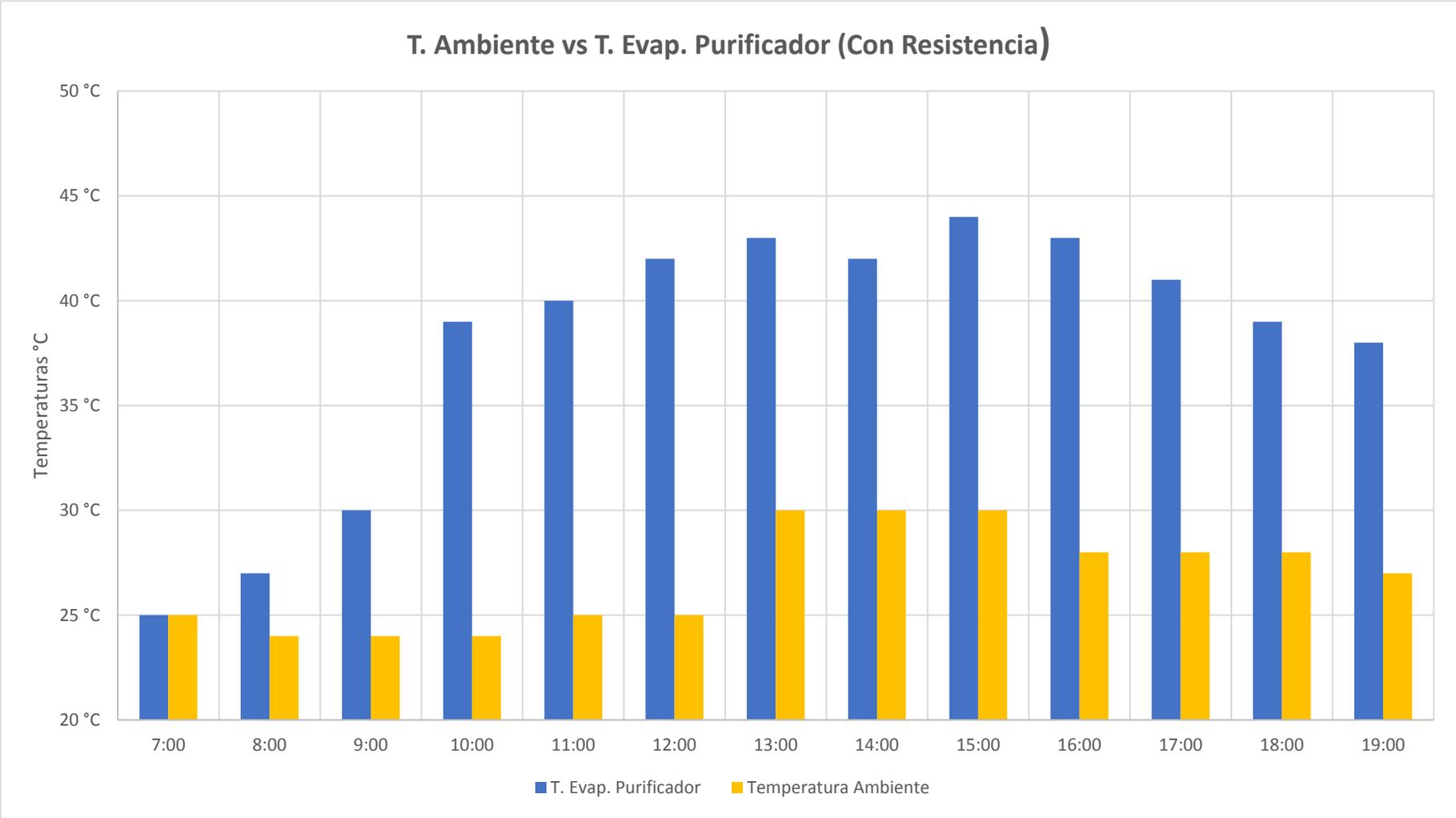


Ilustración 49: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 28 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 21. Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 29 de enero del 2019

106

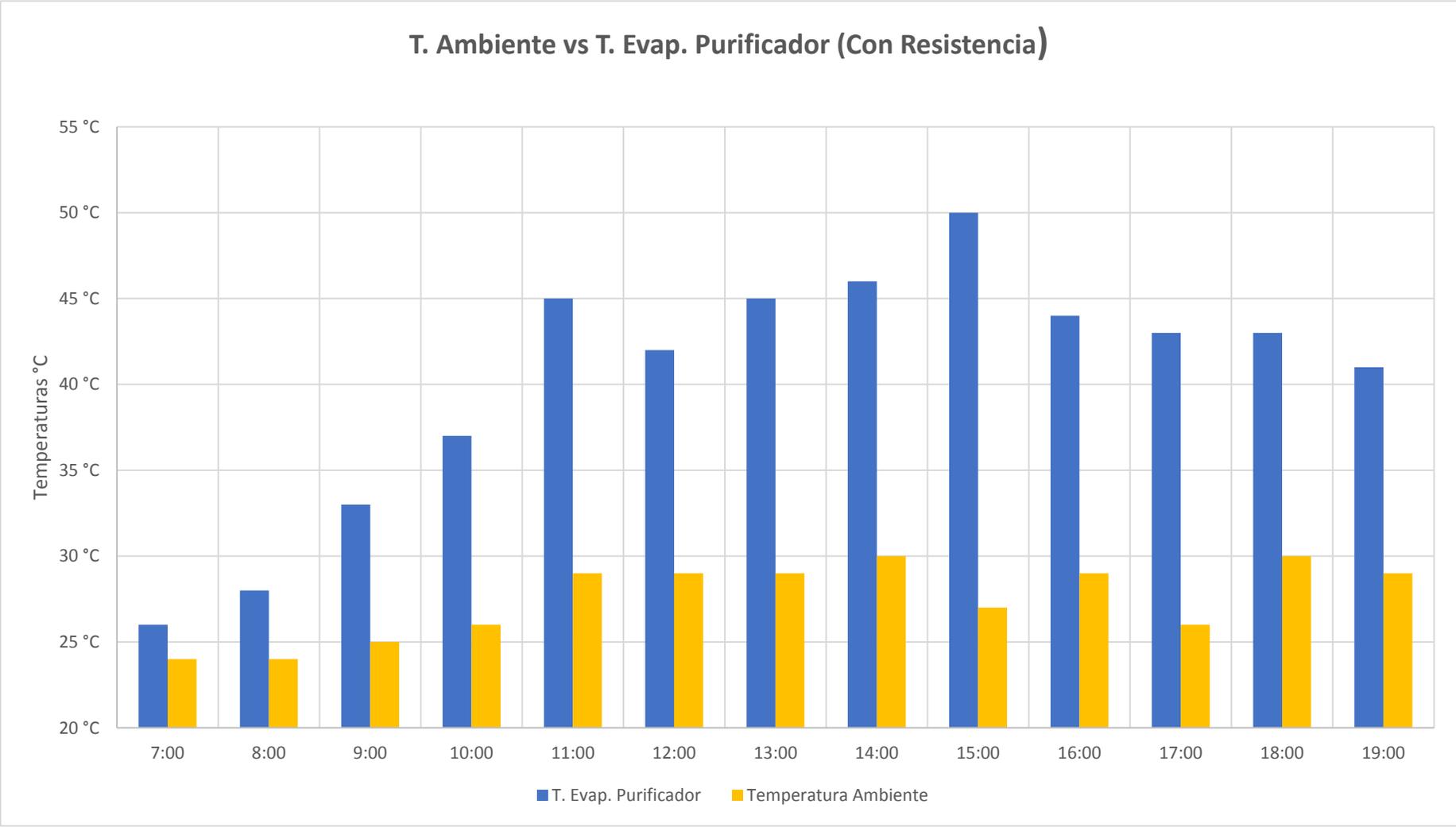


Ilustración 50: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 29 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 22. Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 30 de enero del 2019

