



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**“Diseño de sistema de calentamiento de agua termo solar de 7 litros/min para optimizar la producción de semilla de alevines de tilapia del módulo piscícola la Balsa San Ignacio 2019”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Br. Cocha Díaz, Leomarine (ORCID: 0000-0003-4478-0128)

**ASESOR:**

Mg. Celada Padilla, James Skinner (ORCID: 0000-0002-5901-2669)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

**CHICLAYO – PERÚ**

2020

## **Dedicatoria**

En estos momentos de alegría y dedicación siento que Dios es el primer ser que mantuvo vivo en cada segundo de mi vida esa fuerza y voluntad de lograr cumplir esta faena.

Sumado a este momento el aprecio y dedicación a lo que siempre me gusta hacer, el estudio, es por eso que mi hermana y mi madre Cruz Díaz Llontop, siempre vivió ese momento de esfuerzo a la carrera.

A estos lindos seres que indudablemente siempre serán el motivo que como padre veo el mejor futuro y me impulso a seguir adelante, a ustedes hijos míos Luccini y Aylin.

A dos seres que son parte también de esta dedicación, Gloria y Edu, y algunos amigos y familiares que día a día alimentaban mi deseo de poder seguir con este objetivo que ya se logró, terminar la carrera universitaria.

A un ser también muy especial que es parte de este complemento humano que llenó los vacíos que pudieron ser factor de decaimiento.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios, a mi familia, a mi madre, a mis hermanos, a mis hijos y a todos los que creyeron en mí por cada uno de los días que fueron parte del tiempo de la formación académica.

Agradezco también a los profesores por saber tener la paciencia, la preparación y la dedicación a esa labor de enseñar en cada uno de los cursos de formación académica universitaria.

A los compañeros de trabajo que siempre abordaron la iniciativa de que nunca es tarde para poder cumplir los sueños.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras .....	viii
Resumen .....	ix
Abstract .....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA.....	25
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	25
3.2. Variables y Operacionalización. ....	26
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis. .....	29
3.3.1. Unidad de análisis (UA).....	29
3.3.2. Población (N).....	29
3.3.3. Muestra (n).....	29
3.3.4. Muestreo. ....	29
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.4.1. Técnica.....	30
3.4.2. Instrumento.....	30
3.4.3. La confiabilidad. ....	30
3.4.4. La validez.....	31
3.4.5. La objetividad.....	31
3.5. Procedimientos.....	31
3.6. Método de análisis de datos.....	32

3.7. Aspectos éticos. ....	32
IV. RESULTADOS.....	32
4.1. Ley de Fourier:.....	33
4.2. Ley de enfriamiento de Newton: .....	33
4.3. Ley de Stefan-Boltzmann: .....	34
4.4. Velocidad total de Transferencia de calor:.....	35
4.5. Transferencia de calor en un intercambiador de contraflujo:.....	35
4.6. Coeficiente global de transferencia de calor: .....	36
4.7. Área superficial del material: .....	36
4.8. Variación de Temperatura media logarítmica: .....	37
4.9. Variación de Temperatura media: .....	37
4.10. Número de Reynolds: .....	38
4.11. Número de Nusselt: .....	38
4.12. Número de Prandtl: .....	38
4.13. Difusividad térmica .....	39
4.14. Número de Grashof.....	39
4.15. Número de Rayleigh .....	39
4.16. Número de Nusselt: .....	40
4.17. Conductividad térmica efectiva: .....	40
4.18. Factor de Visión en un cilindro:.....	41
4.19. Cuadro de Potencial Energético Solar .....	49
4.20. Componentes del sistema.....	50
4.21. Colector solar con tubos al vacío (tubos de vidrio y espacio de aire)....	50
4.22. Tanque de almacenamiento o Termotanque. ....	51
4.23. Sistema de control.....	52
4.24. Análisis económico del sistema. ....	53
V. DISCUSIÓN.....	56

VI. CONCLUSIONES.....	57
VII. RECOMENDACIONES.....	57
REFERENCIAS.....	59
ANEXOS. ....	67

## Índice de tablas

Tabla N° 1: Características Físicas del sol.....	10
Tabla N° 2: Composición Química del Sol. ....	11
Tabla N° 3: Porcentaje de radiación solar. ....	12
Tabla N° 4: Banda del espectro electromagnético, detalla longitud de onda (m), frecuencia (Hz) y energía (J). ....	16
Tabla N° 5: Valores de longitud de onda (nm) para los diferentes colores.....	17
Tabla N° 6: Promedio mensual de Radiación Global en La Balsa-Namballe-San Ignacio. ....	24
Tabla N°7: Definición de la variable Independiente. ....	27
Tabla N°8: Definición de la variable Dependiente.....	28
Tabla N° 9: Cálculo en Intercambiador de calor por contraflujo, elaboración Propia. .....	43
Tabla N° 10: Cálculo de Intercambio de calor por convección libre, elaboración Propia. ....	46
Tabla N° 11: Cálculo Comparativo de Transferencia de calor por convección libre y la radiación solar, elaboración Propia. ....	47
Tabla N° 12: Temperatura y radiación solar, datos de la NASA.....	49
Tabla N° 13: Temperatura y radiación solar, datos de la NASA.....	49
Tabla N° 14: Temperatura y radiación solar, datos de la NASA.....	50
Tabla N° 15: Presupuesto Total del análisis económico de los componentes, elaboración propia. ....	54
Tabla N° 16: análisis de costo-beneficio del sistema, elaboración propia. ....	56

## Índice de figuras

Figura N° 1: Distancia del Sol a la Tierra.....	10
Figura N° 2: Distribución media de la Irradiación Solar en la tierra.....	13
Figura N° 3: Espectro Electromagnético, indicando el espectro solar (radiación solar).....	13
Figura N° 4: Diagrama del espectro electromagnético, mostrando el tipo de longitud de onda con ejemplos, frecuencia y temperatura de emisión de cuerpo negro.....	14
Figura N° 5: Gráfico de la clasificación espectral de la emisión extraterrestre y a nivel del mar, en comparación con la emisión solar o cuerpo negro. ....	15
Figura N° 6: Espectro Visible, la Luz. ....	17
Figura N° 7: Ubicación geográfica de lugar donde se ejecutará el proyecto .....	22
Figura N° 8: Manómetro de 160 Psi, 1100 kPa. ....	52
Figura N° 9: Manómetro de 2 Bar y 300 kPa. ....	53
Figura N° 10: Sensor de temperatura SRC PT 100.....	53



## RESUMEN

En el presente contenido de investigación se fomenta mediante la matemática aplicada a la ciencia y las propiedades termofísicas (propiedades de transporte y termodinámicas), el diseño de un sistema de calentamiento de agua termo solar de 7lit/min para optimizar la producción de semilla de alevines de Tilapia del módulo piscícola la balsa san Ignacio; definiendo como una investigación no experimental de efecto transeccional o transversal descriptivos y correlacionales-causales, sistemático y empírico, teniendo presente que las variables independientes no se manipulan sin influencia directa o sin intervención en la relación de las mismas, que pueden ser retrospectivas y prospectivas respectivamente o también causalidad múltiple si ambas generan efecto. Además teniendo como muestra de clase no probabilística la zona de incubación de los alevines de Tilapia a una temperatura de 28°C mediante la transferencia de calor por radiación solar al agua, siendo necesario el alcance descriptivo del cálculo cuantitativo mediante la utilización de un intercambiador de calor por contraflujo que por un extremo ingresa el agua de la quebrada a 17°C y por el otro extremo sale a 28°C con un caudal de 7lt/min, obteniendo una demanda energética de 10.3746 W (35.09%) de transferencia de calor en el colector, teniendo un potencial energético solar de la zona de máxima promedio de 23.54 °C y mínima promedio de 13.07 °C, con una radiación promedio anual de 4.348 kW-hr/m<sup>2</sup>/day, con el uso de elementos mecánicos y térmicos del sistema como accesorios de control (Manómetro, Barómetro, Termómetro), de transferencia de calor (los tubos del intercambiador de calor), y el colector solar (la pipeta, el tubo de vidrio, el líquido calo portador), concluyendo también que el análisis de costos por cada componente del sistema se llega a un monto de S/.6636.86 soles, siendo una inversión de 30% de su demanda real a un sistema de transferencia de calor con energía convencional.

**Palabras claves:** transferencia de calor, intercambiador de calor por contraflujo, efecto termosifón, tubos caloríficos, coeficiente de transferencia de calor.

## ABSTRACT

In this research content, it is promoted through mathematics applied to science and thermophysical properties (transport properties and thermodynamic properties), the design of a 7 liters / min thermosolar water heating system to optimize the tilapia fingerling production module - Balsa San Ignacio; defining as non-experimental investigation of descriptive and correlational-causal, systematic and empirical effects, transectional or transversal, taking into account that the independent variables are not manipulated without direct influence or without intervention in their relationship, which can be retrospective and prospective respectively or also multiple causality if both generate an effect. In addition, taking as a sample of a non-probabilistic class the incubation area of the Tilapia fingerlings at a temperature of 28 ° C through the transfer of heat by solar radiation to the water, being necessary the descriptive scope of the quantitative calculation through the use of an exchanger counterflow heat entering stream water at 17 ° C at one end and exiting at 28 ° C at the other end with a flow rate of 7lt / min, obtaining an energy demand of 10.3746 W (35.09%) of heat transfer in the collector, having a solar energy potential in the middle zone maximum of 23.54 ° C and minimum average of 13.07 ° C, with an annual average radiation of 4,348 kW-hr / m ^ 2 / day, with the use of mechanical and thermal elements system accessories such as control accessories (pressure gauge, barometer, thermometer), heat transfer (heat exchanger tubes) and solar collector (the pipette, the glass tube, the heat transfer liquid), also concluding that the cost analysis for each component of the system reaches a quantity of S / .6636.86 soles, being an investment of 30% of its real demand to a heat transfer system with conventional energy.

Keywords: heat transfer, counter flow heat exchanger, thermosiphon effect, heat pipes, heat transfer coefficient.

## I. INTRODUCCIÓN

En Colombia y Ecuador la producción de Alevinos de tilapia siempre ha sido un cuello de botella en todas las piscícolas, y la tilapicultura no ha sido la excepción; a pesar de que Ecuador y Colombia cuentan con una ubicación geográfica, un buen clima y disponibilidad de aguas, también tienen esa dificultad. Muchas formas de mejorar estos inconvenientes se ha realizado intentos desarrollado en las piscícolas, como producción de hapas, tanques de cemento, tanques en tierra, incubadoras artificiales, tiendo que enfrentar ventajas y desventajas que nos enseña a reconocer que ninguna técnica es perfecta para cubrir dicha necesidad (NIÑO SANCHEZ Diego Alejandro, 2006, párr.01).

Uno de los factores más relevantes para el cultivo de tilapias al aire libre está dependiendo de la temperatura del agua; cuya temperatura óptima para su crecimiento está entre los 26°C(82°F) a 30°C(86°F), disminuyendo el crecimiento de manera significativa en temperaturas menores a 20°C(68°F), la muerte por debajo de los 10°C(50°F); perdiendo aún más a temperatura inferiores a 12°C(54°F) sus defensas a enfermedades infecciosas debido a las bacterias, hongos y paracitos (GOMES, 2017, párr. 4).

En Nicaragua en el año 2003 su producción se encontraba en un 25%, para diciembre del 2005 hubo un incremento del 50%, teniendo una demanda actual del 75%. Según los estudios realizados a diferentes estanque de criaderos de Tilapias, se tiene la realidad de cumplir con uno de los requisitos con relación a la calidad de agua, parámetros que bordean entre un rango de temperatura óptimo para su proliferación de 28-32°C (SAAVEDRA MARTINEZ, 2006, p.1).

En Honduras el CNIP-EL Carao administrado por DIGE-PESCA, es el encargado de la producción y distribución de alevines en el país, contando con 11 granjas privadas a nivel nacional donde se produce diferentes especies de alevines de tilapia y guapote. PRONAGRO (Programa Nacional de Desarrollo Agroalimentario) es una institución que apoya a los productores de Tilapias en el país, mediante capacitaciones, fomentando técnicas para el buen manejo de la especie acuícola, para así mejorar la calidad de vida de las personas en el área

rural, teniendo como objetivo la buena producción justificada con las condiciones ambientales óptimas (GUERRERO, s.f., párr. 1).

Mediante un artículo de AquaTic, en Argentina, el Ministerio de la Producción de la Provincia de Famosa publicó un Estudio de Desarrollo y Producción de Tilapia, buscando proceder a un desarrollo de la piscicultura, en la región tropical y subtropical con las especies reconocidas a nivel internacional, realizando ventas a modo de prueba en la Provincia de Famosa, teniendo un limitante de rango térmico para sus mejores crecimientos de 34° a 36° C, siendo imposible cultivar en lugares donde las temperaturas sean menores a 15°C, identificando los lugares aptos entre los 22° a 28° de latitudes sur para ciclo completo y 30° de latitud sur para la fase de engorde hasta el mercado (WICKI & GROMENIDA, 1997, párr. 1).

La facultad de Ciencia Agropecuarias en la Universidad Nacional de Trujillo desarrolló un estudio en el afán de desarrollar nuevas tecnologías para implementar el cultivo de tilapias en la Libertad, observando las variables de incubación y cría con la finalidad de vigilancia y control de calidad de agua en niveles de temperatura de 16.6 y 29 °C, obteniendo mayor frecuencia de desoves en la época de verano, con una temperatura de 29 °C, logrando una extracción de un 80.8% de sobrevivencia en la incubación de larvas (SHIMOKAWA SHIGUIYAMA Luis Alberto, 2016, párr.1).

El diario El Peruano, con fecha 03 de mayo del 2019, hace referencia al gran potencial de la energía solar que debería ser aprovechada a través de diferentes tipos de captadores cubriendo gran parte de las necesidades de energía en forma de calor y electricidad, describiendo un artículo de Termoinox, en el cual nos da un alcance que las energías renovables se encuentran en un franco desarrollo, con un 3% a 5% de las energías que se consumen en nuestro país, siendo los lugares más aprovechados como Arequipa, Puno y Cajamarca, teniendo presente que el Perú por estar ubicado próximo a la línea ecuatorial, tiene una radiación solar elevada anual. Se estima que en nuestro país existen entre 65000 a 70000 termas solares, teniendo mayor realce en la ciudad de Arequipa (GUTIÉRREZ RAMOS, 2018, p.2).

De acuerdo a estudio realizado por el MEM, el aprovechamiento de energía solar térmica en los diferentes sistemas de transformación y uso final, como 1000 termas solar, 640 cocinas solar, 764 secadores por energía solar; instaladas en los diferentes departamentos del Perú como Junín, Cusco, Amazonas, San Martín, Pasco, y demás teniendo como inversión 220 mil nuevos soles en las instalaciones de secadores solares tipo invernadero, además estos sistemas de transformación de la energía térmica han generado grandes volúmenes de producción y mejora en la calidad de vida (GARCIA BUSTAMANTE, 2004, párr. 1).

El Módulo Piscícola ubicado en el sector El Mango caserío la Balsa, es un centro de producción adscrito a la Dirección Regional de Producción del Gobierno Regional de Cajamarca, que actualmente se dedican a la producción de semillas de Alevinos de Tilapia (Tilapia del Nilo, *Oreochromis Niloticus*), para que los diversos productores de piscigranjas de la región puedan producir carne de pescado fresco, equilibrando la demanda y la oferta, dicha producción es en promedio de 1500 alevines cada 22 días, pero actualmente se tiene una mayor demanda de los alevines, objetivo que aún no se llega a optimizar a un porcentaje elevado, por la razón de que si se lograra mantener la temperatura del agua en un rango estable de 30°C, la producción de alevinos de Tilapia sería constante y óptima, ya que la especie así lo requiere, en ese sentido frente a esta necesidad de mantener la temperatura constante del agua de las piscinas de incubación se plantea este proyecto de diseñar un sistema de calentamiento de agua usando la energía solar.

Siendo su ámbito geográfico en la Región Natural Selva Alta (Yunga Tropical), con una altitud de 700 m.s.n.m., caracterizándose por ser zona lluviosa y nublada.

¿Cómo optimizar la producción de semilla de alevines de Tilapias del módulo piscícola la Balsa San Ignacio utilizando calentamiento de agua termo solar de 7 litros/min?

La justificación es la condición de contar con un sistema que mediante la energía calorífica del sol captado por su radiación caliente el agua y mantener una temperatura constante que optimiza la calidad de producción de semilla de

alevines de tilapias dentro de los parámetros de comercialización. Teniendo como propósito realizar un diseño que este dentro de los niveles estándares de creación, para lograr mantener la calidad vital del recurso hídrico, logrando así mejorar su habitad y apareamiento de la especie. Siendo la fuente de este diseño una energía renovable y ecológico.

Social.- Con tener una temperatura contante en la piscícola, genera el incremento de producción de alevinos de tilapias, teniendo como resultado un impacto social sostenible, creando puestos de empleo mediante su amplia producción y comercialización, evitando el éxodo de su población local hacia ciudades lejanas a su entorno, ocupando mano de obra local y familiar de poco entrenamiento en donde las mujeres, jóvenes y ancianos se tornan económicamente activos.

Logrando así que los criaderos de engorde y crecimiento, que se abastecen de este centro de producción de semillas, tengan un amplio margen de crianza y puedan apalancar un mercado sin límite de fronteras; tanto la sociedad consumidora como la generadora que presentan tal producto para su uso final, logre tener un equilibrio de aprovechamiento contante.

Tecnológica.- Este diseño aporta a la tecnología en uno de los sistemas ecológicos de innovación, siendo un centro de transformación relacionada como una energía limpia, teniendo como implementos tecnológicos a la transferencia de calor mediante accesorios accesible para el planeta.