107

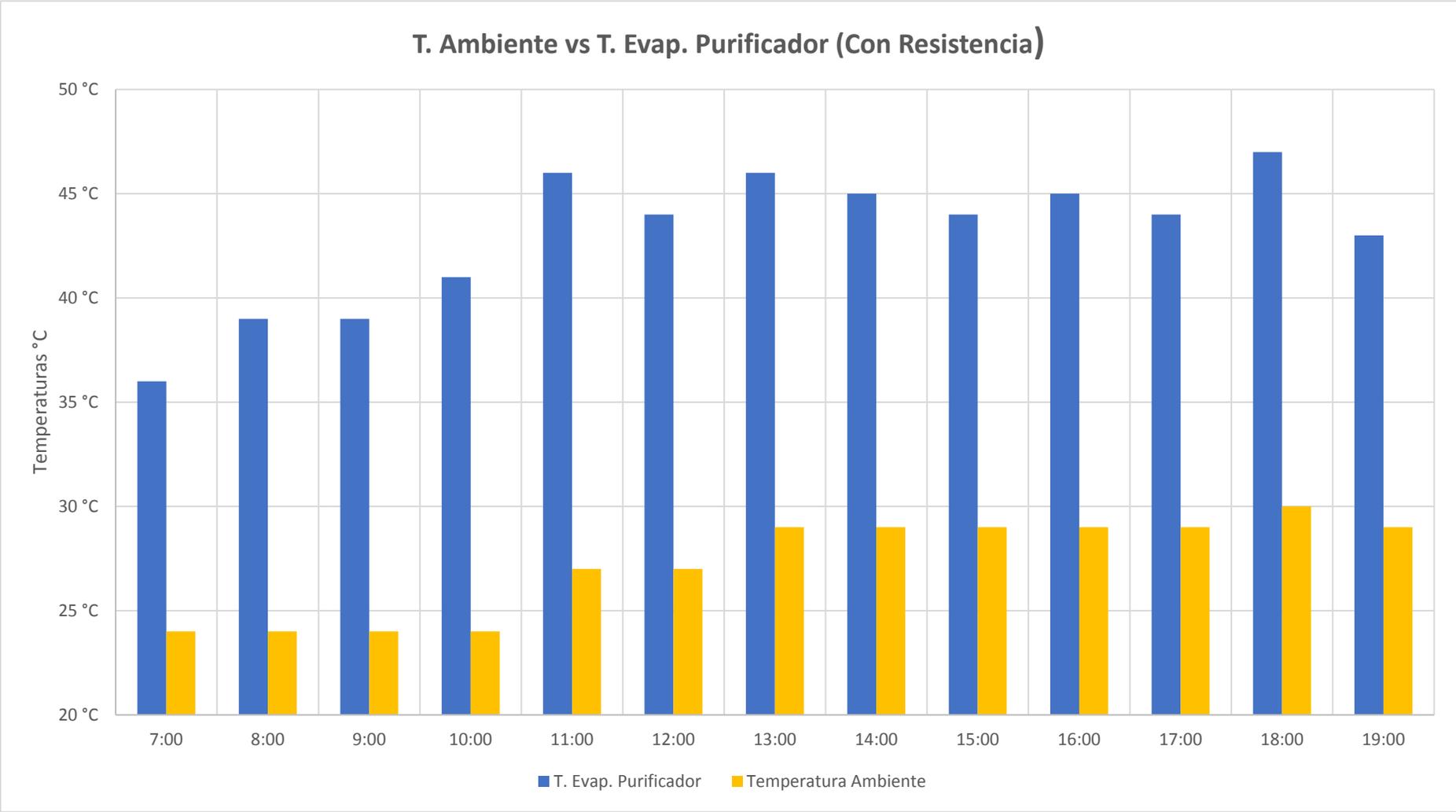


Ilustración 51: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 30 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 23. Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 31 de enero del 2019

108

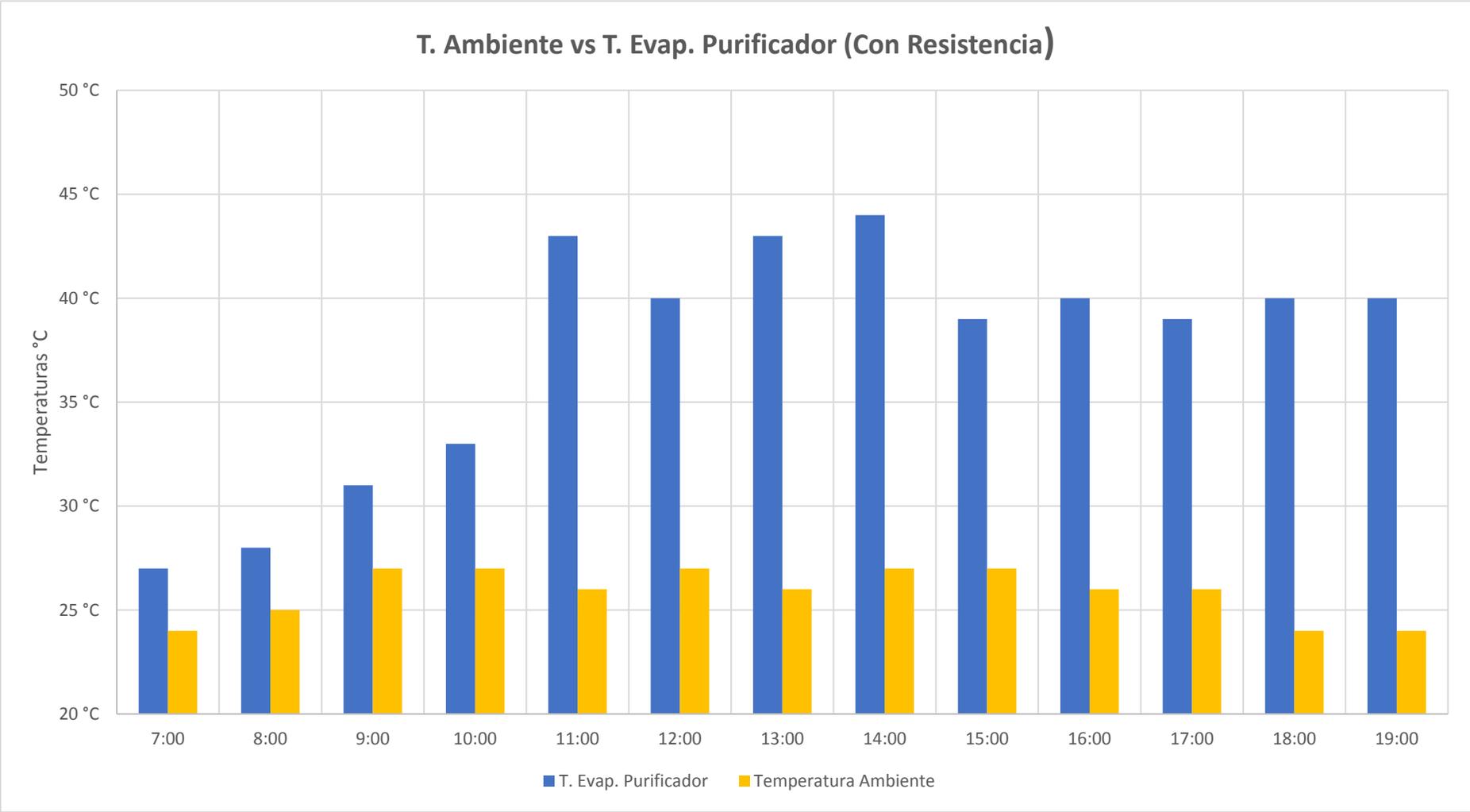


Ilustración 52: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 31 de enero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 24. Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 01 de febrero del 2019

109

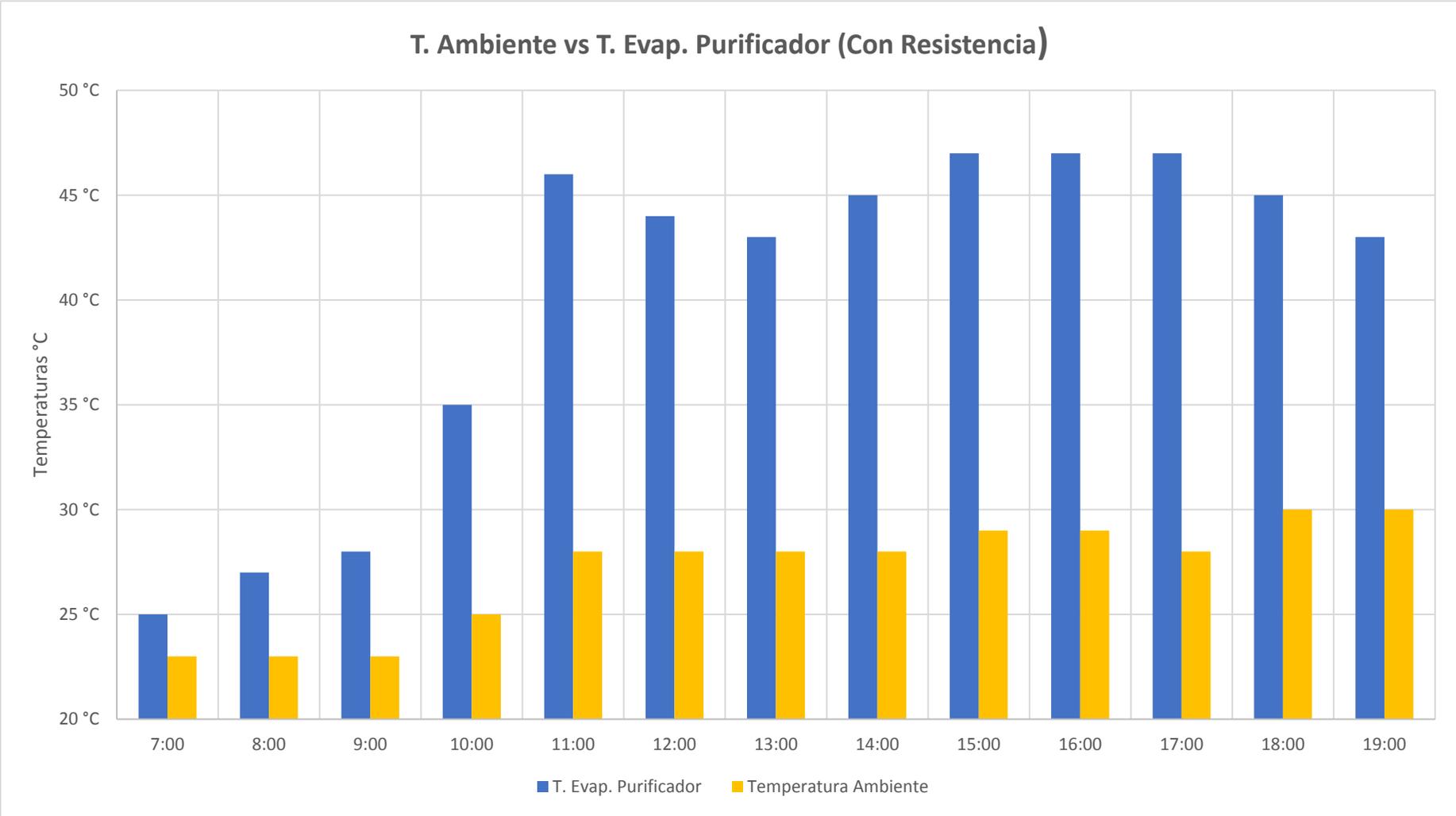


Ilustración 53: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 01 de febrero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Anexo 25. Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 02 de febrero del 2019

110

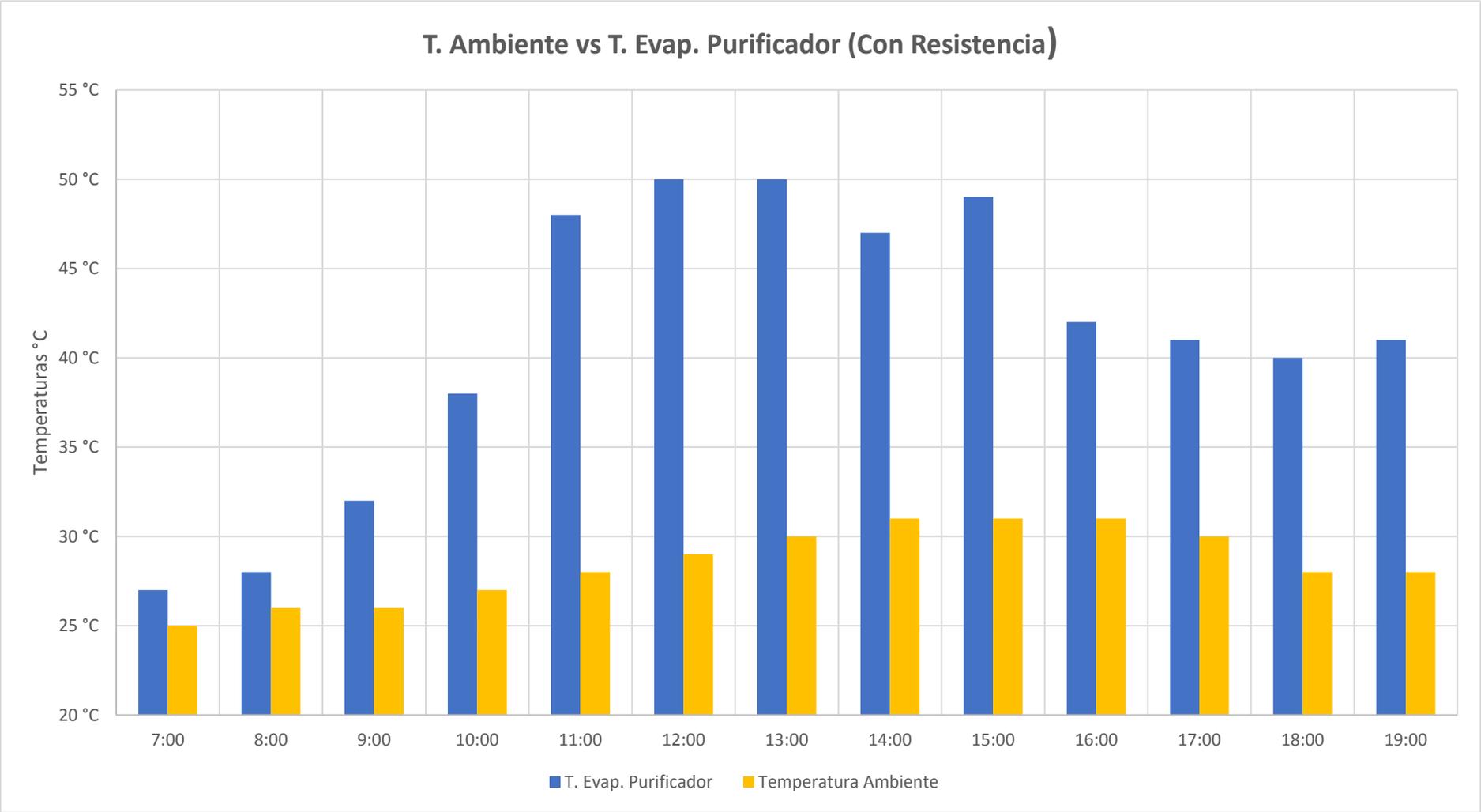


Ilustración 54: Gráfico de Temperatura Ambiente vs Temperatura de Evaporación del Purificador del día 02 de febrero del 2019

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

	INFORME DE ENSAYO 018/2019	
---	---	--

Empresa:	Angel Oswaldo Palín Castillo	Orden de trabajo:	AG 018/2019
Solicitado por:	Angel Oswaldo Palín Castillo	Fecha de Muestreo y Recepción de Muestra:	28/01/2019
Dirección:	Alborada 7ma etapa José María Elbas y Calvas	Fecha de Realización del Informe:	06/02/2019
Muestreado por:	Cliente	Fecha de Ejecución de Ensayo:	Del 28/01/2019 al 04/02/2019
Tipo de Muestreo:	Simple	Condiciones Ambientales:	----
Tipo de Muestra:	Agua Natural		----
Código de la Muestra:	AG 018/2019	Coordenadas: UTM - WGS84	17 M 795400 m E
Punto de Muestreo:	Agua Estero Salado		021115 m S

RESULTADOS DE ENSAYOS					
PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	TIPO	INCERTIDUMBRE	METODO
(1) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	217.9	FISICO-QUIMICO	----	DP.PEE.AG.36/Standard Methods 5210 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	509	FISICO-QUIMICO	± 3.7	DP.PEE.AG.09/HACH 5000
(3) Hierro	mg/L	<0.050	FISICO-QUIMICO	±15%	Standard Methods 3120 B
(2) Manganeso Total	mg/L	<0.010	FISICO-QUIMICO	±10%	Standard Methods 3120 B
(3) Mercurio Total	mg/L	<0.005	FISICO-QUIMICO	±10%	Standard Methods 3120 B
(3) Niquel	mg/L	<0.050	FISICO-QUIMICO	±20%	Standard Methods 3120 B
(3) Plomo	mg/L	<0.050	FISICO-QUIMICO	±15%	Standard Methods 3120 B
(1) Salinidad	‰	11.66	FISICO-QUIMICO	----	DP.PEE.AG.05/ Standard Methods 2510 B
Sulfatos	mg/L	257.5	FISICO-QUIMICO	± 15.03	DP.PEE.AG.21 / HACH 8051

NOTAS.-

Tipo de Muestreo: PUNTUAL conforme a la Norma INEN 2178:2013.