Económico.- Con este sistema de calentamiento Termo solar, el centro de producción de piscícola llegaría a satisfacer una necesidad de proceso que requiere de agua caliente sin necesidad de pagar energía eléctrica o combustible; económicamente favorable ya que la energía solar no tiene costo de adquisición y es una fuente limpia y libre de contaminantes, siendo los índices de costo por transformación más baratos. Un calentador de agua termo solar puede llegar a disminuir el consumo energético hasta un 50% - 70%, eliminando el consumo de gas y electricidad.

Ambiental.- Este sistema cumple con la normativa de ser un sistema libre de contaminación ambiental, reduciendo el efecto invernadero con el bajo consumo de combustibles fósiles que aminoraría la expulsión de gases deteriorando la calidad del aire y además incorpora a ser una fuente que disminuyendo la irradiación solar, cumpliendo el efecto de amortiguamiento de los rayos incidentes en la superficie de la tierra, siendo absorbidos por el colector y transformado en energía calorífica.

Como hipótesis se tiene, el diseño del sistema de calentamiento de agua termo solar de 7 litros/min, optimizará la producción de semilla de alevines de Tilapia del módulo piscícola la Balsa.

Teniendo como objetivo Diseñar un sistema de calentamiento de agua termo solar de 7 litros/min para optimizar la producción de semilla de alevines de tilapia del módulo piscícola la Balsa San Ignacio.

- ✓ Determinar la demanda energética solar.
- ✓ Determinar el potencial energético solar de la zona.
- ✓ Dimensionar los elementos mecánicos y térmicos del Sistema de Calentamiento de Agua Termo Solar de 7lts/min.
- ✓ Análisis económico del Sistema.

## II. MARCO TEÓRICO

En la comunidad de Rio Blanco Provincia de Tungurahua, Ambato – Ecuador, el proyecto de tesis de diagnóstico térmico para la instalación de un sistema para calentamiento de agua de uso sanitario unifamiliar utilizando energía solar térmica, determina que los sistemas de colectores de tubos al vacío son más eficientes que los colectores de cilindro parabólico obteniendo en el mes de julio con una irradiación promedio de 2.88 kWh/m<sup>2</sup>, 40.98°C y 21.08°C respectivamente, con una eficiencia de 1.94% del sistema de tubos al vacío en comparación con el sistema de cilindro parabólico, con una demanda energética de 8.74kW-h y 2.42 kW-h respectivamente (HINOJOSA HERRERA, 2017, párr. 1).

La Pontificia Universidad Católica del Perú, mediante una tesis de Control de Temperatura y Monitoreo de pH del agua en el proceso de incubación de las Tilapias usando PLC, nos facilita un enfoque de implementación durante el proceso de incubación de alevines de tilapia en el Centro de Acuicultor de Tambo de Mora (Ica), durante esta fase de incubación de alevines las incubadoras o piscinas de incubación deben cumplir con ciertos parámetros del agua y siendo el más importante la temperatura (28°C aprox.), para ello se necesita el buen uso o manejo de sensores mediante un Controlador Lógico Programable (PLC), facilitando que se cumpla el rango optimo aceptable por la fase de incubación; teniendo por consecuencia el incremento de la producción de esta especie, mejorar su calidad y satisfacer al consumidor. (MENDOZA LIVIA, 2011, p.2).

La Universidad Nacional de Santa, Nuevo Chimbote, mediante la Tesis que desarrollo para una Institución Educativa, contribuye con el desarrollo sostenible del país fomentando el buen uso de las energías limpias y manteniendo un medio ambiente favorable para nuestra sociedad al reducir efectos contaminantes por el uso de combustibles fósiles (Diésel, Gasolina, Carbón, GLP, etc.); abasteciendo una demanda de 40 alumnos por sistema, cuyo diseño tendría viabilidad económica de un ahorro de s/. 1212.35nuevos soles por sistema, con una eficiencia del 52.8% en promedio (SÁNCHEZ DOMÍNGUEZ & IPARRAGUIRRE VILLAVICENCIO, 2014,párr. 1).

Según el artículo científico de Energy Procedia, en una conferencia Internacional de concentración de energía solar y sistemas de energía térmica, Single-tank TES system – Transient evaluation of thermal stratification, se deduce que aplicando el conocimiento de las leyes de la termodinámica y realizando la explotación de relleno de bajo costo para mantener la termoclina de grosor en forma reducida, ya que se obtiene de la flotabilidad de los fluidos por la transferencia de calor separando la zona caliente con la zona fría una sobre la otra respectivamente, logrando así una eficiencia de almacenamiento de energía termina mediante la concentración de energía solar, y dicha eficiencia se logra con la estratificación térmica cercana a la unidad que se logra mediante la minimización de la generación de entropía y la energía térmica se almacena con la mejor calidad termodinámica (ZAVATTONI & Et aL, 2015, párr. 1).



La InterScience publica mediante artículo científico, Analytical Model of Solar Thermophotovoltaic Systems with Cylindrical Symmetry: Ray Tracing Approach, que es un modelo analítico con simetría cilíndrica a diferencia de sistema termofotovoltaicos ya publicados considerando su cavidad óptica y su absorbedor, utilizando el método analítico de distribución de los rayos solares para sintetizar el intercambio de radiación dentro de la cavidad del cilindro y poder calcular detalladamente la potencia absorbida y su eficiencia que asciende a un 85.4%, mediante este diseño se limita la radiación emitida concentrándolo en una cavidad óptica que comprende el emisor, las celular y el control espectral (filtros y Reflectores) (DATA & ALGORA, 2009, párr. 1).

La Reviews in Fisheries Science, hace publicación de un artículo científico, Tilapia Production Systems in the Americas: Technological Advances, Trends, and Challenges, en donde pone de conocimiento que existen tres géneros de peces de tilapia y son las más importantes en el mundo, por su gran mercado y reproducción, siendo el más comercializado la especie de Oreochromis: tilapia de Nilo, tilapia de Mozambique, tilapia azul, y que se caracterizan por su fácil alimentación y reproducción, económicamente rentable y ventajosa para la cría selectiva, extensivas o semiintensivas, además que es rica por su carne suave y su sabor y que su consumo no están restringido por religiosos (WATANABE & aL Et, 2012, p.465).

ScienceDirect publica un artículo científico, Nutritional mitigation of winter thermal stress in Nile tilapia by propolisextract, en la cual realiza un ensayo de alimentación con propóleos en las especies de tilapia de Nilo, Oreochromis Niloticus, para hacer frente a los cambios bruscos de clima y temperatura del agua en la época de invierno, generando esteres térmico y evitar la pérdida de crecimiento, reproducción y metabolismo, teniendo como propósito alcanzar los niveles de reproducción óptimos mediante la alimentación de propóleos para ayudar así en su reproducción, crecimiento y metabolismo y poder controlar los niveles de estrés (HASSAAN & Et aL, 2019, párr. 1).

Fish & Shellfish en su artículo científico, Dietary administration of probiotic Paenibacillus ehimensis NPUST1 with bacteriocinlike activity improves growth performance and immunity against Aeromonas hydrophila and Streptococcus iniae

in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), pone de conocimiento que por situaciones de crianza intensiva de Tilapias de Nilo ha causado aumento de enfermedades infecciosas, que se generan por bacterias, como pérdida de apetito, decoloración roja en diferentes órganos y partes del cuerpo; haciendo uso de la aplicación de probióticos como una alternativa para poder superar estos problemas que se presentan y lograr aumentar su mecanismo de defensa y su microbiota intestinal, teniendo el prebiótico *Paenibacillus ehimensis* NPUST1, con similar actividad a la bacteriocina produce amilasa, celulasa y xilanasas (CHEN & Et al, 2018, párr. 3).

Según Ivan Garcia y Et al, del Instituto de Energía Solar, en la Universidad Politécnica de Madrid - España, presentan un artículo científico *Temperature Effects on CPV Solar Cells, Optics and Modules*, que nos detalla en forma específica que la temperatura afecta el funcionamiento, la fiabilidad y el rendimiento de un sistema de célula fotovoltaica (CPV), ocurriendo este hecho en todos los componentes del sistema como: Célula Solar, receptor, óptico, modulo, etc., y que se deben predecir para obtener un diseño óptimo y con la más alta eficiencia evitando estos factores de impactos negativos en la producción de energía (GARCÍA & Et al, 2016, párr. 1).

En Ecuador mediante un artículo del periódico digital agropecuario, se menciona que la cultura de la tilapia en tanque al aire libre es la alternativa más favorable, cuya temperatura preferida para un óptimo crecimiento es de 82°F (27.77 °C) a 86°F (30°C), teniendo una disminución de manera significativa a temperatura inferiores a 68°F (20 °C) y teniendo muerte por debajo de 54°F (12.22 °C) perdiendo su resistencia a enfermedades y está sujeta a infecciones por bacterias, hongos y parásitos, teniendo así que se debe mantener con sistemas de agua caliente. Los sistemas de alimentación del recurso hídrico para todo el año se realizan usando los ríos en las regiones templadas si se dispone de energía geotérmica, teniendo como recurso caro calentar el agua en épocas de invierno para luego dejar que no se recircule. Se ha realizado una investigación sobre aprovechar los efluentes calientes provenientes de plantas de generación eléctrica para extender la temporada de producción, aprovechando los sistemas de recirculación de los edificios y conservar el calor (GOMES, 2017, párr. 4).

En Colombia mediante una investigación desarrollada por Francisco Borja Gallardo y Et aL, se evaluó alternativas para climatización de estanques asignando métodos que se vinculan con la irradiación solar que proviene de una fuente renovable y espacial como el sol, cuyas ciencias son varias y de diferentes formas de uso y características de resultados, analizando circunstancias que resultarían favorable para su elaboración. El método que más se adecua a la investigación es la manta térmica, teniendo ventajas de tipo espacial y económica (BORJA GALLARDO & Et aL, 2006, p.3308).

En Argentina, mediante un taller de captación de Termo tanque solar llevado a cabo en Serrezuela provincia de Córdoba, organizado por INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) y otros, actividades que fueron enmarcadas por un módulo de desarrollo de energías renovables para la agricultura familiar y unidades productivas de baja escala, del proyecto nacional de agroindustria y agregados del valor de INTA, presentando así los principios de funcionamiento de un Termo tanque solar, sus componentes y su construcción además de las recomendaciones de uso y mantenimiento (LANCE & GORNITZKY, 2015, párr. 1).

En Lima, la Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del área Rural (UNATSABAR), realiza un diseño del sistema de calentamiento solar de agua, se tiene que es necesario la influencia de dos factores muy importantes para cumplir con la necesidad de dicho objetivo, cuyos factores son: el nivel de radiación y el diseño del colector, de acuerdo al volumen de agua y temperatura de variación, siendo necesario también como dato la forma de uso que se le va a dar al sistema, sea puntual o continuo (VASQUEZ, 2003, párr. 1).

En Arequipa según la XVIII Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente (SPES), se desarrolla el estado de arte de los calentadores solares de agua en la ciudad de Arequipa, cuya finalidad fue constatar aspectos de equipamiento, expectativas y grado de satisfacción de los usuarios. Adoptando la tecnología de uso de energía solar cuya aplicación se da en los sectores residenciales, comercial y de servicio, teniendo como predominio de instalación de Sistema de Calentamiento de Agua con Energía Solar (SCAES) por termosifón. Resultado de dicha investigación se pudo verificar que un 94% son en el sector residencial,

utilizado para fines sanitarios a temperaturas de 40°C a 65°C; y el 5.5% en los sectores comercial y de servicio, destinado para ser usado en cocinas y baños a una temperatura menor a 60°C (SALCEDO, 2011, párr. 1).

El Sol es una gran fuente de energía, es una estrella de esfera con material de fluido a altas temperaturas, cuyo diámetro es  $1,392 \times 10^6$  km y su masa es  $1.989 \times 10^{27}$  kg y una distancia media de  $149,450 \times 10^6$  km desde el planeta tierra, el planeta tierra tiene como diámetro 12.700 km cuya masa es de  $6 \times 10^{24}$  kg (GALLO, 2009, p.15).

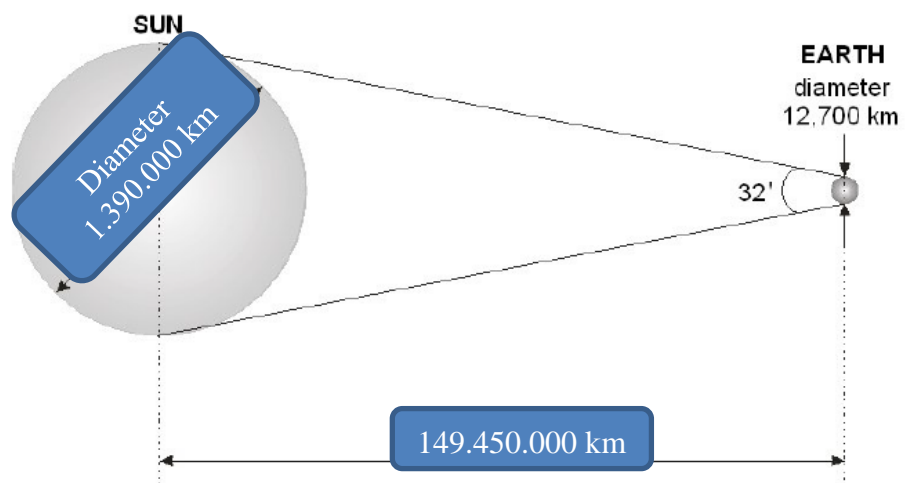


Figura N° 1: Distancia del Sol a la Tierra.

Fuente: [http://www.labri.fr/perso/billaud/Helios2/resources/es02/chapter\\_2\\_ES.pdf](http://www.labri.fr/perso/billaud/Helios2/resources/es02/chapter_2_ES.pdf)

Tabla N° 1: Características Físicas del sol

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES
Diametro.	1.392.000 km.
Superficie.	$6,09 \times 10^{12}$ km <sup>2</sup> .
Volumen.	$1,41 \times 10^{27}$ km <sup>3</sup> .
Masa.	$1,989 \times 10^{27}$ kg.
Densidad.	1411 kg/ m <sup>3</sup> .
Gravedad en la superficie.	274 m/s.
Temperatura de la superficie.	$6 \times 10^3$ K.
Luminosidad.	$3,827 \times 10^{29}$ .

Fuente: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/277/A5.pdf>

Tabla N° 2: Composición Química del Sol.

ELEMENTO	PORCENTAJE
Hidrogeno.	74,46 %.
Helio.	24,85 %.
Oxigeno.	0,77 %.
Carbono.	0,29 %.
Hierro.	0,16 %..
Neon.	0,12 %.
Nitrogeno.	0,09 %.
Silicio.	0,07 %.
Magnesio.	0,05 %.
Azufre.	0,04 %.

Fuente:<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/277/A5.pdf>

Su temperatura se estima muy alta, del orden  $15 \times 10^6$  K.

Su energía se genera por las reacciones termonucleares mediante la fusión, convirtiéndose Hidrogeno en Helio, liberando así una inmensa energía que tiene apariencia de emisión solar electromagnética, ajustada concéntricamente en el rayo que son percibidos por el ojo humano. Teniendo un lapso de 8 minutos aproximadamente, para que viaje la radiación desde el sol a la tierra.

La proporción de emisión de rayos del sol recibida en el contorno superior de la atmosfera sobre la faz del planeta tierra, que se conoce como propagación extraterrestre y la emisión radioactiva del sol o cuerpo negro a 5760 K, en el Ultravioleta, visible, infrarroja, se demuestra en la tabla N° 3.

Tabla N° 3: Porcentaje de radiación solar.

Región espectral	Porcentaje de extraterrestres radiación solar %	Porcentaje de cuerpo negro radiación %
<i>ULTRAVIOLETA</i> $\lambda < 0,38 \mu\text{m}$	7	9.9
<i>Visible</i> $0,38 < \lambda < 0,78 \mu\text{m}$	47.3	46.4
<i>Infrarrojos</i> $0,78 < \lambda < 15 \mu\text{m}$	45.1	43.6

Fuente:

[http://www.labri.fr/perso/billaud/Helios2/resources/es02/chapter\\_2\\_ES.pdf](http://www.labri.fr/perso/billaud/Helios2/resources/es02/chapter_2_ES.pdf)

Según (Petros Auxaopoulos, 2018, párr. 9), para obtener la tasa de emisión de energía solar (P), se aplica la ecuación de Stefan-Boltzmann:

Siendo:  $P = \pi d^2 \sigma T^4$

P: emisión de energía solar (kW).

$\sigma$ : constante de Stefan-Boltzmann ( $5,669 \times 10^8 \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ ).

T: temperatura efectiva (5760 K).

d: diámetro ( $1,39 \times 10^6 \text{ km}$ ).

Logrando obtener:

$$P = \pi d^2 \sigma T^4 = 3.8 \times 10^{23} \text{ kW}$$

De esta forma la tierra recibe una cantidad de  $1,7 \times 10^{14} \text{ kW}$ , con una distribución media de la siguiente manera:

- Radiación reflejada y dispersa: 23%.
- Reflejada por la superficie de la tierra: 8%.
- Calor de baja temperatura: 47%.
- Ciclo de evaporización y la precipitación de la biosfera: 20%.
- Por el viento, las olas marinas y la fotosíntesis: 1%.