(1) Parámetro No Incluido en Alcance de Acreditación del SAE.

(2) Parámetro Subcontrolado No Acreditado

(3) Parámetro Subcontrolado Acreditado, LABANNCY CIA. LTDA. N° OAE LE 2C 05-002

Observaciones.-

Las interpretaciones y conclusiones e información de límites máximos están fuera del alcance de la acreditación del SAE.

Laboratorio de ensayo Acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 13-003

	<p>INFORME DE ENSAYO 018/2018</p>	
---	---------------------------------------	--

LOCALIZACIÓN DE MUESTREO



MUESTREO/RECEPCIÓN DE MUESTRA




Ing. Edgar Jumbo H.
GERENTE TÉCNICO


Ing. Ana Samayoa S.
COORDINADORA DE CALIDAD

El presente informe sólo es aplicable a muestras sometidas a ensayo
"Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deproinsa S.A."
Dirección: Saraguro 7 No 23-24 V. I. Telf.: 593-4-5123104 - 0995506433
Email: ejumbo@deproinsa.com.ec - www.deproinsa.com.ec
Guayaquil - Ecuador

	INFORME DE ENSAYO 023/2019	
---	--------------------------------------	--

Empresa:	Angel Oswaldo Patin Castillo	Orden de trabajo:	AG 023/2019
Solicitado por:	Angel Oswaldo Patin Castillo	Fecha de Muestreo y Recapción de Muestra:	07/02/2019
Dirección:	Aloreda Tercera etapa José María Elbas y Calvas	Fecha de Realización del Informe:	21/02/2019
Muestreado por:	Cliente	Fecha de Ejecución de Ensayo:	Del 07/02/2019 al 21/02/2019
Tipo de Muestreo:	Simple	Condiciones Ambientales:	***
Tipo de Muestra:	Agua Natural		***
Código de la Muestra:	AG 023/2019	Coordenadas: UTM - WGS84	17 M 621799 m E
Punto de Muestreo:	Agua Estera Salado Purificada		9758902 m S

RESULTADOS DE ENSAYOS					
PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	TIPO	INCERTIDUMBRE	METODO
(1) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	2,2	FISICO-QUIMICO	***	DP.PEE.AG.30/Standard Methods 5210 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	<5	FISICO-QUIMICO	± 1,2	DP.PEE.AG.09/HACH 8000
(2) Hierro	mg/L	<0,500	FISICO-QUIMICO	±15%	Standard Methods 3120 B
(3) Manganeso Total	mg/L	<0,010	FISICO-QUIMICO	±15%	Standard Methods 3120 B
(3) Mercurio Total	mg/L	<0,005	FISICO-QUIMICO	±15%	Standard Methods 3120 B
(3) Níquel	mg/L	<0,050	FISICO-QUIMICO	±20%	Standard Methods 3120 B
(3) Plomo	mg/L	<0,050	FISICO-QUIMICO	±15%	Standard Methods 3120 B
(1) Salinidad	‰	0,62	FISICO-QUIMICO	***	DP.PEE.AG.05/ Standard Methods 2510 B
Sulfato	mg/L	<15	FISICO-QUIMICO	± 18,00	DP.PEE.AG.21 / HACH 8051

NOTAS.-

Tipo de Muestreo: PUNTUAL, conforme a la Norma INEN 2176:2013.

(1) Parámetro No incluido en Alcance de Acreditación del SAE.

(2) Parámetro Subcontratado No Acreditado.

(3) Parámetro Subcontratado Acreditado, LABANNCY CIA. LTDA. N° OAE LE 2C 88-002

Observaciones.-

Las interpretaciones/conclusiones/información de límites máximos están fuera del alcance de la acreditación del SAE.

Laboratorio de ensayo Acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 13-003

Y

Este informe sólo es aplicable a muestras sometidas a ensayo.
 Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deproinsa S.A.

Dirección: Semanas 7 Mz 22-24 V. 1, Telf: 593-4-5120366 - 0999900433
 Email: ejumba@deproinsa.com.ec - www.deproinsa.com.ec

Guayaquil - Ecuador

	<p>INFORME DE ENSAYO 023/2019</p>	
---	---------------------------------------	--

LOCALIZACIÓN DE MUESTREO



MUESTREO/RECEPCIÓN DE MUESTRA




Ing. Euder Jumbo H.
GERENTE TÉCNICO


Ing. Lidia Barrocas B.
COORDINADORA DE CALIDAD

El presente informe sólo es aplicable a muestras sometidas a ensayo
"Este documento no debe reproducirse sin la autorización escrita de Deproinsa S.A."
Dirección: Samanés 7 MU 22-34 V, 1, Telf.: 503-4-5120360 - 0995500433
Email: ejumbo@deproinsa.com.ec - www.deproinsa.com.ec
Guayaquil - Ecuador



Laboratorio de Espectrometría LESPEC - ESPOL

INFORME DE ANÁLISIS

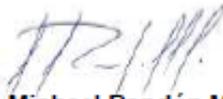
Informe de Análisis N°: 012-1-2019
 Cliente: Ángel Oswaldo Paltín Castillo
 Solicitado por: Ángel O. Paltín C.
 Dirección: Alborada 7ª Etapa, José María Egas y Calvas
 Fecha de recepción de muestra(s): 2019-02-04
 Fecha de inicio de ensayo: 2018-02-04
 Fecha de finalización de ensayo: 2018-02-11
 Analizado por: Ing. Leopoldo Guerrero C.
 Fecha de emisión del informe: 2018-02-15

Parámetro	Unidad	Resultados	Método de Análisis
Color verdadero	U Pt-Co	15.5	Espectrometría HACH
Olor	---	A sulfuros	Organoléptico
Turbiedad	UNT	24.0	Nefelométrico
pH	U de pH	6.43	SM* 4500 - H
Sólidos disueltos totales	mg/l	13,700.0	SM* 2540 - C
Sólidos totales	mg/l	20,400.0	SM* 2540 - B
Cloruros	mg/l	7,990.0	SM* 4500 - Cl
Nitratos	mg/l	2.8	SM* 4500 - NO ³
Nitritos	mg/l	0.040	SM* 4500 - NO ²
Coliformes Totales	NMP/100 ml	2,300	SM* 9221 - B
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	4	SM* 9221 - B

Muestra entregada e ingresada por el cliente como: "Agua del Estero Salado - 04/02/2019"

Observaciones: Humedad promedio / Temperatura del Laboratorio: 59% / 25°C
 SM* = Standard Methods for water and wastewater APHA-AWWA, Ed. 22th

Nota aclaratoria: Estos ensayos NO forman parte del alcance de la acreditación del SAE.


 Dr. Michael Rendón Morán
 Director de Laboratorio Enc.

LCC/.

Página 1 de 1

Notas: El informe original es válido solo con el sello seco de seguridad de alto relieve ubicado en la parte inferior derecha de la hoja y no debe ser reproducido de forma parcial o total, excepto por su emisor como copia autorizada.
 Las incertidumbres calculadas están a disposición del cliente.
 Los resultados obtenidos corresponden solo a la muestra analizada.
 Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales.
 Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

Ecuador – Guayaquil, Campus Gustavo Galindo, km 30.5 vía Perimetral, Código Postal 090903
 Teléfonos: 2289559 – 2289564

LESPEC-MC2306-00



Laboratorio de Espectrometría LESPEC - ESPOL

INFORME DE ANÁLISIS

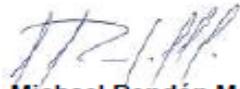
Informe de Análisis N°: 013-1-2019
 Cliente: Ángel Oswaldo Paltín Castillo
 Solicitado por: Ángel O. Paltín C.
 Dirección: Alborada 7ª Etapa, José María Egas y Calvas
 Fecha de recepción de muestra(s): 2019-02-07
 Fecha de inicio de ensayo: 2018-02-07
 Fecha de finalización de ensayo: 2018-02-14
 Analizado por: Ing. Leopoldo Guerrero C.
 Fecha de emisión del informe: 2018-02-15

Parámetro	Unidad	Resultados	Método de Análisis
Color verdadero	U Pt-Co	0.0	Espectrometría HACH
Olor	---	Sin olor detectable	Organoléptico
Turbiedad	UNT	0.0	Nefelométrico
pH	U de pH	6.23	SM* 4500 - H
Sólidos disueltos totales	mg/l	26.3	SM* 2540 - C
Sólidos totales	mg/l	30.2	SM* 2540 - B
Cloruros	mg/l	8.6	SM* 4500 - Cl
Nitratos	mg/l	0.8	SM* 4500 - NO ³
Nitritos	mg/l	0.007	SM* 4500 - NO ²
Coliformes Totales	NMP/100 ml	900	SM* 9221 - B
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	<2	SM* 9221 - B

Muestra entregada e ingresada por el cliente como: "Agua Purificada, Fecha: 07/02/2019"

Observaciones: Humedad promedio / Temperatura del Laboratorio: 59% / 25°C
 SM* = Standard Methods for water and wastewater APHA-AWWA, Ed. 22th

Nota aclaratoria: Estos ensayos NO forman parte del alcance de la acreditación del SAE.