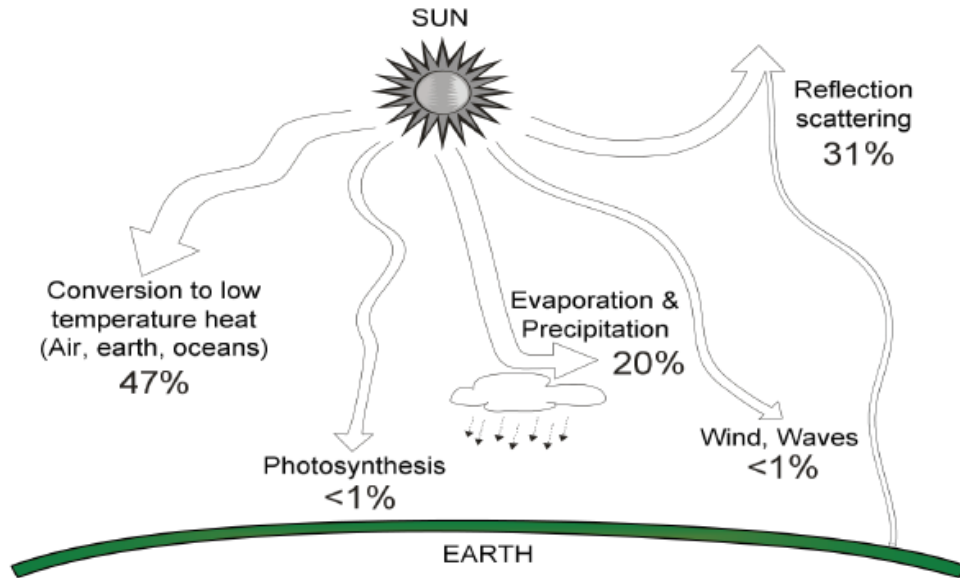


Figura N° 2: Distribución media de la Irradiación Solar en la tierra.  
 Fuente: [http://www.labri.fr/perso/billaud/Helios2/resources/es02/chapter\\_2\\_ES.pdf](http://www.labri.fr/perso/billaud/Helios2/resources/es02/chapter_2_ES.pdf)

El conjunto de todas las longitudes de onda se denomina espectro electromagnético y de las longitudes de onda emitidas por el sol se denomina espectro solar (Agencia Estatal de Metreologia, 2018).

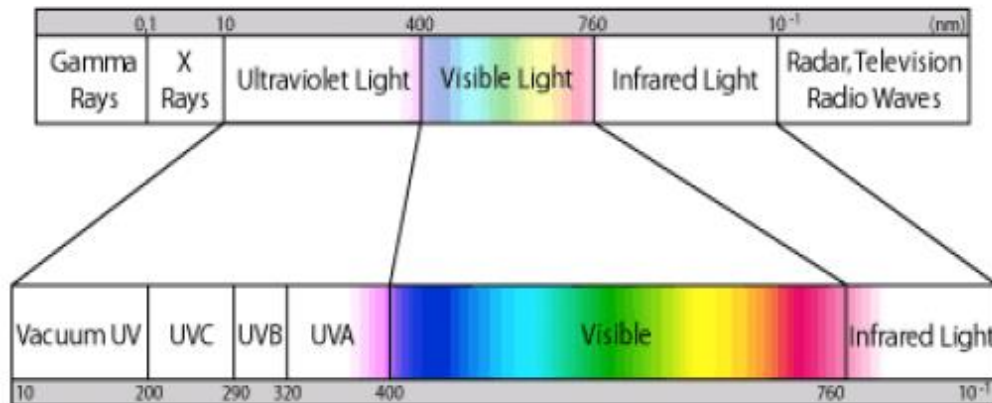


Figura N° 3: Espectro Electromagnético, indicando el espectro solar (radiación solar).  
 Fuente: [http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion\\_Solar.pdf](http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion_Solar.pdf)

La proporción de la radiación solar en las distintas regiones del espectro solar es aproximadamente:

- Ultravioleta: 7%.
- Luz Visible: 43%.

Infrarrojo: 49%.

El resto: 1%.

Espectro electromagnético es la distribución energética del conjunto de ondas electromagnéticas. Referido a un objeto la radiación electromagnética se puede caracterizar de dos formas: 1) propagación emitida (espectro de emisión) y 2) propagación absorbida (espectro de absorción); que se obtiene de una materia o elemento.

Un espectro electromagnético está compuesto por emisiones de menor longitud de onda, ondas que son conducidas como ondas de luz hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda, como son las ondas de sonido y transmisión (Astrofísica y Física, 2012).

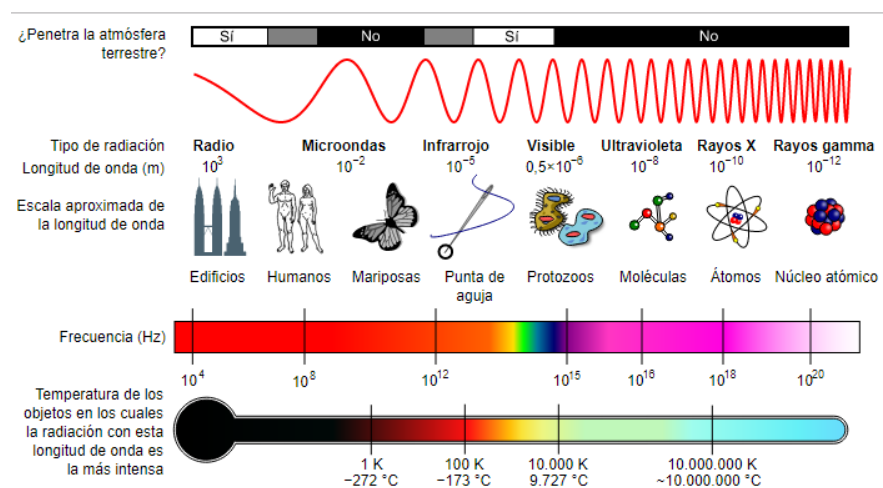


Figura N° 4: Diagrama del espectro electromagnético, mostrando el tipo de longitud de onda con ejemplos, frecuencia y temperatura de emisión de cuerpo negro.

Fuente: <https://www.astrofisicayfísica.com/2012/06/que-es-el-espectro-electromagnetico.html>

En la tesina de Eduardo Briceño Yactayo (BRICEÑO YACTAYO, 2015, párr 1) mediante la Ecuación de Planck, el espectro electromagnético cubre longitudes de onda muy variadas. Existe frecuencias entre 30 Hz y  $2,9 \times 10^{27}$  Hz. Así que, del espectro electromagnético se puede obtener las ecuaciones siguientes:

$$E = hf \quad E = \frac{hc}{\lambda} \quad c = f\lambda \quad \lambda = \frac{c}{f}$$



Dónde:

E: energía de fotón.

$\lambda$ : longitud de onda (vacío).

c: velocidad de la luz (299.792.458 m/s).

h: constante de Plank ( $6,626069 \times 10^{-34}$  J.s ;  $4,13567 \mu\text{eV}/\text{GHz}$ ).

f: frecuencia asociada (Hz).

Por lo tanto, las ondas electromagnéticas de altas frecuencias tienen una longitud de onda corta y mucha energía, mientras que las ondas de baja frecuencia tienen longitudes de onda larga y poca energía.

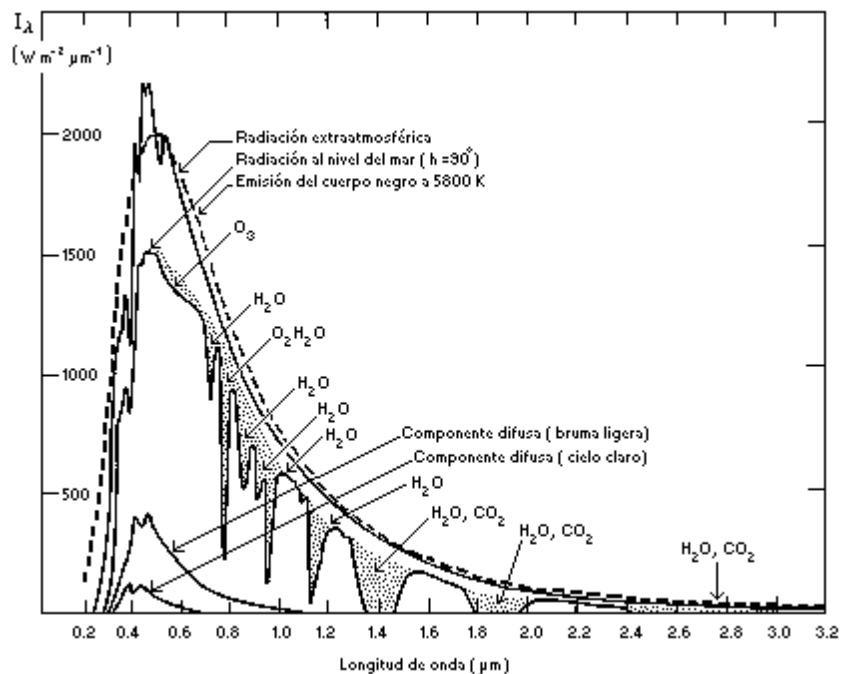


Figura N° 5: Gráfico de la clasificación espectral de la emisión extraterrestre y a nivel del mar, en comparación con la emisión solar o cuerpo negro.

Fuente: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-32-Distribucion-espectral-de-la-radiacion-solar-incidente-perpendicularmente\\_fig12\\_311375862](https://www.researchgate.net/figure/Figura-32-Distribucion-espectral-de-la-radiacion-solar-incidente-perpendicularmente_fig12_311375862)

El espectro electromagnético tiene una extensión desde la radiación de menor longitud de onda que son los rayos gamma, los rayos X, la luz ultravioleta, luz visible y los rayos infrarrojos, hasta las ondas de mayor longitud como las ondas de radio; creyendo que su longitud de onda tiene un límite mínimo posible como la longitud de Planck y como máximo la longitud del universo, aunque literalmente el espectro electromagnético es infinito y continuo.

El espectro electromagnético se divide en segmentos o bandas, aunque esta división es inexacta:

Tabla N° 4: Banda del espectro electromagnético, detalla longitud de onda (m), frecuencia (Hz) y energía (J).

Banda	Longitud de onda(m)	Frecuencia(Hz)	Energía (J)
Rayos gamma	$< 10 \times 10^{-12} \text{m}$	$> 30,0 \times 10^{18} \text{Hz}$	$> 20 \cdot 10^{-15} \text{ J}$
Rayos X	$< 10 \times 10^{-9} \text{m}$	$> 30,0 \times 10^{15} \text{Hz}$	$> 20 \cdot 10^{-18} \text{ J}$
Ultravioleta extremo	$< 200 \times 10^{-9} \text{m}$	$> 1,5 \times 10^{15} \text{Hz}$	$> 993 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Ultravioleta cercano	$< 380 \times 10^{-9} \text{m}$	$> 7,89 \times 10^{14} \text{Hz}$	$> 523 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Espectro Visible	$< 780 \times 10^{-9} \text{m}$	$> 384 \times 10^{12} \text{Hz}$	$> 255 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Infrarrojo cercano	$< 2,5 \times 10^{-6} \text{m}$	$> 120 \times 10^{12} \text{Hz}$	$> 79 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Infrarrojo medio	$< 50 \times 10^{-6} \text{m}$	$> 6,00 \times 10^{12} \text{Hz}$	$> 4 \cdot 10^{-21} \text{ J}$
Infrarrojo lejano/submilimétrico	$< 1 \times 10^{-3} \text{m}$	$> 300 \times 10^9 \text{Hz}$	$> 200 \cdot 10^{-24} \text{ J}$
Microondas	$< 10^{-2} \text{m}$	$> 3 \times 10^8 \text{Hz}^{n. 1}$	$> 2 \cdot 10^{-24} \text{ J}$
Ultra Alta Frecuencia Radio	$< 1 \text{ m}$	$> 300 \times 10^6 \text{Hz}$	$> 19.8 \cdot 10^{-26} \text{ J}$
Muy Alta Frecuencia Radio	$< 10 \text{ m}$	$> 30 \times 10^6 \text{Hz}$	$> 19.8 \cdot 10^{-28} \text{ J}$
Onda Corta - Radio	$< 180 \text{ m}$	$> 1,7 \times 10^6 \text{Hz}$	$> 11.22 \cdot 10^{-28} \text{ J}$
Onda Media - Radio	$< 650 \text{ m}$	$> 650 \times 10^3 \text{Hz}$	$> 42.9 \cdot 10^{-29} \text{ J}$
Onda Larga - Radio	$< 10 \times 10^3 \text{m}$	$> 30 \times 10^3 \text{Hz}$	$> 19.8 \cdot 10^{-30} \text{ J}$
Muy Baja Frecuencia- Radio	$> 10 \times 10^3 \text{m}$	$< 30 \times 10^3 \text{Hz}$	$< 19.8 \cdot 10^{-30} \text{ J}$

Fuente: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-32-Distribucion-espectral-de-la-radiacion-solar-incidente-perpendicularmente\\_fig12\\_311375862](https://www.researchgate.net/figure/Figura-32-Distribucion-espectral-de-la-radiacion-solar-incidente-perpendicularmente_fig12_311375862)

El espectro visible es una franja dentro del espectro electromagnético en intervalo de longitud de onda de 0.4 a 0.76 micrómetros, conocido como la luz, es un tipo especial de radiación electromagnética. El patrón de magnitudes para reflejar la longitud de onda son el Angstrom y el nanómetro. La emisión solar con longitud de onda entre 380 nm y 760 nm (790 – 400 terahercios) es detectado como colores de diferente intensidad visible al ojo humano (Wikipedia, 2018, párr 7).

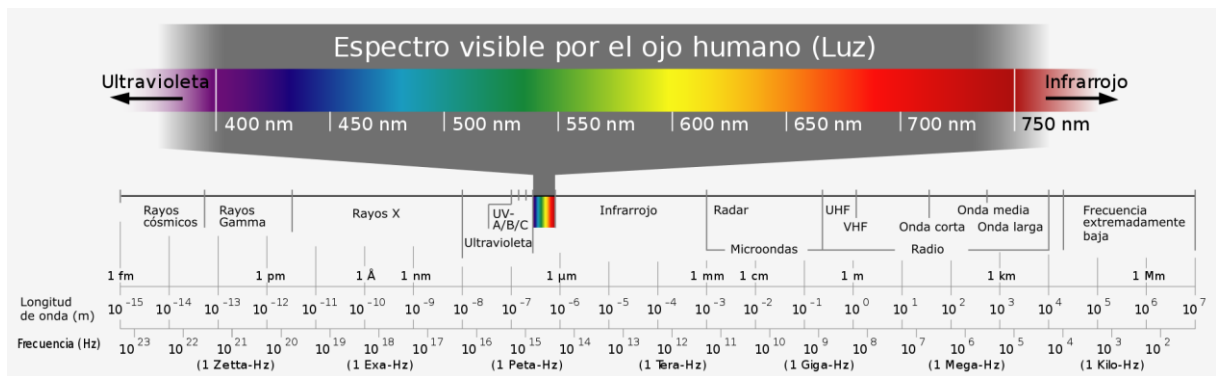


Figura N° 6: Espectro Visible, la Luz.

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_electromagn%C3%A9tico](https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico)

Tabla N° 5: Valores de longitud de onda (nm) para los diferentes colores.

Color	Longitud de onda
violeta	380–450 nm
azul	450–495 nm
verde	495–570 nm
amarillo	570–590 nm
naranja	590–620 nm
rojo	620–750 nm

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_electromagn%C3%A9tico](https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico)

Mediante estudios realizados por diferentes investigadores se demuestra que la energía solar recibida por unidad de tiempo sobre una superficie plana perpendicularmente a los rayos del sol establece un valor de 4921 kJ/m<sup>2</sup>.h, 1367 W/m<sup>2</sup> o 1.96 cal/m<sup>2</sup>, donde este valor representa una constante solar de máxima densidad de flujo energético, no obstante que dicho valor será la que realmente es aprovechada o interceptada en la tierra ya que la emisión solar irradiante en algún punto de la faz de la tierra depende de algunos factores como: 1) En su rotación se tiene movimiento alrededor de su propio eje, inclinación del eje y esfericidad terrestre; 2) En su traslación movimiento alrededor del sol, presentando estaciones diferentes durante el año por tener una órbita elíptica que genera los solsticios de verano e invierno y los equinoccio de otoño y primavera; 3) Además los rayos solares atraviesan la atmosfera terrestre. La rotación de la Tierra la realiza en un día sideral de 23 horas, 56 minutos y 4,91 segundos con una velocidad de rotación de 7,3 x 10<sup>5</sup> rad/s. El eje de rotación de la Tierra tiene

una inclinación de  $23,45^\circ$  respecto a la normal de la elíptica. A todo esto, los factores más relevantes que permiten obtener la energía solar terrestre en algún lugar de la Tierra son el ángulo con que incide los rayos solares en ese punto y el tiempo de exposición a la radiación solar; esta información fue adquirida de la investigación hecha por la Universidad Nacional de Ingeniería en la facultad de ciencias (BRICEÑO YACTAYO, 2015, párr 1).

De acuerdo a la tesis de la Universidad Nacional Autónoma de México, facultad de Ingeniería, especifica que el beneficio que se tiene de la energía solar mediante su transformación y transferencia es obtener electricidad y calor, estudios que se realizan tomando las necesidades de los seres humanos (CONDE SANCHEZ & RAMOS MATEOS, 2014).

Además, esta investigación demuestra que la radiación solar llega a la superficie de la tierra de 3 formas diferentes:

- Radiación Directa. - es toda radiación incidente que se proyecta directamente hacia el área superficial del objeto sin ningún cambio en su trayectoria, generando sombras y es la que más realza en días despejados.
- Radiación Difusa. - es aquella energía que habiendo incidido con algún elemento de la atmosfera (nubes, polvo, contaminantes, vapor de agua, etc.) siendo desviada, estos rayos solares son predominantes en los días nublados.
- Radiación reflejada o albedo. - esta energía es la emisión de los rayos solares que reflejan desde la capa superficial del suelo terrestre, depende mucho del lugar donde incide, el ángulo de la dispersión es diferente en agua o en nieve, en madera, vidrio, calamina, etc.

Durante la investigación para poder interpretar la ciencia que se pueda relacionar directamente con la teoría y los alcances que lleguen a facilitar la forma clara de relacionar la radiación solar, los medios receptores y sus propiedades, la velocidad con la que se desarrolla y los cambios físicos y químicos de cada componente, se estudió las ciencias que se relacionan directamente con la teoría.

La termodinámica es una ciencia que tiene como principio fundamental la conservación de la energía, y se refiere a las interacciones de los componentes físicos de un sistema con sus alrededores mediante el concepto de trabajo y calor. De aquí que surge las dos leyes más importantes de esta ciencia: 1ra) ley que establece que la energía no se crea ni se destruye solo se transforma y la 2da) ley afirma a la energía que tiene calidad como cantidad. Ciencia que trata sistemas en equilibrio que según su teoría se puede pronosticar la proporción necesaria de energía que pueda llevar un sistema de estado de equilibrio a otro, sin facilitarnos la rapidez en la que se realizó el cambio, debido a que los procesos reales ocurren hacia donde se disminuye la calidad de energía y que se encontraba en estado estable en el instante de la transformación (Cengel & Boles, 2012)(p. 2).

La transferencia de calor como ciencia estudia la rapidez o razón de un proceso y se define como la energía en tránsito debido a una diferencia de temperaturas; esta ciencia a la vez que explica como la energía térmica o flujo de calor puede ser transmitida también puede revelar la velocidad como se presente con cierta naturaleza y tenga momento la transferencia (Frank P. INCROPERA, 1999)(p.2).

Teniendo razonamiento sobre la ingeniería y optando por realizar los cálculos necesarios y poder diseñar la infraestructura, sus procesos y el resultado final de dicho sistema, se tiene que investigar a fondo los diferentes mecanismos de transferencia de calor que mediante libros y tesis de investigación detallan con una teoría alcanzable a la realidad y que se ajustan a diferentes procesos, además se sabe que la termodinámica aplica estudios de naturaleza a la estabilidad de la materia y la transferencia de calor es inherentemente una transformación de no estabilidad, debe existir un gradiente de temperatura, y que cuantifica la prontitud a la que se desarrolla una transferencia de calor, existiendo cuatro mecanismos físicos (Frank P. INCROPERA, 1999)(p.2):

- Conducción o movimiento molecular aleatorio.
- Convección o combinación de dos movimientos, aleatoria y macroscópica.
- Radiación o emisión de ondas electromagnéticas.
- Transferencia de calor por cambio de fase.

Conducción se considera como la transferencia de calor por difusión (movimiento molecular aleatorio), se refiere al transporte de energía en un medio (sólido, líquido o gaseoso) de mayor temperatura a una de menor temperatura; que mediante la ecuación física conocida con el nombre de ley de Fourier se puede cuantificar como una corriente de calor o transmisión de calor por magnitud de área se transfiere a una velocidad en la dirección lineal única, y en los términos de esta ecuación se demuestra cada una de los elementos con sus propiedades que integran el mecanismo físico siendo directamente proporcional a la variación de temperatura y tiene una constante de proporcionalidad que es su conductividad térmica e inversamente proporcional a la longitud unitaria que es la barrera por donde transcurre la transferencia de calor (Frank P. INCROPERA, 1999)(p.44).

Su comportamiento es de dos mecanismos combinados de la conducción (movimiento molecular aleatorio) y del movimiento del fluido (movimiento global o macroscópico), es el medio de transferencia de calor que una superficie sólida y el líquido o gas adyacente en movimiento son vinculados, generando una región de capa límite hidrodinámica o de velocidad, que varía desde cero hacia un valor finito asociado con el flujo desde la superficie hacia el fluido respectivamente (Frank P. INCROPERA, 1999)(p.332).

Estableciendo la forma de estimular el flujo se clasifica la transferencia de calor en este mecanismo como convección forzada y convección libre o natural.

- Convección forzada. - es cuando se suma al movimiento de mezcla algún elemento externo, como ventilador, bomba, agitador.
- Convección libre o natural. - es cuando la circulación u oscilación de mezclado se realiza mediante la diferencia de densidades producto del gradiente de temperaturas.

La radiación es un medio de transferir calor mediante la emisión solar el cual tiene características diferentes a los mecanismos de conducción y convección, es una energía emitida la materia por la variación de temperatura que se presenta en su superficie y es transmitida en forma de ondas electromagnéticas (o fotones). En esta sección se tiene presente las ondas electromagnéticas y el espectro

electromagnético, empezando por idealizar el cuerpo negro, su radiación y función, apoyándonos en las leyes de Stefan-Boltzmann, Planck y del desplazamiento de Wien (CENGEL, 2007, p.663).

La irradiación térmica es la energía emitida por un elemento u objeto que se encuentra a una temperatura limitada y su transferencia de calor es de manera más eficiente en el vacío que evita la pérdida de energía, no requiere materia. Sin embargo, el sólido se puede enfriar y alcanzar el equilibrio termodinámico con sus alrededores. Este mecanismo se relaciona por la liberación de energía mediante oscilaciones o transiciones de la cantidad de electrones que constituye la materia, como la propagación de ondas electromagnéticas (Frank P. INCROPERA, 1999)(p.634).

Este mecanismo de transferencia de calor es el más indicado que con su teoría demuestra como tener el sustento necesario para poder demostrar físicamente los cálculos, características y funciones para poder hacer este proyecto de diseño sistema de calentamiento de agua termo solar de 7litro/min.

Además, se tiene otro principio como la transmisión de calor por convección natural, mecanismo que se desarrolla en el colector solar con tubos al vacío, fabricados de vidrio y espacios de aire, en dependencia del fluido teniendo como modelos principales a los tubos termosifónicos y tubos calóricos.

El ámbito geográfico en que se desarrollará el proyecto está ubicado en la Región Natural Selva Alta (Yunga Tropical), con altitud 700 m.s.n.m., destacan los andes septentrionales o páramos, como los de Santa Ana y Tabaconas que ocupan un área pequeña de la cordillera occidental, al norte de los andes peruanos entre los ríos Blanco, Tabaconas (aguas Arriba) y Canchis, que se caracteriza por ser una zona de bosques montañosos casi permanentemente lluviosos y nublados, con climas de 16 °C, con máxima de 29 °C y mínimas de 16 °C (ELICARU, 2016, párr. 3).

La localidad de La Balsa se desarrolla en una zona de topografía accidentada, con numerosos valles interandinos, de selva alta y de la sierra, separados entre sí por relieves de hasta 4,000 m.s.n.m. y más metros en sus sectores interandinos y de menor altitud en la parte septentrional que corresponde a la selva, y en su

sector sur oeste donde abarca zona Marañón en territorio de Cajamarca. Recorre territorios de las provincias de San Ignacio y Jaén, formando con sus afluentes un valioso valle de Selva Alta. Los ríos San Francisco. Principales ríos son: el río Chinchipe, que es el mayor afluente del Marañón en territorio de Cajamarca. Recorre territorios de las provincias de San Ignacio y Jaén, formando con sus afluentes un valioso valle de Selva Alta. Los ríos San Francisco y Canchis, afluentes del Chinchipe por sus márgenes izquierda y derecha, respectivamente, sirven de límite al Perú con Ecuador, de acuerdo al Protocolo de Río de Janeiro.

El terreno donde se ejecutará el presente Proyecto de investigación, es de topografía accidentada, no existe problemas de derrumbes y deslizamientos. Cada 30 años aproximadamente se presentan inundaciones.

El tipo de suelo de fundación es propio de valles que se encuentra a lo largo de las márgenes de la quebrada el Mango, que presenta suelos aluviales, con presencia de suelos arcillosos arenosos de capacidad portante de 1.2 Kg/cm<sup>2</sup>, la segunda capa está conformada por material de grava compacta, de capacidad portante alta.



Figura N° 7: Ubicación geográfica de lugar donde se ejecutará el proyecto

Fuente: Elaboración propio, imagen sacada del Google Earth,

En nuestro País por sus condiciones orográficas, climáticas, oceanográficas, geográficas y otras que le confieren un elevado potencial de energías renovables,



determina tres grandes regiones: Costa, Sierra y Selva. Teniendo una disponibilidad de energía solar potencialmente uniforme en todas las localidades verificando valores que relaciones con diferentes países del mundo (SENAMHI, 2003, párr. 1).

Mediante una evaluación anual se registran las zonas geográficamente con mayor potencial de irradiación solar, información tomada del SENAMHI, como:

- ❖ Costa Sur (16° a 18° S) con 6.0 a 6.5 kW h/m<sup>2</sup>.
- ❖ Costa Norte (3° a 8° S) con 5.5 a 6.0 kW h/m<sup>2</sup>.
- ❖ Gran parte de la Sierra sobre los 2500 msnm con el siguiente orden: Sierra Sur, Sierra Central y Sierra Norte.
- ❖ Selva (0° a 2° S) con 4.5 a 5.0 kW h/m<sup>2</sup> aquí se registran los valores más bajos.

La ciudad de La Balsa está ubicada en la Sierra Norte, presentando un potencial energético muy beneficioso para ser aprovechado. Del Atlas solar se extrae los promedios mensuales de irradiación solar incidente sobre la superficie en la Balsa, tabla N° 6.

Tabla N° 6: Promedio mensual de Radiación Global en La Balsa-Namballe-San Ignacio.

Meses	H <sub>G</sub> (kW-h/m <sup>2</sup> )		
	Máx.	Min.	Prom.
Enero	5.0	4.5	4.8
Febrero	4.5	4.0	4.3
Marzo	4.5	4.0	4.3
Abril	5.0	4.5	4.8
Mayo	5.5	5.0	5.3
Junio	5.5	5.0	5.3
Julio	5.5	5.0	5.3
Agosto	5.0	4.5	4.8
Setiembre	5.5	5.0	5.3
Octubre	5.0	4.5	4.8
Noviembre	6.5	6.0	6.3
Diciembre	5.0	4.5	4.8
<b>PROMEDIO ANUAL</b>	5.2	4.7	5.0

Fuente: Atlas de Energía Solar del Perú.

En este proyecto se estudia un diseño de sistema de calentamiento de agua termo solar mediante colectores solares de tubos al vacío, cumpliendo las normas vigentes de aplicación y teniendo en cuenta la reglamentación siguiente:

- ✓ Reglamento nacional de construcción.
- ✓ Código nacional de electricidad.
- ✓ Reglamento de seguridad y salud en el trabajo.

Además, existe una institución que protege la normativa técnica, INDECOPI, el cual tiene como funciones principales el impulso a la plaza y la conservación de los derechos de los clientes, fomentando una riqueza de instrucción honrada con intachable competencia, resguardando la participación teórica, los signos distintivos y los derechos del autor hasta las patentes y la biotecnología, logrando una plena complacencia reciproca entres sus usuarios: el origen, el capitalista y el estado.

Esta Norma Técnica Peruana (NTP), facilita el alcance para poder desarrollar sistemas mediante el uso de una energía renovable (radiación solar), se presentan las que tiene mayor alcance:

- Para Método de ensayo que determina la eficiencia de los colectores solares Norma Técnica Peruana, NTP 399.400:2001/R. 126-2001-INDECOPI-CRT (2001.11.03). COLECTORES SOLARES.
- Para Fundamentos para su dimensionamiento eficiente, Norma Técnica Peruana, NTP 399.404/R.D. 80-2006/CRT-INDECOPI-CRT (2006.10.13). SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR (SCAES).
- Para Procedimiento para su instalación eficiente, Norma Técnica Peruana, NTP 399.482/R. 7-2007/INDECOPI-CRT (2007.02.07). SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR (SCAES).
- Para Caracterizar y lograr pronóstico anual de su rendimiento mediante ensayos en exterior, Norma Técnica Peruana, NTP 399.405/R. 52-2007/INDECOPI-CRT (2007.06.20). SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR (SCAES).
- Para Límites y etiquetado, Norma Técnica Peruana, NTP 399.405/R. 46-2008/INDECOPI-CRT (2008.04.12). SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA TERMO SOLAR (SCATS).
- Algunos Métodos de prueba para determinar el rendimiento térmico de los colectores solares, ANSI/ASHRAE 93-1986 (RA 91).
- Para Instalaciones con energía solar térmica Reglamento Nacional de Edificaciones – NORMA TÉCNICA E.M.080. INSTALACIONES CON ENERGÍA SOLAR.

### III. METODOLOGÍA.

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación.

El tipo de investigación es básica; además este proyecto se define a la investigación como no experimental, y se cataloga como transeccional o transversal, sistemático y empírico; además se tiene presente que en este diseño

las variables independientes no se manipulan, cuya inferencia sobre la relación de las variables se realiza sin intervención o influencia directa. La investigación no experimental transeccional o transversal descriptivos y correlacionales-causales, es captar datos por única vez en un solo momento cuyo propósito es analizar lo que está sucediendo en esos instantes de la investigación, pudiendo ser retrospectivos (relaciones a partir de las variables independientes), prospectivos (relaciones a partir de las variables dependientes) y causalidad múltiple (relaciones a partir de la variabilidad amplia de las independientes y dependientes) (Roberto HERNÁNDEZ SAMPIERI, 2014.)(p.126).

### 3.2. Variables y Operacionalización.

El proyecto de Investigación se conforma de las variables independiente y dependiente, que se definen de forma conceptual y operacional, para poder lograr una buena investigación, la variable Independiente es el Diseño de sistema de calentamiento de agua termo solar 7litros /min (ver tabla N° 7) y la variable Dependiente es Optimizar la producción de semilla de alevines de Tilapia (ver tabla N° 8).

Tabla N°7: Definición de la variable Independiente.

Variable	Tipo	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de Medición
Independiente: Diseño de sistema de calentamiento de agua termo solar 7litros /min.	Cuantitativa discreta (MARTIN A , 2011, p.7).	Dispositivo que utiliza la energía solar (radiación) que llega a la superficie terrestre (irradiación), que mediante el uso de colectores solares calentar agua, a veces por medio de otras sustancias, como aceite, salmuera, glicol, o incluso aire, cuyo principio es mantener el agua a una temperatura necesaria (Metodología de Investigación., 2018, párr.1).	Energía térmica absorbida por el colector solar generando cambios de temperatura, presión y volumen del agua mediante la transferencia de calor por radiación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Temperatura.</li> <li>✓ Presión.</li> <li>✓ Volumen.</li> <li>✓ Transferencia de calor.</li> <li>✓ Caudal.</li> <li>✓ Energía solar. (rosybelcaicedo., 2016, párr. 15).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variación de Temperatura.</li> <li>• Variación de Presiones.</li> <li>• Variación de Volúmenes.</li> <li>• Flujo de calor.</li> <li>• Transferencia de calor por unidad de longitud.</li> <li>• Flujo Volumétrico.</li> <li>• Flujo másico.</li> <li>• Conductividad térmica.</li> <li>• Coeficiente de transferencia de calor.</li> <li>• Energía incidente en la superficie de la tierra (Irradiación solar) (rosybelcaicedo., 2016, párr. 15)</li> </ul>	Termómetro , escala en unidades Celsius, °C; y unidades kelvin, K.  Piranómetro , en unidades de W/m².  Manómetro, en unidades de kPa, Psi.  Barómetro, en unidades de Bar, kPa.	Intervalo y razón o proporción (CORONA ADO, 2007, p.220).

Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla N°8: Definición de la variable Dependiente.

Variable	Tipo	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de Medición
Dependiente: Optimizar la producción de semilla de alevines de Tilapia.	Cuantitativa discreta (MARTINA, 2011, p.7).	Capacidad de mejorar la producción de alevines de Tilapias, mediante la prolífera incubación de sus especies durante toda la época del año (Metodología de Investigación., 2018, párr.1).	Realizar una línea base antes de poner en marcha el sistema, luego obtener datos longitudinales durante el funcionamiento del sistema, generando una tabla de datos que serán relacionados mediante la información para obtener la eficiencia, la mejora y sus ventajas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Temperatura.</li> <li>✓ Transferencia de calor.</li> <li>✓ Caudal.</li> <li>✓ Nivel de Producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variación de Temperatura.</li> <li>• Transferencia de calor por unidad de longitud.</li> <li>• Flujo Volumétrico.</li> <li>• Conductividad térmica.</li> <li>• Coeficiente de transferencia de calor.</li> <li>• Porcentajes de optimización productiva.</li> </ul>	<p>Termómetro, escala en unidades Celsius, °C; y unidades kelvin, K.</p> <p>Ficha de recolección de datos, en un archivo MS Excel.</p>	<p>Intervalar, Razón o proporción. (CORONADO, 2007, p.220)</p>

Fuente: Elaborado por el autor.

### 3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis.

#### 3.3.1. Unidad de análisis (UA).

Optimizar la producción de semilla de alevines de Tilapia del módulo piscícola la Balsa – San Ignacio – Cajamarca.

#### 3.3.2. Población (N).

Al conjunto de casos que concilian con una colección de especificaciones y características que describen el proyecto de investigación, se designa población (Roberto HERNÁNDEZ SAMPIERI, 2014.)(p. 174).

La población en este proyecto de investigación es la producción de alevines de Tilapia, que se tendría como resultado a la mejor calidad de agua referente a su zona de confort de acuerdo a las características de incubación de las especies marinas, en el módulo piscícola la Balsa.

#### 3.3.3. Muestra (n).

La muestra debe tener dos procedimientos que son: el tamaño de muestra y su procedimiento de selección, que es necesario ambas si fuera una muestra de clase probabilística, pero en este proyecto de investigación se tiene que realizar muestra de clase no probabilística, sabiendo que el tamaño de muestra si es necesario pero su procedimiento de selección es más bien dirigida (Roberto HERNÁNDEZ SAMPIERI, 2014.)(p.175).