Dr. Michael Rendón Morán
 Director de Laboratorio Enc.

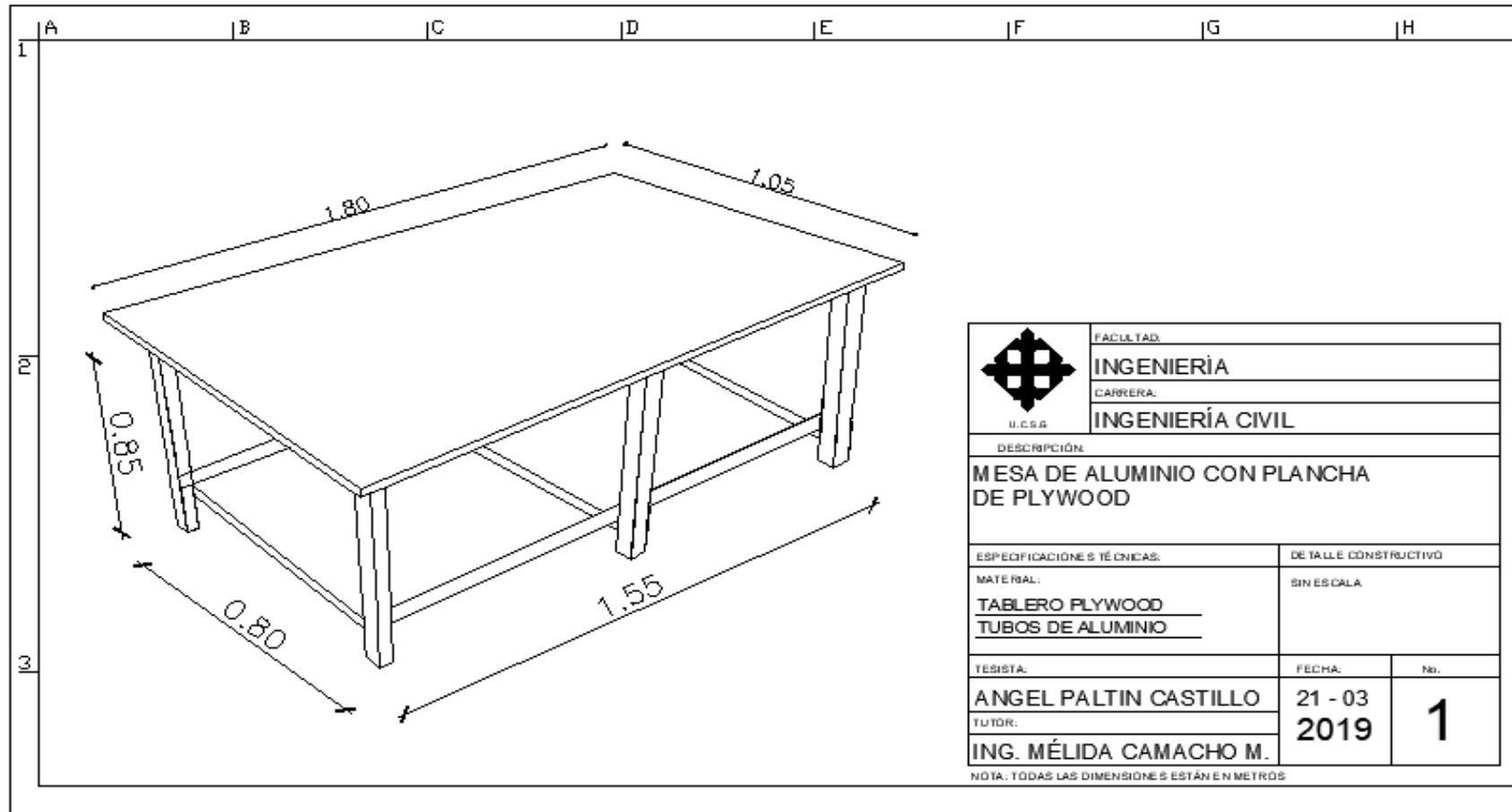
LCC/.

Página 1 de 1

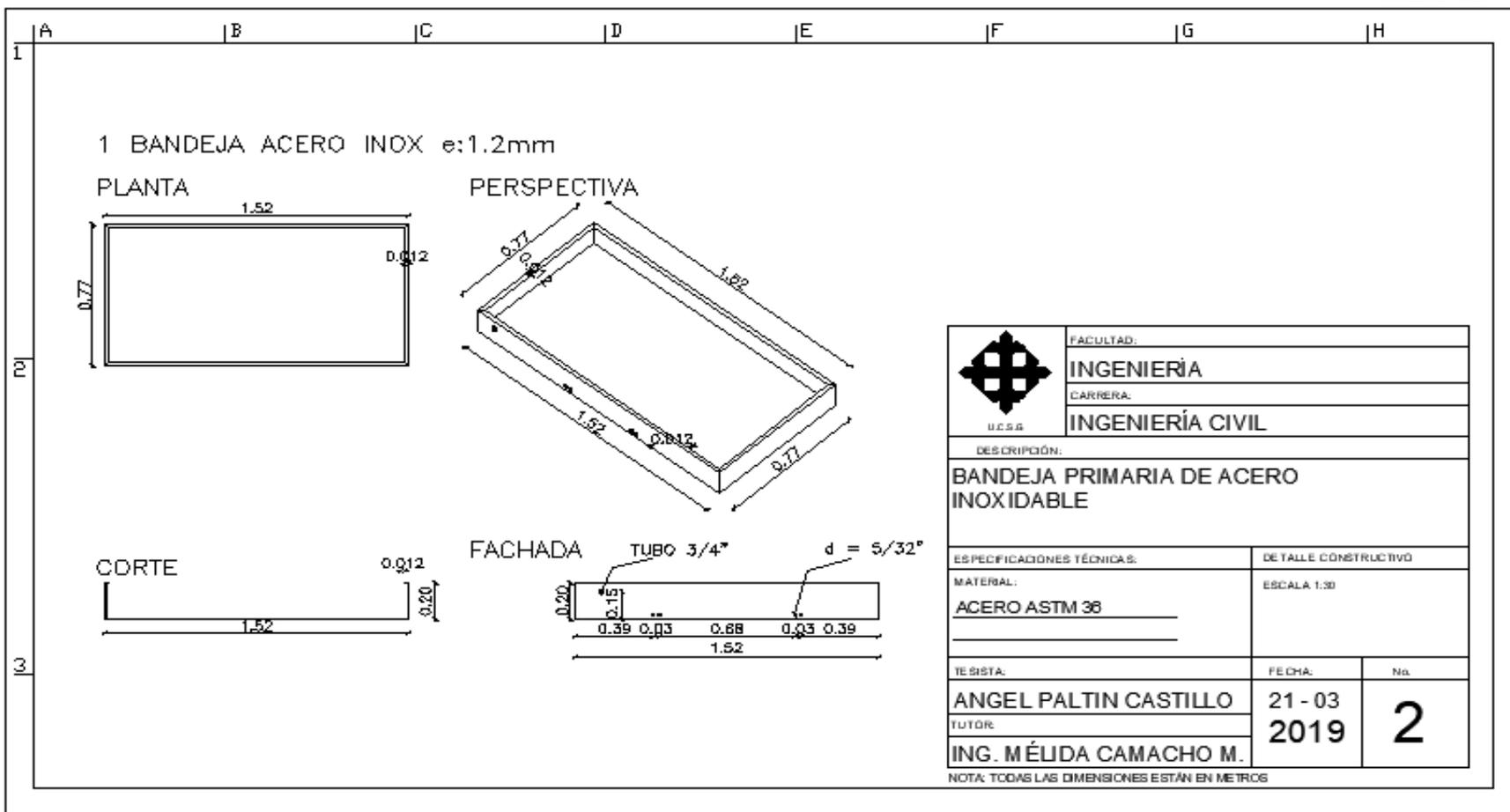
Notas: El informe original es válido solo con el sello seco de seguridad de alto relieve ubicado en la parte inferior derecha de la hoja y no debe ser reproducido de forma parcial o total, excepto por su emisor como copia autorizada.
 Las incertidumbres calculadas están a disposición del cliente.
 Los resultados obtenidos corresponden solo a la muestra analizada.
 Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales.
 Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