La muestra sería la zona de incubación de los alevines de Tilapia a una temperatura de 28°C de acuerdo al desempeño que el sistema proceda durante su funcionamiento de transferir calor por radiación solar al agua.

#### 3.3.4. Muestreo.

La técnica de muestreo es al azar, como cuando se utiliza para seleccionar muestras telefónicas (Roberto HERNÁNDEZ SAMPIERI, 2014.)(p.190).

En esta etapa se verifica en cada zona de incubación el nivel de producción de las semillas de alevines en comparación con los tiempos y las cantidades de especies en desahobe.

#### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

La acumulación de apuntes o cifras para este proyecto de investigación que tiene como alcance descriptivo es mediante la toma de datos estadísticos.

##### 3.4.1. Técnica.

Es mediante la recopilación de datos de las diferentes instituciones que realizan mediciones a gran escala y con una antigüedad en vigencia de información mayor a 5 años, se tiene al SENAMHI, Auto solar, etc.

##### 3.4.2. Instrumento.

Todo Instrumento de recolección de datos o medición, debe unificar tres requisitos esenciales: confiabilidad, validez y objetividad (Roberto HERNÁNDEZ SAMPIERI, 2014.) (p.200).

Es por ello que el instrumento a utilizar cumple con las siguientes cualidades y además adjunta a este proyecto de investigación sus resultados obtenidos: antes, durante y después, generando una línea base o matriz de investigación.

##### 3.4.3. La confiabilidad.

Confiabilidad es aplicar factores de investigación concretos a un hecho o ítem, llegando a obtener como consecuencia valores similares, consistentes y coherentes (Roberto HERNÁNDEZ SAMPIERI, 2014.) (p. 200).

Este requisito cumple con una característica de recolección de datos en forma reiterada y sin tener variantes de mucha envergadura que genere la desconfianza en la elaboración del proyecto de investigación.



#### 3.4.4. La validez.

Un instrumento se puede caracterizar como valido cuando su función es justamente puntualizar su desenlace hacia lo que efectivamente desea evaluar (Roberto HERNÁNDEZ SAMPIERI, 2014.) (p. 200).

Además, la validez tiene tres diferentes tipos de certeza que se relacionan para poder lograr su validez total, como la relación de contenido, relación con el criterio, relación con el constructo. Todas estas certezas se resumen en su dominio específico de contenido (certeza de relacionar con un contenido), comparar resultados con algún criterio externo (certeza de relacionar con un criterio) y como representa y mide un concepto teórico o constructo (certeza de relacionar con un marco teórico o constructo) (Roberto HERNÁNDEZ SAMPIERI, 2014.) (p.201- 203).

La validez del instrumento de medición en este proyecto de investigación se formula mediante las evidencias de contenido, criterio y constructo, logrando un alto porcentaje de evidencia de la variable a medir para que se demuestre valido y consecuente y obtener los resultados idóneos y verdaderos durante la investigación.

#### 3.4.5. La objetividad.

La objetividad en un instrumento resulta penetrable hacia la actitud puesta del investigador mediante su dominio en forma parcial y concreta, logrando tener una visión clara de la afectación hacia un investigado (Roberto HERNÁNDEZ SAMPIERI, 2014.) (p. 206).

Mediante este requisito se tiene presente que el instrumento de recolección de datos es dirigido al proyecto de investigación cumpliendo con toda la penetración posible a las variables a investigar, sin tener que salir de su contexto y tendencia.

#### 3.5. Procedimientos.

Mediante la utilización de la matemática aplicada a la ciencia, formulas y propiedades termofísicas de la materia a intervenir y los datos estadísticos

del cuaderno de reportes diario del personal encargado en la piscícola; se contribuyó a cuantificar los niveles de producción, temperatura del ambiente y del agua; además obteniendo los datos de la oferta y demanda del mercado como fuente de producción.

### 3.6. Método de análisis de datos.

El método más usual es realizarlo mediante cálculos estadísticos de acuerdo a la necesidad para poder resolver la problemática en forma puntual y explícita.

### 3.7. Aspectos éticos.

El compromiso ético es realizar la investigación con la mejor intención verosímil de los resultados y la confiabilidad de los datos, conservando el derecho a la privacidad del módulo de piscícola la Balsa en toda su información facilitada por su representada, además se explicará con honestidad sobre todo lo relacionado con la investigación.

## IV. RESULTADOS.

Para el desarrollo de este proyecto de investigación que es de alcance descriptivo es mediante datos estadísticos y cálculos con fórmulas que demuestran la exactitud de un resultado lo más empírico y transversal de su diseño.

El proyecto de investigación se desarrolla modelando los pasos siguientes de acuerdo a la resolución de mis objetivos específicos y objetivo general que es el resultado final coherente con la necesidad de resolver el problema de este proyecto.

Los cálculos se realizan aplicando los fundamentos de transferencia de calor, según (Frank P. INCROPERA, 1999), que se basa en las siguientes leyes, números adimensionales y propiedades termofísicas:

- ✓ Ley de Fourier (Flujo de calor por conducción por unidad de área).
- ✓ Ley de enfriamiento de Newton (Flujo de calor por convección por unidad de área).

- ✓ Ley de Stefan – Boltzmann (Flujo de calor por radiación por unidad de área).
- ✓ Ley de la viscosidad de Newton (esfuerzos cortantes viscosas en forma axial y radial de los fluidos).
- ✓ Número de Reynolds (razón de las fuerzas inerciales a las viscosas).
- ✓ Número de Nusselt (razón del coeficiente de convección por su diámetro a la conductividad térmica).
- ✓ Número de Prandtl (razón de la viscosidad a la difusividad térmica).
- ✓ Número de Grashof (razón de las fuerzas de empuje a las viscosas).
- ✓ Número de Rayleigh (Producto de número de Grashof por el número de Prandtl).
- ✓ Propiedades de transporte (conductividad térmica y viscosidad cinemática).
- ✓ Propiedades termodinámicas (densidad y calor específico).

#### 4.1. Ley de Fourier:

$$q''_x = K \frac{T_1 - T_2}{L} \quad (01)$$

Datos:

$q''_x$  Flujo de calor por conducción por unidad de área (W/m<sup>2</sup>).

$K$  Conductividad térmica del material (W/m\*K).

$L$  Longitud del material (m).

$T_1$  Temperatura más alta, superficie interna (K).

$T_2$  Temperatura más baja, superficie exterior (K).

#### 4.2. Ley de enfriamiento de Newton:

$$q'' = h(T_s - T_\infty) \quad (02)$$

$$q_{conv} = hA(T_s - T_\infty) \quad (03)$$

Datos:

$q''$  Flujo de calor por convección por unidad de área (W/m<sup>2</sup>).

$q_{conv}$  Transferencia de calor por convección (W).

$h$  Coeficiente de transferencia de calor por convección del material (W/m<sup>2</sup>\*K).

$A$  Área de la superficie (m<sup>2</sup>).

$T_s$  Temperatura de superficie (K).

$T_\infty$  Temperatura del fluido (K).

4.3. Ley de Stefan-Boltzmann:

$$q''_{rad} = \epsilon\sigma(T_s^4 - T_{alr}^4) \quad (04)$$

$$q_{rad} = h_r A(T_s - T_{alr}) \quad (05)$$

$$h_r = \epsilon\sigma(T_s + T_{alr})(T_s^2 + T_{alr}^2) \quad (06)$$

Datos:

$q''_{rad}$  Flujo de calor por radiación por unidad de área (W/m<sup>2</sup>).

$q_{rad}$  Transferencia de calor por radiación (W).

$h_r$  Coeficiente de transferencia de calor por radiación (W/m<sup>2</sup>\*K).

$\epsilon$  Emisividad del material (adimensional)  $0 \leq \epsilon \leq 1$ .

$\sigma$  Constante de Stefan-Boltzmann (5.67 x 10<sup>-8</sup> W/m<sup>2</sup>\*K<sup>4</sup>).

$A$  Área de la superficie (m<sup>2</sup>).

$T_s$  Temperatura de superficie (K).

$T_{alr}$  Temperatura de los alrededores (K).

#### 4.4. Velocidad total de Transferencia de calor:

Es la energía necesaria en su totalidad que se utiliza durante la transferencia de calor

$$q = q_{conv} + q_{rad}$$

Datos:

$q$  Transferencia de calor (W).

$q_{conv}$  Transferencia de calor por convección (W).

$q_{rad}$  Transferencia de calor por radiación (W).

#### 4.5. Transferencia de calor en un intercambiador de contraflujo:

$$q = \dot{m}_h c_{p,h} (T_{h,i} - T_{h,o})$$

$$q = \dot{m}_c c_{p,c} (T_{c,o} - T_{c,i})$$

Datos:

$q$  Transferencia de calor (W).

$\dot{m}_h$  Flujo másico del fluido caliente (kg/s).

$\dot{m}_o$  Flujo másico del fluido frío (kg/s).

$c_{p,h}$  Calor Específico a presión constante del fluido caliente (J/kg.K).

$c_{p,o}$  Calor Específico a presión constante del fluido frío (J/kg.K).

$T_{h,i}$  Temperatura de entrada del fluido caliente (K).

$T_{h,o}$  Temperatura de salida del fluido caliente (K).

$T_{c,i}$  Temperatura de entrada del fluido frío (K).

$T_{c,o}$  Temperatura de salida del fluido frío (K).

4.6. Coeficiente global de transferencia de calor:

$$U = \frac{1}{R_{tot}}$$

$$R_{tot} = \frac{1}{(hA)_c} + \frac{R''_{f,c}}{(A)_c} + R_w + \frac{R''_{f,h}}{(A)_h} + \frac{1}{(hA)_h}$$

$$R_w = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi Lk}$$

Datos:

$U$  Coeficiente global de transferencia de calor (W/m<sup>2</sup>\*K).

$R_{tot}$  Resistencia total (m<sup>2</sup>\*K/W).

$R_w$  Resistencia de conducción (m<sup>2</sup>\*K/W).

$R''_{f,c}$  Facto de impureza en la superficie hacia el fluido frio (m<sup>2</sup>\*K/W).

$R''_{f,h}$  Facto de impureza en la superficie hacia el fluido caliente (m<sup>2</sup>\*K/W).

$k$  Conductividad térmica del material (W/m\*K).

$L$  Longitud del material (m).

$r_2$  Radio mayor (m).

$r_1$  Radio menor (m).

4.7. Área superficial del material:

Es el área que divide a un fluido del otro y se considera como el área de transferencia de calor entre dos superficies de control.

$$A = \pi DL$$

Datos:

$A$  Área superficial del material (m<sup>2</sup>).

$\pi$	3.141592.
$D$	Diámetro del tubo (m).
$L$	Longitud del tubo (m).

#### 4.8. Variación de Temperatura media logarítmica:

Es la diferencia de temperatura promedio apropiada para poder determinar el intercambio de calor en forma integral entre los fluidos, en un intercambiador de calor.

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_{h,i} - T_{c,i}) - (T_{h,o} - T_{c,o})}{\ln[(T_{h,i} - T_{c,i})(T_{h,o} - T_{c,o})]}$$

Datos:

$\Delta T_{ml}$	Variación de temperatura media logarítmica (K).
$T_{h,i}$	Temperatura de entrada del fluido caliente (K).
$T_{h,o}$	Temperatura de salida del fluido caliente (K).
$T_{c,i}$	Temperatura de entrada del fluido frío (K).
$T_{c,o}$	Temperatura de salida del fluido frío (K).

#### 4.9. Variación de Temperatura media:

Este resultado es utilizado para poder obtener de la tabla de datos sus propiedades termofísicas del material, para realizar los cálculos matemáticos a los diferentes procesos de transferencia de calor.

$$\Delta T_m = \frac{T_{m,i} + T_{m,o}}{2}$$

Datos:

$\Delta T_m$	Variación de temperatura media (K).
$T_{m,i}$	Temperatura de entrada del fluido (K).

$T_{m,o}$  Temperatura de salida del fluido (K).

4.10. Número de Reynolds:

$$Re_D = \frac{4\dot{m}}{\pi\mu D_i}$$

Datos:

$Re_D$  Número de Reynolds (adimensional).

$\dot{m}$  Flujo másico (kg/s).

$\mu$  Viscosidad dinámica del fluido (N.s/m<sup>2</sup>).

$D_i$  Diámetro interior del tubo (m).

$\pi$  3.141592.

4.11. Número de Nusselt:

$$Nu_D = \frac{hD}{k}$$

Datos:

$Nu_D$  Número de Nusselt (adimensional).

$h$  Coeficiente de transferencia de calor por convección del material (W/m<sup>2</sup>\*K).

$k$  Conductividad térmica del material (W/m\*K).

$D$  Diámetro interior del tubo (m).

4.12. Número de Prandtl:

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha}$$

Datos:

$Pr$  Número de Prandtl (adimensional).



$\nu$  Viscosidad cinemática del fluido (m<sup>2</sup>/s).

$\alpha$  Difusividad térmica del fluido (m<sup>2</sup>/s).

#### 4.13. Difusividad térmica

$$\alpha = \frac{k}{C_p \rho}$$

Datos:

$\alpha$  Difusividad térmica del fluido (m<sup>2</sup>/s).

$k$  Conductividad térmica del material (W/m\*K).

$C_p$  Calor Específico a presión constante del fluido (J/kg.K).

$\rho$  Densidad específica del fluido (kg/m<sup>3</sup>).

#### 4.14. Número de Grashof

$$G_{rL} = \frac{g\beta(T_i - T_o)L_c^3}{\nu^2}$$

Datos:

$G_{rL}$  Número de Grashof (adimensional).

$\beta$  Expansión volumétrica (K<sup>-1</sup>).

$g$  Gravedad en la tierra (9.81m/s<sup>2</sup>).

$T_i$  Temperatura de la superficie interior (K).

$T_o$  Temperatura de la superficie exterior (K)

$L_c$  Longitud característica de la superficie interior (m).

$\nu$  Viscosidad cinemática del fluido (m<sup>2</sup>/s).

#### 4.15. Número de Rayleigh

$$Ra_D = G_{rL} * Pr$$

Datos:

$Ra_D$  Número de Rayleigh.

$G_{rL}$  Número de Grashof (adimensional).

$P_r$  Número de Prandtl (adimensional).

#### 4.16. Número de Nusselt:

Es aplicable para flujo externo de convección libre entre la superficie y el medio ambiente, su condición es  $10^{-5} < Ra_D \leq 10^{12}$ .

$$N_u = \left\{ 0.6 + \frac{0.387 Ra_D^{1/6}}{\left[ 1 + \left( \frac{0.559}{P_r} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2$$

Datos:

$N_u$  Número de Nusselt (adimensional)

$Ra_D$  Número de Rayleigh (adimensional).

$P_r$  Número de Prandtl (adimensional).

#### 4.17. Conductividad térmica efectiva:

Según (Frank P. INCROPERA, 1999), la conductividad térmica efectiva, es la conductividad térmica que un fluido estacionario debe tener para transferir la misma cantidad de calor que el fluido en movimiento.

$$k_{ef} = 0.386 k \left( \frac{P_r}{0.861 + P_r} \right)^{1/4} (F_{cil} * Ra_D)^{1/4}$$

Condición:  $10^2 \leq F_{cil} * Ra_D \leq 10^7$ , y si fuera un valor de  $F_{cil} * Ra_D < 100$  entonces

$$k_{ef} = k$$

Datos:

$k_{ef}$  Conductividad térmica efectiva (W/m\*K).

$k$  Conductividad térmica del material (W/m\*K).

$P_r$  Número de Prandtl (adimensional).

$Ra_D$  Número de Rayleigh (adimensional).

$F_{cil}$  Número de Factor de visión del cilindro (adimensional).

4.18. Factor de Visión en un cilindro:

$$F_{cil} = \frac{\left[\ln\left(\frac{D_o}{D_i}\right)\right]^4}{L_c^3 \left(D_i^{-\frac{3}{5}} + D_o^{-\frac{3}{5}}\right)^5}$$

Datos:

$F_{cil}$  Número de Factor de visión del cilindro (adimensional).

$L_c$  Longitud característica de la superficie interior (m).

$D_o$  Diámetro exterior del tubo (m).

$D_i$  Diámetro interior del tubo (m).

## Intercambio de Calor por Contraflujo en Dos Cilindros Concentricos.

### 01      Transferencia de Calor en el Fluido Frio (Agua); Fluido que se dirige a las piscinas.

	$\mu, c$	0.000945	N.s/m <sup>2</sup> .	Viscosidad Dinámica.	Temp. Promedio	22.50 °C
					Temp. Promedio	295.65 K
	$k, c$	0.60691	W/m* K.	Conductividad Térmica.		
	$Pr, c$	6.517		Prandtl.		
	$Q, c$ $\dot{m}c$	7.00	Lts/mi n.	Flujo Volumétrico.		
		0.1167	kg/s.	Flujo Másico.		
	$Cp, c$	4180.74	J/kg*K	Calor específico.		
	$Tc, o$	301.15	K	Temperatura de salida a las piscinas.	28 °C	
	$Tc, i$	290.15	K	Temperatura de entrada del rio o quebrada.	17 °C	
	$q_{fluido}$	5365.283	W	Transferencia de calor		

### 02      Transferencia de Calor en el Fluido Caliente (Agua); fluido caloportador.

	$\mu, h$	0.000877	N.s/m <sup>2</sup> .	Viscosidad Dinámica.	Temp. Promedio	25.82 °C
					Temp. Promedio	298.97 K
	$k, h$	0.61155	W/m* K.	Conductividad Térmica.		
	$Pr, h$	5.994		Prandtl.		
	$Q, h$ $\dot{m}h$	8.00	Lts/mi n.	Flujo Volumétrico.		
		0.1333	kg/s.	Flujo Másico.		
	$Cp, h$	4179.41	J/kg*K	Calor específico.		
	$Th, o$	294.15	K	Temperatura de salida retorna al colector solar.	21 °C	
	$Th, i$	303.78	K	Temperatura de entrada sale del colector solar.	30.63 °C	
	$\Delta T$	9.6281	K	Variación de Temperatura.		

### 03      Resultados en Grados Centígrados

	$Th, i$	30.63 °C	°C	Temperatura de entrada en fluido caliente.		
--	---------	----------	----	--	--	--

	Th,o	21 °C	°C	Temperatura de salida en fluido caliente.
04	Temperatura Media Logarítmica			
	$\Delta T_{ml}$	3.27	K	Temperatura de entrada en fluido caliente.
05	Transferencia de Calor en el Intercambiador, para el Fluido Interior, Fluido Frio; fluido que se dirige a las piscinas.			
	Ø Cobre Tipo K	1/2	0.5	
	Di,c	0.01339	m	Diámetro interior del tubo.
	h <sub>1</sub>	3974.09	W/m <sup>2</sup> . K	Coefficiente de transferencia de calor por convección
	Re,D,c	11733.41		Número de Reynolds
	NuD,c	87.68		Número de Nusselt
06	Transferencia de Calor en el Intercambiador, para el Fluido Interior, Fluido Caliente; fluido caloportador.			
	Ø Cobre Tipo K	1 "	1.000 "	
	Di,h	0.00939	m	Diámetro interior del tubo.
	h <sub>2</sub>	8671.66	W/m <sup>2</sup> . K	Coefficiente de transferencia de calor por convección
	Re,D,h	20626.12		Número de Reynolds
	NuD,h	133.15		Número de Nusselt
07	Transferencia de Calor en el Intercambiador, con la Ecuación General.			
	U	2725.1814	W/m <sup>2</sup> . K	Coefficiente Global de transferencia de calor.
	L	14.330	m	Longitud del tubo intercambiador de calor.
	π	3.141592		

Tabla N° 9: Cálculo en Intercambiador de calor por contraflujo, elaboración Propia.

## Intercambio de Calor por Convección Libre en el Colector Solar.

### 08 Transferecia de Calor en el Tubo Interno del Colector Solar.

$\varnothing$ Cobre	1 "	1.000
Tipo K		"

Dint,colec.	0.02858	m	Diámetro interior metálico del colector solar.
Lc,colec.	6.422	m	Longitud del colector solar.
hc,h	2849.085	W/m <sup>2</sup> .K	Coefficiente de Transferencia de calor por convección.
Ac,h	0.57657	m <sup>2</sup>	Área superficial metálica del colector solar.
Ts,colec.	33.894	°C	Temperatura superficial del colector solar.

86.200	Por radiación
--------	---------------

### 09 Transferecia de Calor por Convección Libre en el espacio anular del Colector Solar.

Cobre	Altamente pulido	300.00 K	Sólidos metálicas y sus óxidos.
Vidrio, ventana.	2 "		Sustancias no metálicas

T,ref.	302.50	K	Temperatura de referencia para buscar en la Tabla del Libro.
--------	--------	---	--

Temp. Promedio	29.35 °C
Temp. Promedio	302.50 K

Dint,vidrio,c	0.05054	m	Diámetro interior del vidrio en el colector solar.
L,anular,c	0.01098	m	Longitud Característica anular entre el cobre y el vidrio del colector solar.
T,vidrio	24.80	°C	Temperatura superficial del tubo de vidrio en el colector solar.

$\epsilon, Cu$  0.0300 Cobre Altamente Pulido, valores de la Tabla A.11(libro de Frank P. Incropera) Temp, 300K.

$\epsilon, vidrio$  0.9 Vidrio, valores de la Tabla A.11(libro de Frank P. Incropera) Temp, 300K.

$k, aire$  0.026484 / 778 W/m.K Conductividad Térmica, valores de la Tabla A.4 (libro de Frank P. Incropera) Temp, 35.5°C, 308.65 K.

$\nu, aire$  0.000016 / 1412 m<sup>2</sup>/s Viscosidad Cinemática, Aire, valores de la Tabla A.4 (libro de Frank P. Incropera) Temp, 35.5°C, 308.65 K.

Pr,aire	0.706650 42		Prandtl, Aire, valores de la Tabla A.4 (libro de Frank P. Incropera) Temp, 35.5°C, 308.65 K.
$\mu$ , aire	0.000018 5779	N.s/m 2	Viscosidad Dinámica, Aire, valores de la Tabla A.4 (libro de Frank P. Incropera) Temp, 35.5°C, 308.65 K.
Cp,aire	1.007099 88	J/kg. K	Calor Especifico, Aire, valores de la Tabla A.4 (libro de Frank P. Incropera) Temp, 35.5°C, 308.65 K.
$\beta$ , anular	0.003305 818	1/K	Expansión Volumétrica de la temperatura promedio anular.
$g$	9.81	m/s <sup>2</sup>	Gravedad de la tierra.
$\sigma$	0.000000 0567	W/m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup>	Constante de Stefan-Boltzmann.
R,aL,anular	7149.182 897		Numero de Rayleigh.
F,cil,anular	0.127251 902		Factor del Cilindro.
Ra,anular	909.7471 229		
Kef,anular	0.046004 749	W/m. K	Conductividad Térmica Efectiva.
q,anular,conv	31.13377 783	W	Transferencia de calor por convección en el espacio anular.
q,anular,rad	0.094782 323	W	Transferencia de calor por Radiación en el espacio anular.
q,anular,total	31.22856 015	W	Total de Transferencia de calor en el espacio anular.

10 Transferencia de Calor por Convección Libre en el espacio externo del Colector con el medio ambiente.

ENERO	2019	T2M_MIN	Temp. Promedio	19.35 °C
			Temp. Promedio	292.50 K
T,ref.	292.50	K	Temperatura de referencia para buscar en la Tabla del Libro.	
T,ambiente	13.90	°C	Temperatura del entorno ambiental.	
K,ambiente	0.0257	W/m. K	Conductividad Térmica, valores de la Tabla A.4 (libro de Frank P. Incropera) Temp, 27.5°C, 300.65 K.	
$\nu$ , ambiente	0.000015 2	m <sup>2</sup> /s	Viscosidad Cinemática, Aire, valores de la Tabla A.4 (libro de Frank P. Incropera) Temp, 27.5°C, 300.65 K.	
Pr,ambiente	0.70895		Prandtl, Aire, valores de la Tabla A.4 (libro de Frank P. Incropera) Temp, 27.5°C, 300.65 K.	
$\mu$ , ambiente	0.000018 09	N.s/m 2	Viscosidad Dinámica, Aire, valores de la Tabla A.4 (libro de Frank P. Incropera) Temp, 27.5°C,	

300.65 K.

Cp,ambiente	1.006850	J/kg. K	Calor Especifico, Aire, valores de la Tabla A.4 (libro de Frank P. Incropera) Temp, 27.5°C, 300.65 K.
$\beta$ , ambiente	0.003418	1/K	Expansión Volumétrica de la temperatura promedio ambiental.
Ac,vidrio	1.019588	m <sup>2</sup>	Área superficial del tubo de vidrio del colector solar.
Ra,Do,ambiente	144383.9		Número de Rayleigh.
Nu,D,ambiente	73322		
	10.43439		Número de Nusselt
h,ambiente	827	W/m <sup>2</sup>	
	5.305976	.K	Coefficiente de transferencia de calor por convección natural.
q,conv,ambiente	58.96804	W	Transferencia de calor por convección en el espacio ambiental
	872		
q,radiac,ambiente	0.017739	W	Transferencia de calor por Radiación en el espacio ambiental.
	187		
q,total,ambiente	58.98578	W	Total de Transferencia de calor en el espacio ambiental.
	79		

Tabla N° 10: Cálculo de Intercambio de calor por convección libre, elaboración Propia.



11 Transferencia de Calor por Convección Libre comparado con la Radiación Solar.

Calculo de N° de colectores	2.85	Área captación del colector solar (m2)
	7.41	N° de colectores.

Calculo en la zona anular del colector solar.	54.1627	(W/m <sup>2</sup> )	Flujo de calor.
	9.00	horas/di a	De 8:00 am - 4:00 pm
	487.4643	(W-hr/m <sup>2</sup> /dia)	por colector
	8		N° de colectores redondeado.
	3899.714	(W-hr/m <sup>2</sup> /dia)	por N° de colectores.
			<b>MENOR</b>
	4180.00		Radiación (W-hr/m <sup>2</sup> /dia)
	4.18		Radiación (kW-hr/m <sup>2</sup> /dia)

Calculo en la zona del medio ambiente.	57.8525	(W/m <sup>2</sup> )	Flujo de calor.
	9.00	horas/di a	De 8:00 am - 4:00 pm
	520.6725	(W-hr/m <sup>2</sup> /dia)	por colector
	8		N° de colectores redondeado.
	4165.38	(W-hr/m <sup>2</sup> /dia)	por N° de colectores.
			<b>MENOR</b>
	4180.00		Radiación (W-hr/m <sup>2</sup> /dia)
	4.18		Radiación (kW-hr/m <sup>2</sup> /dia)

Tabla N° 11: Cálculo Comparativo de Transferencia de calor por convección libre y la radiación solar, elaboración Propia.

---

**CUADRO DE RESULTADOS**

---

A_c_h=0.5097 [m <sup>2</sup> ]	k_ambiente=0.0257 [w/m.K]	q_anular_radiacion=0.09478[W]
A_c_vidrio=1.019588 [m <sup>2</sup> ]	k_c=0.607 [w/m.K]	q_anular_total=29.5683 [W]
beta_ambiente=0.003418	K_ef_anular=0.05295 [w/m.K]	Q_c=7.000 [Lts/min]
beta_anular=0.003305	k_h=0.61155 [w/m.K]	q_conv_ambiente=58.9680 [W]
Cp_aire=1.0071 [J/kg.K]	L=14.33 m.	q_fluido=5365.283 [W]
Cp_ambiente=1.00685[J/kg.K]	L_c_anular=0.01264 [m]	Q_h=8.000 [Lts/min]
C_p_c=4180.740 [J/kg.K]	L_c_colector=6.422 [m]	q_radiac_ambiente=0.01773[W]
C_p_h=4179.410 [J/kg.K]	mu_aire=0.00001857[N.s/m <sup>2</sup> ]	<b>q_total_ambiente=58.9857 [W]</b>
DELTAT_h=9.6281 [K]	mu_amb=0.00001809[N.s/m <sup>2</sup> ]	Ra_asteristic_anular=1597.1598
DELTAT_ml=3.27 [K]	mu_c=0.000945 [N.s/m <sup>2</sup> ]	Ra_Do_ambiente=144383.9733
<b>D_int=0.01339m</b>	mu_h=0.000877 [N.s/m <sup>2</sup> ]	Re_D_c=11733.41
<b>D_int_c=0.02527 m</b>	m_dot_c=0.1167 [kg/s]	Re_D_h=20626.12
D_int_h=0.00939 m	m_dot_h=0.1333 [kg/s]	R_aL_anular=10893.692
<b>D_int_vidrio_c=0.05054 m</b>	nu_aire=0.00001614 [m <sup>2</sup> /s]	sigma=5.670E-08 [w/m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup> ]
epsilon_Cu=0.03	nu_ambie=0.0000152 [m <sup>2</sup> /s]	T_ambiente=13.90 [°C]
epsilon_vidrio=0.9	N_uD_ambiente=10.4343	T_c_i=290.15 [K]
F_cil_anular=0.1466	N_uD_c=87.68	T_c_o=301.15 [K]
g=9.81 m/s <sup>2</sup>	N_uD_h=133.15	T_h_i=303.78 [K]
h_1=3974.09 [KW/m <sup>2</sup> .K]	Pr_aire=0.7066	T_h_i_centigrados=30.63 [C]
h_2=8671.66 [KW/m <sup>2</sup> .K]	Pr_ambiente=0.70895	T_h_o=294.15 [K]
h_ambient=5.306 [KW/m <sup>2</sup> .K]	Pr_c=6.517	T_h_o_centigrados=21 [C]
h_c_h=3222.273 [KW/m <sup>2</sup> .K]	Pr_h=5.994	<b>T_s_c=33.894 [°C]</b>
k_aire=0.02648 [w/m.K]	q_anular_conv=29.4735 [W]	<b>T_vidrio=24.80 [°C]</b>
		U=2725.1814 [KW/m <sup>2</sup> .K]

---

#### 4.19. Cuadro de Potencial Energético Solar

Tabla N° 12: Temperatura y radiación solar, datos de la NASA.

Año	2015			2016		
Mes/Descrip	H	Tem_Min	Tem_Max	H	Tem_Min	Tem_Max
ENERO	4.17	13.7	23.79	4.49	15.24	26.08
FEBRERO	4.14	13.85	23.99	3.53	15.11	25.16
MARZO	4.01	14.4	23	3.92	15.09	24.56
ABRIL	4.28	13.55	22.78	4.4	14.35	24.37
MAYO	4.04	13.14	23.21	4.75	13.62	24.45
JUNIO	4.08	12.47	21.95	4.09	12.25	22.28
JULIO	4.24	12.68	23.15	4.32	12.27	23.28
AGOSTO	4.99	12.85	24.83	5.00	12.57	24.85
SETIEMBRE	4.96	13.24	26.19	4.99	13.39	25.44
OCTUBRE	4.71	14.11	25.78	5.67	13.61	25.77
NOVIEMBRE	5.04	14.23	26.27	5.94	13.66	26.7
DICIEMBRE	4.61	14.12	25.79	4.65	13.83	23.71

Tabla N° 13: Temperatura y radiación solar, datos de la NASA.

Año	2017			2018		
Mes/Descrip	H	Tem_Min	Tem_Max	H	Tem_Min	Tem_Max
ENERO	3.98	13.5	22.48	4.56	13.31	23.54
FEBRERO	4.36	13.84	22.6	3.75	13.76	23.71
MARZO	4.18	14.02	21.77	3.9	14.1	22.93
ABRIL	4.29	13.59	22.56	4.51	13.25	22.97
MAYO	4.01	13.44	22.68	4.24	13.15	23.4
JUNIO	4.39	12.32	22.6	4.56	11.97	23.27
JULIO	4.47	11.48	22.34	4.57	12.15	23.39
AGOSTO	4.67	12.72	24.57	4.91	12.45	23.92
SETIEMBRE	4.54	13.37	24.72	5.25	13.1	25.68
OCTUBRE	4.94	14.03	25.48	5.15	13.99	25.05
NOVIEMBRE	5.44	13.72	24.94	5.11	14.22	24.34
DICIEMBRE	4.12	13.84	24.33	4.61	13.14	24.26

Tabla N° 14: Temperatura y radiación solar, datos de la NASA.

Año	2019		
Mes/Descrip	H	Tem_Min	Tem_Max
ENERO	4.18	13.9	24.06
FEBRERO	3.68	14.74	23.62
MARZO	4.13	14.24	23.81
ABRIL	4.47	14.25	23.76
MAYO	4.21	13.54	24.31
JUNIO	4.09	12.99	22.95
JULIO	4.54	12.37	23.12
AGOSTO	4.69	12.48	23.69
SETIEMBRE	4.96	13.41	25.21
OCTUBRE	4.53	13.65	24.28
NOVIEMBRE	4.72	14.02	24.65
DICIEMBRE	4.41	14.41	23.96

#### 4.20. Componentes del sistema

Los componentes que integran al sistema termo solar que por su captación y transmisión calienta el agua de 7 litros/min, son:

- Colector solar con tubos al vacío (tubos de vidrio y espacio de aires).
- Tanque de almacenamiento o Termotanque.
- Sistema de control (Manómetro, Barómetro, Termómetro, válvulas de anti retorno).
- Tuberías de conexión al sistema de alimentación del módulo Piscícola.

#### 4.21. Colector solar con tubos al vacío (tubos de vidrio y espacio de aire).

El colector solar con tubos al vacío está conformado por un tubo interior y otro exterior en forma concéntrica separados por el vacío y son los encargados de captar la energía solar térmica irradiada en sus componentes primarios y mediante el medio de transferencia de calor por radiación absorber en gran magnitud esa percepción calorífica y transmitirlo al fluido que se encuentra en su interior.

Los modelos más relevantes de colectores solares con tubos al vacío son:

- ✓ Tubos termosifónicos.
- ✓ Tubos calóricos.

De acuerdo a sus modelos, los tubos van directamente adaptados al Termotanque, o a un cabezal que con tiene el fluido que se desea transmitir el calor.

Los colectores de conducto termosifónicos cumple el principio de convección natural por cambio de densidad debido a la variación de temperatura generando la velocidad con capa límite que es cuando el fluido cerca de la superficie del colector se calienta y por tener menos densidad sube, y el fluido que está más distante su temperatura es menor con mayor densidad se baja, este movimiento de circulación por la gradiente de temperatura se dirige hacia el Termotanque logrando que la presión del Termotanque se transmita al tubo de vidrio.

En cambio, los colectores con tubos al vacío caloríficos, que significan una tecnología avanzada con mejor eficiencia, no llevan por dentro del tubo de vidrio fluido, sino que lleva un eje central de buena conductividad térmica, baja emisividad y alta absorptividad transmitiendo el calor ganado de la irradiación solar al fluido del Termotanque.

#### 4.22. Tanque de almacenamiento o Termotanque.

El Termotanque se encarga de almacenar el fluido que pasa por los colectores termo solar a temperaturas distintas, el Termotanque contiene el agua de los circuitos de alimentación y distribución, en este recipiente se concentra los cambios físicos del fluido, proceso que genera cambios de presión del gas o fluido por cada unidad de área del Termotanque. El fluido dentro del Termotanque puede llegar a tener temperaturas que no exceda los 45°-70° C, generando gases y cambios de densidad del fluido involucrado al sistema.