Ecuador – Guayaquil, Campus Gustavo Galindo, km 30.5 vía Perimetral, Código Postal 090903
 Teléfonos: 2269559 – 2269564

LESPEC-MC2306-00

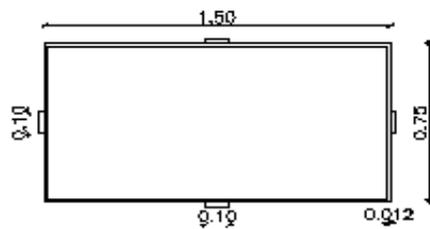


1.17

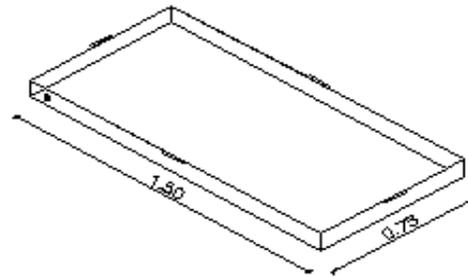


2 BANDEJA ACERO INOX e:1.2mm

PLANTA



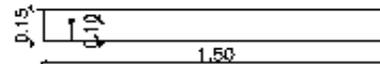
PERSPECTIVA



CORTE



FACHADA



FACULTAD:

INGENIERÍA

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

DESCRIPCIÓN:

BANDEJA SECUNDARIA DE ACERO INOXIDABLE

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

MATERIAL:
ACERO ASTM 36

DE TALLE CONSTRUCTIVO

ESCALA 1:30

TESISTA:

ANGEL PALTIN CASTILLO

FECHA:

21 - 03
2019

No.

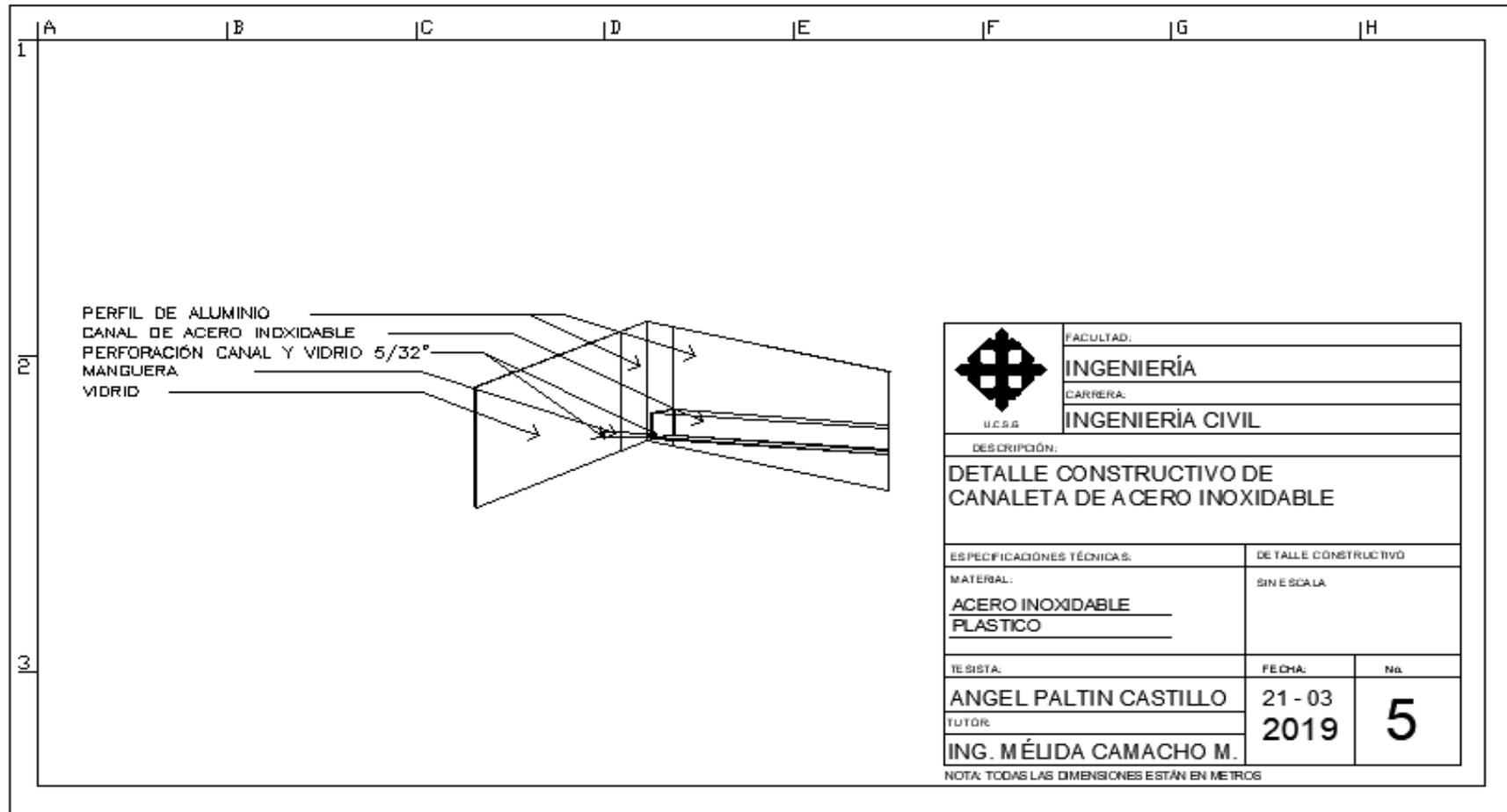
3

TUTOR:

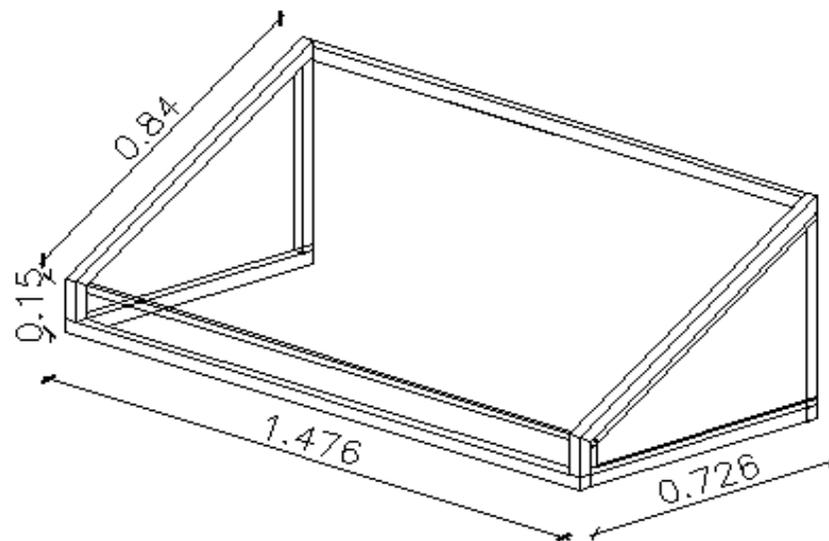
ING. MÉLIDA CAMACHO M.

NOTA: TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN METROS

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<p>CANAL ACERO INOX e:1mm LONGITUD 1.44m</p>							
2								
3								
		FACULTAD:						
		INGENIERÍA						
		CARRERA:		INGENIERÍA CIVIL				
		DESCRIPCIÓN:		CANALETA DE ACERO INOXIDABLE				
		ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:		DETALLE CONSTRUCTIVO				
		MATERIAL:		SIN ESCALA				
		ACERO INOXIDABLE						
		TESISTA:		FECHA:		No.		
		ANGEL PALTIN CASTILLO		21 - 03		4		
		TUTOR:		2019				
		ING. MÉLIDA CAMACHO M.						
		NOTA: TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN METROS						

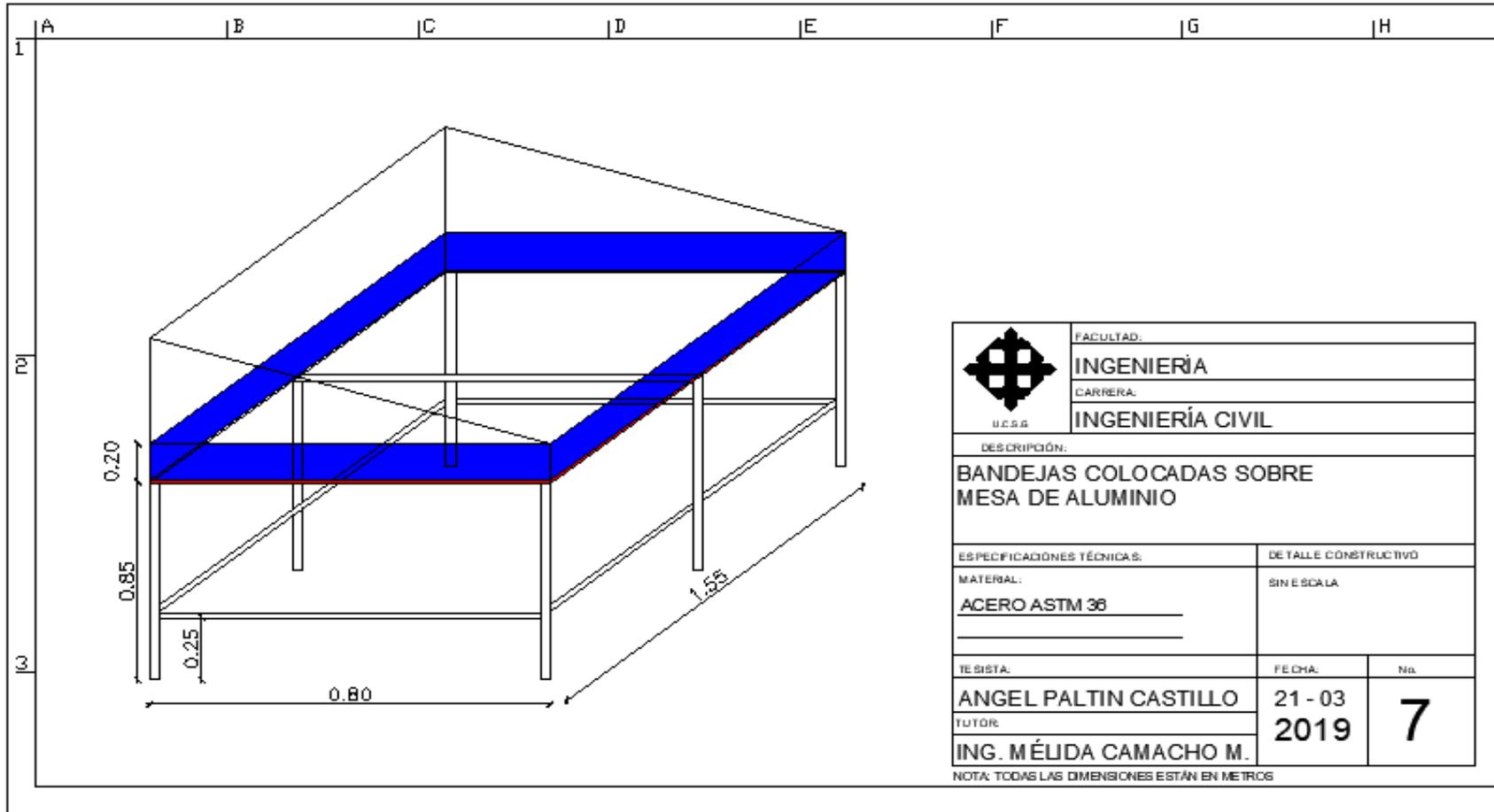


PERFILES ALUMINIO



 U.C.S.G.	FACULTAD:	
	INGENIERÍA	
	CARRERA:	
	INGENIERÍA CIVIL	
DESCRIPCIÓN:		
ESTRUCTURA DE ALUMINIO Y VIDRIO		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:		DETALLE CONSTRUCTIVO
MATERIAL:		ESCALA 1:80
TUBOS CUADRADOS DE ALUM. VIDRIO 3MM		
TESISTA:	FECHA:	Nº.
ANGEL PALTIN CASTILLO	21 - 03	6
TUTOR:	2019	
ING. MÉLIDA CAMACHO M.		

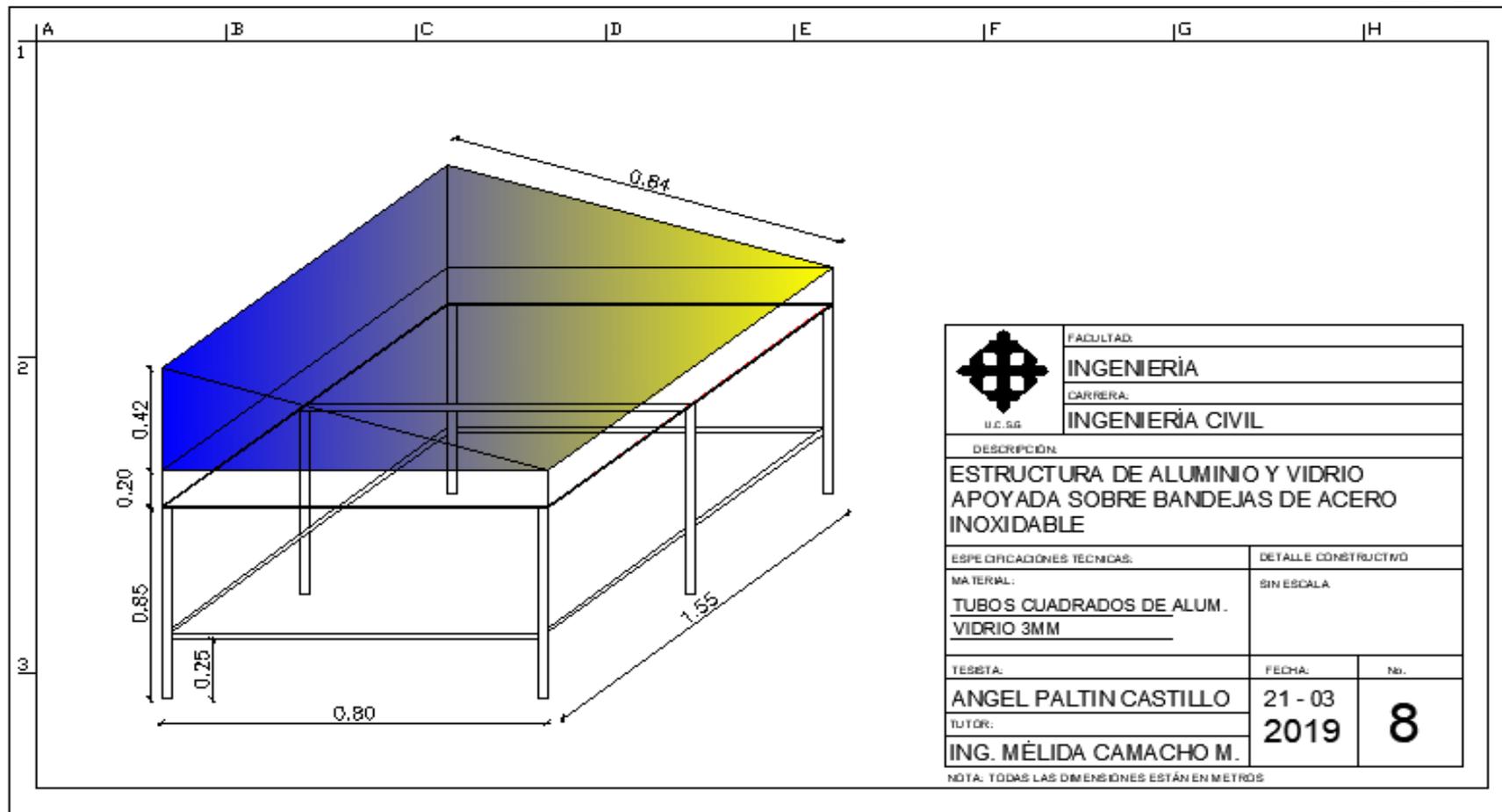
NOTA: TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN METROS



123

 U.C.S.B.	FACULTAD:	
	INGENIERÍA	
	CARRERA:	
	INGENIERÍA CIVIL	
DESCRIPCIÓN:		
BANDEJAS COLOCADAS SOBRE MESA DE ALUMINIO		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:		DE TALLE CONSTRUCTIVO
MATERIAL:		SIN ESCALA
ACERO ASTM 38		
TESISTA:		FECHA:
ANGEL PALTIN CASTILLO		21 - 03
TUTOR:		2019
ING. MÉLIDA CAMACHO M.		Nº
		7
NOTA: TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN METROS		