El dimensionamiento del Termotanque es de acuerdo a la necesidad de abastecer al circuito de distribución durante el día y la noche que así lo requiera de acuerdo a su flujo volumétrico que tenga que calentar por hora. Teniendo presente que el dimensionamiento es clave para poder lograr la temperatura necesaria durante los días de autonomía.

#### 4.23. Sistema de control.

Este Sistema de calentamiento de agua termo solar cuenta con un sistema de control sincronizado durante el funcionamiento, además es un medio de seguridad tanto de su vida útil como el cumplimiento de sus parámetros durante la entrega de temperatura a las redes de distribución del módulo Piscícola la Balsa, dichos sistema de control es conformado por:

- ✓ Manómetro.
- ✓ Barómetro.
- ✓ Termómetro.
- ✓ Válvulas de anti retorno.

##### a. Manómetro.

El manómetro se utiliza para ver la presión y se aplica en agua, aceite y más.



Figura N° 8: Manómetro de 160 Psi, 1100 kPa.  
Fuente: Imágenes de Web.

b. Barómetro.

Medidor de presión de aire en un rendimiento estable.



Figura N° 9: Manometro de 2 Bar y 300 kPa.  
Fuente: Imágenes de Web.

c. Termómetro.

Este instrumento es muy importante en este sistema para poder graduar la temperatura de entrega a las redes de distribución secundaria del fluido que se encarga de suministrar a las piscinas de incubación del módulo de piscícola.



Figura N° 10: Sensor de temperatura SRC PT 100.  
Fuente: Imágenes de SRC.

#### 4.24. Análisis económico del sistema.

Para poder llegar a tener un análisis económico detallado y transversal del sistema de calentamiento de agua termo solar de 7 litros/min, se realizó el

siguiente cuadro de precios y costos necesario para la construcción de dicho sistema:

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDA D	CANTI DAD	PRECI O UNITA RIO	COST O PARCI AL
1	<u>SUMINISTRO</u>				
1.01	Colector solar de tubos de vacío tipo HEAT PIPE 2M-TuboSOL	un	24	S/138. 83	S/3331. 86
1.02	Tanque de Almacenamiento de agua termosolar de 120 litros y 40Psi, 99°C.	un	1	S/800. 00	S/800. 00
1.03	Tubos concéntricos de Cu 1/2"Ø - 1"Ø respectivamente para transferencia de calor 14 m long.	un	1	S/700. 00	S/700. 00
1.04	Manómetro de 160 psi.	un	1	S/35. 00	S/35. 00
1.05	Barómetro Neumático de 2 Bar.	un	1	S/80. 00	S/80. 00
1.06	Sensor de Temperatura SCR PT 100.	un	2	S/120. 00	S/240. 00
1.07	Accesorios varios (curvas, manguera, abrazadera, etc)	glb	1	S/150. 00	S/150. 00
2	<u>MONTAJE</u>				
2.01	Instalación de los componentes.	glb	1	S/800. 00	S/800. 00
2.02	Viáticos, pasajes, hospedaje.	glb	1	S/500. 00	S/500. 00
Costo total					S/6636. 86

Nota: Costo de inversión Incluido IGV en los suministros.

Tabla N° 15: Presupuesto Total del análisis económico de los componentes, elaboración propia.

Que de acuerdo a las cotizaciones y evaluación económica de cada uno de los componentes y accesorios que serán necesarios para el correcto funcionamiento del sistema, se llega a un costo total de s/.6,636.86 (Seis mil seiscientos treinta y seis con 86/100 soles); obteniendo además una comparación de costo - beneficio (VAN: s/.5,666.37, TIR: 25%) y costo – efectividad (ampliando su margen de atención a la oferta, cubriendo más el mercado con las ventas al año de las semillas de alevines a los diferentes criaderos); con esto se demuestra que es un sistema que genera un resultado prudente y con un gran impacto favorable al medio ambiente.



**ANÁLISIS DE COSTO - BENEFICIO**

costo unitario por venta de alevín:	S/. 0.15
Cantidad de incubaciones al año:	4und
número de piscinas de incubación al año:	3und
Cantidad de alevines por incubación:	1500und

RUBRO	PERIODO					
	Año 0	Año 1	Año 5	Año 6	Año 7	Año 10
<b>A.- DEMANDA DE ALEVINES</b>						
A.1.- Sin Proyecto (2 incubaciones, Abril y Agosto). cantidad de alevines encubados	3000	3000	3000	3000	3000	3000
A.2.- Con Proyecto (4 incubaciones, enero, Abril Julio y Octubre). cantidad de alevines encubados	0	18000	18000	18000	18000	18000
<b>B.- COSTOS DE INVERSIÓN</b>						
B.1.- Sin Proyecto (2 incubaciones, Abril y Agosto). Costo de inversión (incl. IGV en los suministros). Costo de Operación y mantenimiento	200	200	200	200	200	200
Costo Total Incremental	200	200	200	200	200	200
B.2.- Con Proyecto (4 incubaciones, enero, Abril Julio y Octubre). Costo de inversión (incl. IGV en los suministros).	6636.86	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
<b>Valor Residual (-)</b>						-S/. 1,778.95
Costo de Operación y mantenimiento		S/. 900.00	S/. 900.00	S/. 900.00	S/. 900.00	S/. 900.00
Costo Total Incremental	6636.86	S/900. 0.00	S/900. 0.00	S/900. 0.00	S/900. 0.00	-S/. 878.95
<b>C.- BENEFICIOS INCREMENTALES.</b>						

C.1.- Sin Proyecto (2 incubaciones, Abril y Agosto).						
Beneficio económico por la venta de alevines	S/. 450.00	S/. 450.00	S/. 450.00	S/. 450.00	S/. 450.00	S/. 450.00
C.2.- Con Proyecto (4 incubaciones, enero, Abril Julio y Octubre).						
Beneficio económico por la venta de alevines	S/. 0.00	S/. 2,700.0 0	S/. 2,700.0 0	S/. 2,700.0 0	S/. 2,700.0 0	S/. 2,700.0 0
D.- BENEFICIOS NETOS TOTALES.						
D.1.- BENEFICIOS NETOS TOTALES (Sin Proyecto).	S/. 250.00	S/. 250.00	S/. 250.00	S/. 250.00	S/. 250.00	S/. 250.00
D.2.- BENEFICIOS NETOS TOTALES (Con Proyecto).	-S/. 6,636.86	S/. 1,800.0 0	S/. 1,800.0 0	S/. 1,800.0 0	S/. 1,800.0 0	S/. 3,578.9 5

ALTERNATIVA	VAN(9%)	TIR	PRECIOS PRIVADOS
SIN PROYECTO.	S/. 1,854.41	#¡NUM!	RELACION B/C (12%)
CON PROYECTO.	S/. 5,666.37	25%	1.37

Tabla N° 16: análisis de costo-beneficio del sistema, elaboración propia.

## V. DISCUSIÓN.

De acuerdo a los cálculos y resultados obtenidos mediante la investigación realizada es posible llegar a entender que la optimización de producción de semilla de alevines de Tilapia llega a cumplir con un nivel de oferta puesto a un mercado más competitivo, lo cual se desarrolla mediante el uso de energía renovable no convencional como la energía solar, que por ser una energía no gestionable es de uso limitado y de impacto positivo al medio ambiente con un consumo menor al obtenido por la radiación solar y su temperatura.

Llegando a ser posible que este sistema de calentamiento de agua termo solar almacene fuente calorífica para los horarios nocturnos y estar en constante

funcionamiento para los horarios diurnos, manteniendo una temperatura constante durante todo el día; existiendo además el único margen de control de temperatura la salida a las piscinas mediante la variación de caudal que circula por el sistema de transferencia de calor, y que será suministrado en forma regular y consistente a cada una de las piscinas.

## **VI. CONCLUSIONES.**

- Se realizó los cálculos mediante la aplicación de las diferentes fórmulas matemáticas y propiedades termofísicas a cada uno de los componentes a intervenir en el diseño, obteniendo como resultado una demanda energética solar de 10.3746 W (35.09%) de transferencia de calor en el colector.
- Se determinó el potencial energético solar de la zona, mediante los datos obtenidos de la NASA en el área donde se va a diseñar el sistema, obteniendo una data de temperatura máxima promedio de 23.54 °C y mínima promedio de 13.07 °C, con una radiación promedio anual de 4.348 kW-hr/m<sup>2</sup>/day.
- Se realizó el dimensionamiento de los elementos mecánicos y térmicos del sistema, logrando identificar cada uno de los elementos siendo los más resaltantes los accesorios de control (Manómetro, Barómetro, Termómetro), de transferencia de calor (los tubos del intercambiador de calor), y el colector solar (la pipeta, el tubo de vidrio, el líquido calo portador).
- Se concluyó que mediante un análisis de costos por cada componente del sistema se llega a un monto de S/.6,636.86 (Seis mil seiscientos treinta y seis con 86/100 soles), siendo una inversión de 30% de su demanda real a un sistema de transferencia de calor con energía convencional.

## **VII. RECOMENDACIONES.**

- De acuerdo a los cálculos realizados, la instalación del colector solar debe de estar en un Angulo de inclinación de 15° dirigido al Norte

geográfico, para que su inclinación este a la normal de la radiación solar y tenga mayor eficiencia el sistema.

- Mantener control en el caudal del fluido que es tratado por el sistema, fluido proveniente de la quebrada que es agua a 17° C, en la entrada del intercambiador de calor, manteniendo que esta agua salga a la temperatura deseada que es de 28°C, que es mediante una llave de paso.
- Evitar que el colector solar durante las horas de funcionamiento, horas diurnas (de 8:00 am a 4:00 pm) le llegue sombra, o realice la construcción de alguna estructura que genere esa interferencia de captación solar.
- De preferencia revisar constantemente sus presiones y valores de temperatura tanto a la entrada como salida del intercambiador de calor, para evitar que el uso final del fluido tratado sea perjuicio para la piscícola.

## REFERENCIAS

Agencia Estatal de Metreologia. (23 de Octubre de 2018).

[https://www.google.com.pe/search?ei=9x0OXY-HMsPC5OUPlomvsAQ&q=aemet+madrid&oq=aemet&gs\\_l=psy-ab.1.1.0i67l3j0l2j0i67l2j0l3.35721.36912..39435...0.0..0.202.749.0j4j1.....0..1..gws-wiz.....0i71.1yFQMJs36tM](https://www.google.com.pe/search?ei=9x0OXY-HMsPC5OUPlomvsAQ&q=aemet+madrid&oq=aemet&gs_l=psy-ab.1.1.0i67l3j0l2j0i67l2j0l3.35721.36912..39435...0.0..0.202.749.0j4j1.....0..1..gws-wiz.....0i71.1yFQMJs36tM). Obtenido de [https://www.google.com.pe/search?ei=rrvPW8jOF4nysQWPybDgDg&q=radiacion+solar+pdf&oq=radiacion+solar&gs\\_l=psy-ab.1.0.35i39k1j0i67k1j0i7i30k1l8.5368.5368.0.7056.1.1.0.0.0.0.543.543.5-1.1.0....0...1c.1.64.psy-ab..0.1.543....0.mOH-sxcTWJA](https://www.google.com.pe/search?ei=rrvPW8jOF4nysQWPybDgDg&q=radiacion+solar+pdf&oq=radiacion+solar&gs_l=psy-ab.1.0.35i39k1j0i67k1j0i7i30k1l8.5368.5368.0.7056.1.1.0.0.0.0.543.543.5-1.1.0....0...1c.1.64.psy-ab..0.1.543....0.mOH-sxcTWJA): [http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion\\_Solar.pdf](http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion_Solar.pdf)

Agencia Estatal de Metreologia. (23 de Octubre de 2018, párr. 4).

[https://www.google.com.pe/search?ei=9x0OXY-HMsPC5OUPlomvsAQ&q=aemet+madrid&oq=aemet&gs\\_l=psy-ab.1.1.0i67l3j0l2j0i67l2j0l3.35721.36912..39435...0.0..0.202.749.0j4j1.....0..1..gws-wiz.....0i71.1yFQMJs36tM](https://www.google.com.pe/search?ei=9x0OXY-HMsPC5OUPlomvsAQ&q=aemet+madrid&oq=aemet&gs_l=psy-ab.1.1.0i67l3j0l2j0i67l2j0l3.35721.36912..39435...0.0..0.202.749.0j4j1.....0..1..gws-wiz.....0i71.1yFQMJs36tM). Obtenido de [https://www.google.com.pe/search?ei=rrvPW8jOF4nysQWPybDgDg&q=radiacion+solar+pdf&oq=radiacion+solar&gs\\_l=psy-ab.1.0.35i39k1j0i67k1j0i7i30k1l8.5368.5368.0.7056.1.1.0.0.0.0.543.543.5-1.1.0....0...1c.1.64.psy-ab..0.1.543....0.mOH-sxcTWJA](https://www.google.com.pe/search?ei=rrvPW8jOF4nysQWPybDgDg&q=radiacion+solar+pdf&oq=radiacion+solar&gs_l=psy-ab.1.0.35i39k1j0i67k1j0i7i30k1l8.5368.5368.0.7056.1.1.0.0.0.0.543.543.5-1.1.0....0...1c.1.64.psy-ab..0.1.543....0.mOH-sxcTWJA): [http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion\\_Solar.pdf](http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion_Solar.pdf)

Astrofísica y Física. (28 de Junio de 2012). <https://www.astrofisicayfisica.com/>.

Obtenido de <https://www.astrofisicayfisica.com/2012/06/que-es-el-espectro-electromagnetico.html>

BORJA GALLARDO, F. J., & Et aL. (30 de Mayo de 2006, p.3308).

[https://www.google.com.pe/search?ei=h\\_6kW--pO4qxzwKmmIboCg&q=calentamiento+de+agua+con+energia+solar+para+piscicolas&oq=calentamiento+de+agua+con+energia+solar+para+piscicolas&gs\\_l=psy-](https://www.google.com.pe/search?ei=h_6kW--pO4qxzwKmmIboCg&q=calentamiento+de+agua+con+energia+solar+para+piscicolas&oq=calentamiento+de+agua+con+energia+solar+para+piscicolas&gs_l=psy-)

ab.3...724264.734390.0.734951.18.17.1.0.0.0.451.2612.0j6j3j1j1.11.0...

Recuperado el 21 de Septiembre de 2018, de

<http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v59n1/a14v59n1.pdf>

BRICEÑO YACTAYO, E. (2015, párr 1). *Tesina de Introduccion, difusion y aceptacion de tecnologia solar termica en Jauja*. Lima: Universidad Nacional de Ingenieria.

BRICEÑO YACTAYO, E. (2015.). *Tesina de Introduccion, difusion y aceptacion de tecnologia solar termica en Jauja*. Lima: Universidad Nacional de Ingenieria.

CENGEL, Y. A. (2007, p.663). *Tranferencia de calor y masa*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. 930 pp. ISBN-13: 978-970-10-6173-2.

Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2012). *Termodinamica (Séptima edicion)*. Mexico: McGRAW-HIL INTERAMERICANA EDITORES S.A. 1009 pp. ISBN: 9780073529325.

CHEN, S.-W., & Et aL. (23 de Octubre de 2018, párr. 3).

[https://scholar.google.es/scholar?as\\_ylo=2019&q=Design+of+7+liters+7+min+thermo+solar+water+heating+system+to+optimize+tilapia+fry+seed+production&hl=es&as\\_sdt=0,5](https://scholar.google.es/scholar?as_ylo=2019&q=Design+of+7+liters+7+min+thermo+solar+water+heating+system+to+optimize+tilapia+fry+seed+production&hl=es&as_sdt=0,5). Recuperado el 12 de Setiembre de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1050464818306922>

CONDE SANCHEZ, M. A., & RAMOS MATEOS, Z. A. (2014). *Tesis de diseño de un calentador solar de placa de calor para calentameinto de agua para uso domestico*. México: Universidad Nacional Autonoma de México.

CORONADO, P. J. (2007, p.220). *Escala de medicion*. Bogota D.C.: Corporación Universitaria Unitec. 104-125 pp. ISBN:1909-4302.

DATA, A., & ALGORA, C. (13 de Mayo de 2009, párr. 1).

<https://onlinelibrary.wiley.com/action/doSearch?AllField=energia+solar>.

Recuperado el 09 de Abril de 2019, de <https://sci-hub.tw/10.1002/pip.903>

ELICARU. (4 de Julio de 2016, párr. 3).

[https://www.google.com/search?ei=III1XeC0lvTA5OUPy6az0AE&q=geografia+de+la+balsa+san+ignacio&oq=geografia+de+la+balsa+san+ignacio&gs\\_l=psy-ab.12..33i160.1401404.1420605..1422901...3.0..1.1726.15228.2-3j26j1j0j2j0j2.....0....1..gws-wiz.....0i71j0i67j0j0](https://www.google.com/search?ei=III1XeC0lvTA5OUPy6az0AE&q=geografia+de+la+balsa+san+ignacio&oq=geografia+de+la+balsa+san+ignacio&gs_l=psy-ab.12..33i160.1401404.1420605..1422901...3.0..1.1726.15228.2-3j26j1j0j2j0j2.....0....1..gws-wiz.....0i71j0i67j0j0). Obtenido de <https://elicaru.wordpress.com/2016/07/04/san-ignacio/>

Florencia LANCE, C. G. (2015). *Paso a Paso Termostanque Solar de Agua* (Primera ed.). Autonomía de Buenos Aires., Argentina: Ediciones INTA. 41pp. ISBN: 978-987-521-622-8.

Frank P. INCROPERA, D. P. (1999). *Fundamentos de Transferencia de Calor* (Cuarta edición) (Cuarta. ed.). México.: PRENTICE HALL. 912 pp. ISBN: 9701701704.

GALLO, I. R. (2009, p.15). [https://www.google.com.pe/search?ei=s8TPW-q8EchK\\_Aa4jqm4DQ&q=como+capturar+la+radiaci%C3%B3n+solar+pdf&oq=como+capturar+la+radiaci%C3%B3n+solar+pdf&gs\\_l=psy-ab.12...3394.10737.0.12383.8.7.1.0.0.0.337.1219.0j1j3j1.5.0....0...1c.1.64.psy-ab..2.2.551...33i10](https://www.google.com.pe/search?ei=s8TPW-q8EchK_Aa4jqm4DQ&q=como+capturar+la+radiaci%C3%B3n+solar+pdf&oq=como+capturar+la+radiaci%C3%B3n+solar+pdf&gs_l=psy-ab.12...3394.10737.0.12383.8.7.1.0.0.0.337.1219.0j1j3j1.5.0....0...1c.1.64.psy-ab..2.2.551...33i10). Recuperado el 23 de OCTUBRE de 2018, de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17050/T42.09%20S42m.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GARCIA BUSTAMANTE, H. (2004, párr. 1).

[https://www.google.com/search?ei=eK3MXKemNoyOggecnbflBw&q=energía+termica+solar+en+el+peru&oq=energía+termica+solar+en+el+peru&gs\\_l=psy-ab.3..0i22i30.19114.30884..31394...0.0..0.420.8627.2-4j18j3.....0....1..gws-wiz.....0i71j0i131j0j0i67.HPs8t5dRUBw](https://www.google.com/search?ei=eK3MXKemNoyOggecnbflBw&q=energía+termica+solar+en+el+peru&oq=energía+termica+solar+en+el+peru&gs_l=psy-ab.3..0i22i30.19114.30884..31394...0.0..0.420.8627.2-4j18j3.....0....1..gws-wiz.....0i71j0i131j0j0i67.HPs8t5dRUBw). Recuperado el 03 de Mayo de 2019, de [http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/Congreso\\_Peru/12\\_Garcia\\_Henry.pdf](http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/Congreso_Peru/12_Garcia_Henry.pdf)

GARCÍA, I., & Et al. (2016, párr. 1).

<https://onlinelibrary.wiley.com/action/doSearch?AllField=energía+solar>. (C. ALGORA, & I. REY - STOLLE, Edits.) Recuperado el 09 de Abril de 2019, de <https://sci-hub.tw/10.1002/9781118755655.ch05>

GOMES, N. (10 de Marzo de 2017, párr. 4).

<https://www.google.com.pe/search?q=cultivos+d+tilapia+en+elmundo+2017&oq=cultivos+d+tilapia+en+elmundo+2017&aqs=chrome..69i57.14699j1j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>. Recuperado el 20 de Septiembre de 2018, de <http://elproductor.com/articulos-tecnicos/articulos-tecnicos-acuicolas/cria-de-tilapia-en-tanques/>

GREENPEACE.ORG.MX. (s.f.).

<https://www.google.com.pe/search?q=calentamiento+de+agua+con+energía+solar&oq=calentamientod+agua&aqs=chrome.4.69i57j0l5.10718j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>. Recuperado el 21 de Septiembre. de 2018, de <https://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2006/1/calentado-res-solares-energ-a.pdf>

GUERRERO, J. A. (s.f., párr. 1).

<https://www.google.com.pe/search?q=problemativa+deproduccion+de+alivinos+de+tilapia&oq=problemativa+deproduccion+de+alivinos+de+tilapia&aqs=chrome..69i57.20223j1j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>. Recuperado el 17 de SEPTIEMBRE de 2018, de [pronagro.sag.gob.hn/dmsdocument/3654](http://pronagro.sag.gob.hn/dmsdocument/3654)

GUTIÉRREZ RAMOS, A. (11 de Agosto de 2018, p.2).

[https://www.google.com/search?ei=eK3MXKemNoyOggecnbflBw&q=energía+termica+solar+en+el+peru&oq=energía+termica+solar+en+el+peru&gs\\_l=psy-ab.3..0i22i30.19114.30884..31394...0.0..0.420.8627.2-4j18j3.....0....1..gws-wiz.....0i71j0i131j0j0i67.HPs8t5dRUBw](https://www.google.com/search?ei=eK3MXKemNoyOggecnbflBw&q=energía+termica+solar+en+el+peru&oq=energía+termica+solar+en+el+peru&gs_l=psy-ab.3..0i22i30.19114.30884..31394...0.0..0.420.8627.2-4j18j3.....0....1..gws-wiz.....0i71j0i131j0j0i67.HPs8t5dRUBw). Recuperado el 03 de Mayo de 2019, de <https://elperuano.pe/noticia-el-gran-potencial-de-energia-solar-70012.aspx>

HASSAAN, M. S., & Et aL. (28 de Junio de 2019, párr. 1).

[https://scholar.google.es/scholar?as\\_ylo=2018&q=Design+of+7+liters+//+min+thermo+solar+water+heating+system+to+optimize+tilapia+fry+seed+production&hl=es&as\\_sdt=0,5](https://scholar.google.es/scholar?as_ylo=2018&q=Design+of+7+liters+//+min+thermo+solar+water+heating+system+to+optimize+tilapia+fry+seed+production&hl=es&as_sdt=0,5). Recuperado el 07 de Setiembre de 2019, de <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734256>



Herman HERNANDO HENNIG, E. a. (2017). *Inta y el Desarrollo de la Piscicultura en Argentina*. (Primera ed.). Autonomía de Buenos Aires., Argentina: Ediciones INTA. 67 pp. ISBN: 9789875218789.

HINOJOSA HERRERA, J. S. (07 de Noviembre de 2017, párr. 1). Diagnostico Termico para la Instalación de un Sistema para Calentamiento de Agua para uso sanitario unifamiliar utilizando energía Solar Térmica. *Tesis de la Universidad Técnica de Ambato*. Rio Blanco., Tungurahua., Ecuador.

LANCE, F., & GORNITZKY, C. (2015, párr. 1). *Paso a Paso Termostanque Solar de Agua*. Argentina: Ediciones INTA 2015.

MARTINA , C. M. (01 de Marzo de 2011, p.7).

[https://www.google.com/search?q=escala+de+medicion+de+variables&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=jtHCpBBnwleFRM%253A%252CSS9r\\_snF7goEHM%252C%252Fm%252F03f0bs&vet=1&usg=AI4\\_-kTp3mvm8tkUWRReF2FqLytDZ8SvQXw&sa=X&ved=2ahUKEwi85pLQ3JTjAhXcJbkGHclAAxgQ9QEwAHoECAMQA](https://www.google.com/search?q=escala+de+medicion+de+variables&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=jtHCpBBnwleFRM%253A%252CSS9r_snF7goEHM%252C%252Fm%252F03f0bs&vet=1&usg=AI4_-kTp3mvm8tkUWRReF2FqLytDZ8SvQXw&sa=X&ved=2ahUKEwi85pLQ3JTjAhXcJbkGHclAAxgQ9QEwAHoECAMQA). Obtenido de [https://es.slideshare.net/SCSF2011/012-variables-medicion?qid=3fc9a515-9680-46e4-8a55-d5a1b1c362f1&v=&b=&from\\_search=1](https://es.slideshare.net/SCSF2011/012-variables-medicion?qid=3fc9a515-9680-46e4-8a55-d5a1b1c362f1&v=&b=&from_search=1)

MENDOZA LIVIA, W. R. (Junio de 2011, p.2). Control de Temperatura y Monitoreo de pH del Agua en el proceso de incubación de Tilapias usando PLC. *Tesis PUCP*. Lima, Lima, Perú.

Metodología de Investigación. (9 de Marzo de 2018, párr.1).

<https://www.google.com/search?q=definicion+conceptual+de+variables&oq=definicion+conceptual+de+variables&aqs=chrome..69i57j0i22i30i6.12852j1j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>. Recuperado el 2 de setiembre de 2019, de <http://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2018/03/definicion-conceptual-de-las-variables.html#:~:text=Son%20definiciones%20de%20diccionario%20o,les%20denomina%20%22definiciones%20reales%22.&text=B%C3%A1sicamente%20le%20da%20el%20significado%20del>

NIÑO SANCHEZ Diego Alejandro. (03 de SEPTIEMBRE de 2006).

[https://www.google.com.pe/search?q=Producci%C3%B3n+masiva+de+cr%C3%ADas+de+tilapia+\(Tilapia+spp\)%3B+experiencias+en+Colombia+y+Ecuador.&oq=Producci%C3%B3n+masiva+de+cr%C3%ADas+de+tilapia+\(Tilapia+spp\)%3B+experiencias+en+Colombia+y+Ecuador.&aqs=chrome..69i](https://www.google.com.pe/search?q=Producci%C3%B3n+masiva+de+cr%C3%ADas+de+tilapia+(Tilapia+spp)%3B+experiencias+en+Colombia+y+Ecuador.&oq=Producci%C3%B3n+masiva+de+cr%C3%ADas+de+tilapia+(Tilapia+spp)%3B+experiencias+en+Colombia+y+Ecuador.&aqs=chrome..69i)  
Recuperado el 17 de Septiembre de 2018, de  
[https://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ISTA7/Memorias/alejandro\\_nino.doc](https://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ISTA7/Memorias/alejandro_nino.doc)

NIÑO SANCHEZ Diego Alejandro. (03 de SEPTIEMBRE de 2006, párr.01).

[https://www.google.com.pe/search?q=Producci%C3%B3n+masiva+de+cr%C3%ADas+de+tilapia+\(Tilapia+spp\)%3B+experiencias+en+Colombia+y+Ecuador.&oq=Producci%C3%B3n+masiva+de+cr%C3%ADas+de+tilapia+\(Tilapia+spp\)%3B+experiencias+en+Colombia+y+Ecuador.&aqs=chrome..69i](https://www.google.com.pe/search?q=Producci%C3%B3n+masiva+de+cr%C3%ADas+de+tilapia+(Tilapia+spp)%3B+experiencias+en+Colombia+y+Ecuador.&oq=Producci%C3%B3n+masiva+de+cr%C3%ADas+de+tilapia+(Tilapia+spp)%3B+experiencias+en+Colombia+y+Ecuador.&aqs=chrome..69i)  
Recuperado el 17 de Septiembre de 2018, de  
[https://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ISTA7/Memorias/alejandro\\_nino.doc](https://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ISTA7/Memorias/alejandro_nino.doc)

Petros Auxaopoulos, T. d. (27 de Octubre de 2018).

[https://www.google.com.pe/search?ei=rrvPW8jOF4nysQWPybDgDg&q=radiacion+solar+pdf&oq=radiacion+solar&gs\\_l=psy-ab.1.0.35i39k1j0i67k1j0i7i30k1l8.5368.5368.0.7056.1.1.0.0.0.0.543.543.5-1.1.0....0...1c.1.64.psy-ab..0.1.543....0.mOH-sxcTWJA](https://www.google.com.pe/search?ei=rrvPW8jOF4nysQWPybDgDg&q=radiacion+solar+pdf&oq=radiacion+solar&gs_l=psy-ab.1.0.35i39k1j0i67k1j0i7i30k1l8.5368.5368.0.7056.1.1.0.0.0.0.543.543.5-1.1.0....0...1c.1.64.psy-ab..0.1.543....0.mOH-sxcTWJA). Obtenido de  
[http://www.labri.fr/perso/billaud/Helios2/resources/es02/chapter\\_2\\_ES.pdf](http://www.labri.fr/perso/billaud/Helios2/resources/es02/chapter_2_ES.pdf)

Petros Auxaopoulos, T. d. (27 de Octubre de 2018, párr. 9).

[https://www.google.com.pe/search?ei=rrvPW8jOF4nysQWPybDgDg&q=radiacion+solar+pdf&oq=radiacion+solar&gs\\_l=psy-ab.1.0.35i39k1j0i67k1j0i7i30k1l8.5368.5368.0.7056.1.1.0.0.0.0.543.543.5-1.1.0....0...1c.1.64.psy-ab..0.1.543....0.mOH-sxcTWJA](https://www.google.com.pe/search?ei=rrvPW8jOF4nysQWPybDgDg&q=radiacion+solar+pdf&oq=radiacion+solar&gs_l=psy-ab.1.0.35i39k1j0i67k1j0i7i30k1l8.5368.5368.0.7056.1.1.0.0.0.0.543.543.5-1.1.0....0...1c.1.64.psy-ab..0.1.543....0.mOH-sxcTWJA). Obtenido de  
[http://www.labri.fr/perso/billaud/Helios2/resources/es02/chapter\\_2\\_ES.pdf](http://www.labri.fr/perso/billaud/Helios2/resources/es02/chapter_2_ES.pdf)

Roberto HERNÁNDEZ SAMPIERI, E. a. (2014.). *Metodología de la Investigación*. (Sexta. ed.). Mexico.: McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A. 600 pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0.

rosybelcaicedo. (2016, párr. 15). <https://www.google.com/search?ei=JR8bXa-NJcu05OUPwcGWcA&q=dimencion+de+una+variable&oq=dimencion+de+>

una+variable&gs\_l=psy-  
ab.3..0i10.1674.2533..3486...0.0..0.1024.1191.0j1j7-1.....0....1..gws-  
wiz.....0i71.pa\_XG2U2JW0. Obtenido de  
[https://sabermetodologia.wordpress.com/2016/02/08/variables-  
dimensiones-e-indicadores/](https://sabermetodologia.wordpress.com/2016/02/08/variables-dimensiones-e-indicadores/)

SAAVEDRA MARTINEZ, M. A. (04 de Agosto de 2006, p.1). Manejo de cultivo de Tilapia. 22. Managua, Managua, Nicaragua: Cidea.

SALCEDO, M. T. (14-19 de Noviembre de 2011, párr. 1).

<https://www.google.com.pe/search?q=calentamiento+de+agua+con+energía+a+solar&oq=calentamientod+agua&aqs=chrome.4.69i57j0l5.10718j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>. Recuperado el 21 de Setiembre de 2018, de <http://perusolar.org/wp-content/uploads/2012/02/SISTEMAS-DE-CALENTAMIENTO-DE-AGUA-CON-ENERGIA-SOLAR-EN-LA-CIUDAD-DE-AREQUIPA.pdf>

SÁNCHEZ DOMÍNGUEZ, P. J., & IPARRAGUIRRE VILLAVICENCIO, L. M.

(Agosto. de 2014,párr. 1). Diseño, Construcción y evaluación de colectores solares para calentamiento de agua sanitaria en la Institución Educativa Privada Cristiana Bereshi de Chimbote. *Tesis de Universidad Nacional de Santa*. Nuevo Chimbote, Chimbote, Perú.

SENAMHI. (2003, párr. 1). *Atlas de energía solar del Perú*. Senamhi, MEM. Lima - Perú.: CIP.

SHIMOKAWA SHIGUIYAMA Luis Alberto, E. a. (16 de Mayo de 2016, párr.1).

[https://www.google.com.pe/search?q=Producci%C3%B3n+masiva+de+cr%C3%ADas+de+tilapia+\(Tilapia+spp\)%3B+experiencias+en+Colombia+y+Ecuador.&oq=Producci%C3%B3n+masiva+de+cr%C3%ADas+de+tilapia+\(Tilapia+spp\)%3B+experiencias+en+Colombia+y+Ecuador.&aqs=chrome..69i](https://www.google.com.pe/search?q=Producci%C3%B3n+masiva+de+cr%C3%ADas+de+tilapia+(Tilapia+spp)%3B+experiencias+en+Colombia+y+Ecuador.&oq=Producci%C3%B3n+masiva+de+cr%C3%ADas+de+tilapia+(Tilapia+spp)%3B+experiencias+en+Colombia+y+Ecuador.&aqs=chrome..69i). Recuperado el 19 de septiembre de 2018, de [revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/download/1217/1159](http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/download/1217/1159)

VASQUEZ, S. G. (2003, párr. 1).

<https://www.google.com.pe/search?q=calentamiento+de+agua+con+energía>

*a+solar&oq=calentamientod+agua&aqs=chrome.4.69i57j0l5.10718j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8*. Recuperado el 21 de Septiembre. de 2018, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cosude/xix.pdf>

WATANABE, W. O., & aL Et. (01 de Diciembre de 2012, p.465).

*https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\_sdt=0%2C5&q=Design+of+7+liters+%2F+min+thermo+solar+water+heating+system+to+optimize+tilapia+fr+y+seed+production&btnG=*. Recuperado el 09 de Setiembre de 2019, de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/20026491051758>

WICKI, G. A., & GROMENIDA, N. (Julio de 1997, párr. 1). Estudio de Desarrollo y Produccion de Tilapia. *AquaTic*, 10.

Wikipedia. (08 de octubre de 2018, párr 7).

*https://www.google.com.pe/search?q=espectro+electromagnetico&oq=espectro+&aqs=chrome.1.69i57j0l5.4854j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8*.

Obtenido de

[https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_electromagn%C3%A9tico](https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico)

ZAVATTONI, S. A., & Et aL. (2015, párr. 1).

*https://www.sciencedirect.com/search?qs=terma%20solar&show=25&sortBy=relevance*. Recuperado el 07 de Abril de 2019, de

<https://pdf.sciencedirectassets.com/277910/1-s2.0-S1876610215X00087/1-s2.0-S1876610215005196/main.pdf?x-amz-security-token=AgoJb3JpZ2luX2VjEGYacXVzLWVhc3QtMSJIMEYCIQD2Cwg%2BiHg6JkdzSiQCy8PkBD524f%2BVWVEetkW15z7RXQIhANLPn6F2tQuo%2F0LorSkpbA92dEb40uNFCUAgd1>