124



FACULTAD:

INGENIERÍA

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

DESCRIPCIÓN:

ESTRUCTURA DE ALUMINIO Y VIDRIO
APOYADA SOBRE BANDEJAS DE ACERO
INOXIDABLE

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

MATERIAL:
TUBOS CUADRADOS DE ALUM.
VIDRIO 3MM

DETALLE CONSTRUCTIVO

SIN ESCALA

TESISTA:

ANGEL PALTIN CASTILLO

FECHA:

21 - 03

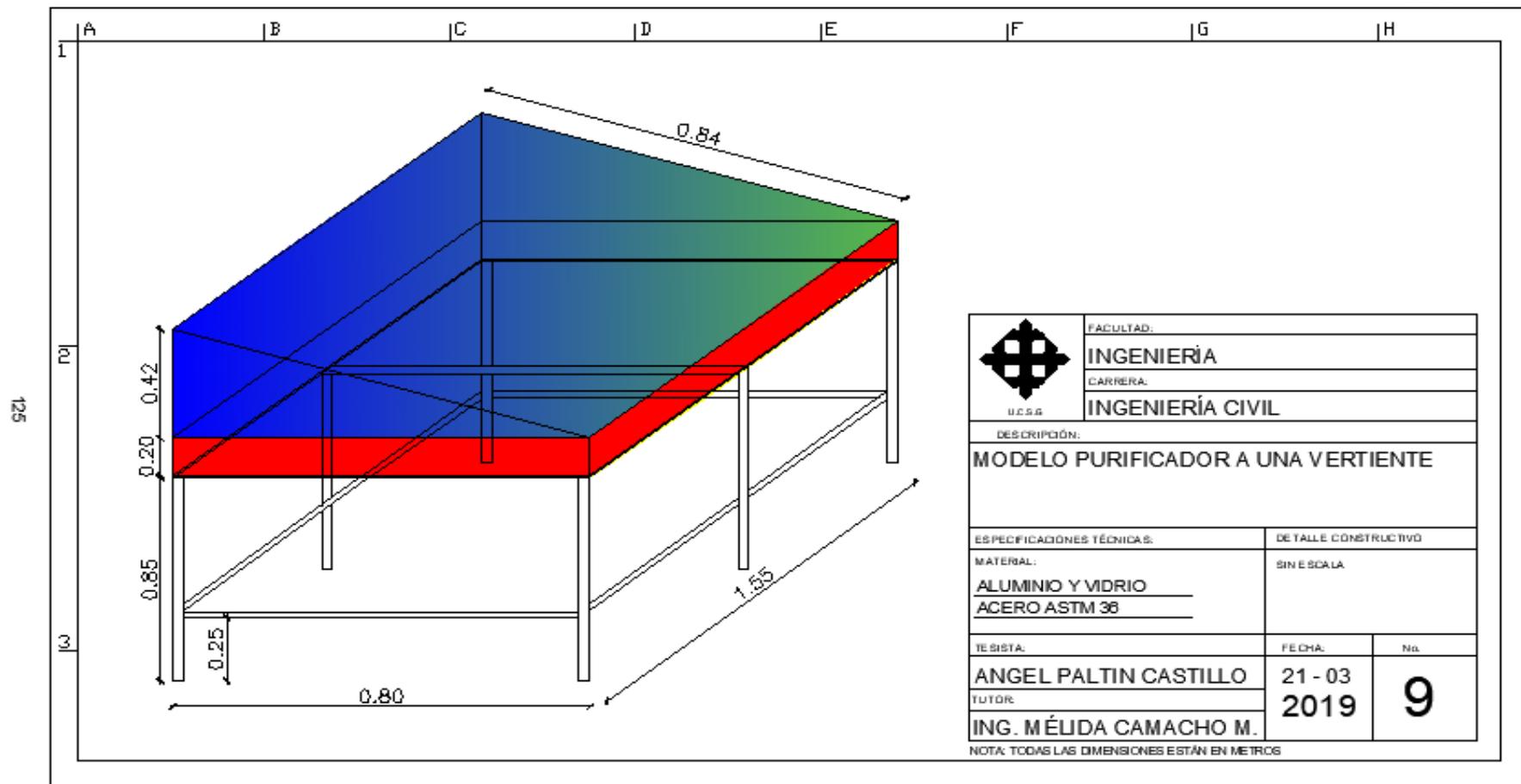
Nº:

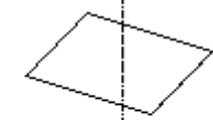
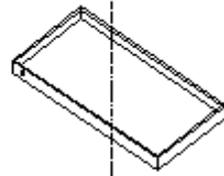
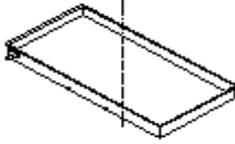
8

TUTOR:

ING. MELIDA CAMACHO M.

NOTA: TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN METROS



A	B	C	D	E	F	G	H	
1	PERSPECTIVA GENERAL							
2			VIDRIO 3MM					
3			PERFILES ALUMINIO					
4			CANALETA ACERO INOX ϕ 1mm					
5			2 BANDEJA ACERO INOX ϕ 1.2mm					
6			1 BANDEJA ACERO INOX ϕ 1.2mm					

 U.C.S.G.	FACULTAD:	
	INGENIERÍA	
	CARRERA:	
	INGENIERÍA CIVIL	
DESCRIPCIÓN:		
AXONOMETRÍA		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:		DETALLE CONSTRUCTIVO
MATERIAL:		SIN ESCALA
TÉSISTA:		FECHA:
ANGEL PALTIN CASTILLO		21 - 03
TUTOR:		2019
ING. MÉLIDA CAMACHO M.		10
NOTA: TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN METROS		



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Paltín Castillo, Angel Oswaldo**, con C.C: # **1900393461** autor del trabajo de titulación: **COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE PURIFICACIÓN SOLAR A UNA VERTIENTE VS DOS VERTIENTES. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD Y RENDIMIENTO PARA SER UTILIZADO EN PEQUEÑAS COMUNIDADES QUE NO TIENEN ACCESO AL LÍQUIDO VITAL** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **21 de marzo de 2019**

f. _____

Nombre: **Paltín Castillo, Angel Oswaldo**

C.C: **1900393461**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE PURIFICACIÓN SOLAR A UNA VERTIENTE VS DOS VERTIENTES. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD Y RENDIMIENTO PARA SER UTILIZADO EN PEQUEÑAS COMUNIDADES QUE NO TIENEN ACCESO AL LÍQUIDO VITAL		
AUTOR(ES)	Paltín Castillo, Angel Oswaldo		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Camacho Monar, Mérida Alexandra		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	21 de marzo de 2019	No. DE PÁGINAS:	148
ÁREAS TEMÁTICAS:	Abastecimiento de aguas, hidráulica, alcantarillado pluvial		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	agua dulce, comparación, purificación, una vertiente, dos vertientes, evaporación, temperatura, resistencias		

RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):

La cantidad de agua dulce en el planeta tierra es limitada, motivo por el cual, existen poblaciones que no disponen del líquido vital debido a la escasez del agua. A partir de lo señalado, la presente investigación se destaca hacer una comparación técnica y económica de un sistema de purificación solar a una vertiente vs sistema de purificación solar a dos vertientes, determinación de la calidad y rendimiento para ser utilizado en pequeñas comunidades que no tienen acceso al líquido vital, que permite obtener agua dulce del agua del estero salado, también se dispuso a utilizar una fuente alterna de energía como lo son las resistencias de 110V.

El lugar donde se operó el modelo purificador fue dentro del campus universitario (UCSG), durante el funcionamiento del modelo se realizaron mediciones de temperatura y de cantidad recolectada de agua evaporada por un determinado tiempo, cabe destacar que el rendimiento del modelo purificador a una vertiente con uso de resistencia fue superior al sistema sin uso de resistencia, también se dispuso a realizar la comparación entre dos modelos de purificación solar, donde el rendimiento depende de la temperatura, proceso constructivo y de factores climáticos. También se hicieron los respectivos análisis de calidad de agua sin tratar y agua tratada, conclusiones y recomendaciones para futuros proyectos.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593989579267	E-mail: angelpaltin@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina	
	Teléfono: +593984616792	
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):		
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		