

Una propuesta de cálculo del día solar local

A propose for the local solar day calculation

MSc. José Enrique Salinas-Carrillo¹, Ph.D. Oscar Leopoldo Pérez-Castañeda²,
Ph.D. Bonfilio Javier Arango-Perdomo³, MSc. Eduardo López-Sánchez⁴

¹ Depto. Ciencias de la Tierra, Instituto Tecnológico de Tehuacán, México, Email: jesalinasc@yahoo.com.mx, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4559-3132>

² Depto. Electrónica, Instituto Tecnológico de Tehuacán, México, Email: oscarleopoldo.pc@tehuacan.tecnm.mx, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3271-5479>,

³ Depto. Mecatrónica, Instituto Tecnológico de Tehuacán, México, Email: bonfilioarango@gmail.com, Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8481-3188>,

⁴ Depto. Ciencias de la tierra, Instituto Tecnológico de Tehuacán, México, Email: edulpzsan@gmail.com, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7034-0727>

Como citar: J. E. Salinas, O. L. Pérez, B. J. Arango y E. López, "Una propuesta de cálculo del día solar local", *Revista Ingenio*, 19, n°1, pp.45-51, 2022
doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.3241>

Fecha de recibido: 25 de julio de 2021
Fecha aprobación: 15 de diciembre de 2021

RESUMEN

Palabras claves:

Azimutal, día, hora, local,
programa, solar

Un concepto propio de dispositivos que funcionan través de la irradiación solar directa es el concepto día local solar. En este artículo se revisa, la utilidad y la teoría del procedimiento para calcular las horas de este día cuando se recibe irradiación solar a un punto localizado en una superficie en un punto terrestre. Se aplica la óptica de medida de la inclinación de la sombra; condiciones locales definen la cantidad de irradiación solar que se recibe en un punto particular, se obtiene la duración del día a posteriori de la medición directa del ángulo de incidencia del haz de radiación solar, se determinan los valores observados para el 12 de septiembre 2020 en Tehuacán Puebla México; ángulo mínimo inicial fue de 36.33° y el ángulo mínimo final de 49.06°, y el ángulo máximo del día fue de 74.70°. Con esa concepción acorde con las mediciones de ángulo de inclinación de la radiación, se compara la hora horaria y la hora azimutal, bajo esta óptica se da una pausa del valor del ángulo durante 30 minutos de la hora pico, esto implicaría si medimos el tiempo en ese sistema que el tiempo se ha detenido.

ABSTRACT

Key words:

Azimuthal, day, hour,
local, program, solar

In This paper there are reported the local solar day concept, the theories and the results from a proposal for compute the hours in a common day gives solar radiation from a specific point located in an earth location using the optics of the measure of solar radiation, local condition defines the length of the irradiation day a posteriori from the direct measure of the incidence angle of the beam solar radiation. It is required determine $\theta_{mini}, \theta_{minf}, \theta_{max}$ In this document the sensed day is 12th September 2020 in village of Tehuacán, Minimum angle is 36.33° in the morning and minimum angle in the afternoon is 49.06°, and the maximum angle is of 74.70° for this day in the azimuthal position. The utility of this concepts is in devices whose functions by direct solar irradiation. Under this conception it is calculated the hour following the angle of the irradiation. It is noted that it's possible to recover the conditions comparing with the usual horary. It had been noted the detention of the max angle by 30 minutes in the max angle, this implies if it is measured the time a step static in time.

1. Introducción

Por costumbre y por cultura el común de los mortales aceptamos como cierto lo que la cultura y la vida diaria nos depara y a veces no es necesario un cuestionamiento adicional, el concepto de día es un concepto que debido a los avances tecnológico y a una intrincada red de comunicación funciona con nuestro concepto de día que manejan comúnmente los relojes, pero que sucede si en lugar de ponernos en el papel de personas nos colocamos en el papel de un observador sin

conocimientos astronómicos sino únicamente con la capacidad sensible de detectar la radiación solar, es evidente que para este observador decirle que amanece o que hay sol solo lo puede comprobar a través de su sentido o sensor de irradiación solar, en la región de puebla se reportan medidas de irradiación [1]. Y se reportan resultados locales de irradiación de la región de Orizaba Veracruz México [2] y propuestas incipientes al respecto [3].

Autor para correspondencia

Correo electrónico: jesalinasc@yahoo.com.mx (José Enrique Salinas-Carrillo)



La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña
Artículo bajo la licencia CC BY-NC (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Y en tal caso, lo que el reloj anuncia podría no coincidir con lo que el detecta, si observamos su modo de vida, en el caso de depender exclusivamente de la recepción de la radiación solar no tiene mucho sentido lo que marca las leyes de los pueblos en cuestión de horario, sino más bien las cuestiones naturales que a él le suceden.

Sin lugar a dudas esta es una actitud que podría parecer retrograda, pero si analizamos con detenimiento, y vemos alrededor nuestro, podremos comprender que el día solar local, considerado como el espacio de tiempo en el que la radiación solar recibe un objeto fijo es dependiente de la posición local en la que se encuentra¹, es por eso que bien vale la pena establecer un análisis partiendo de esta óptica, ya que afecta directamente a los dispositivos que funciona a través de la radiación solar in situ exclusivamente. Estos dispositivos pueden ser una solución a la reducción del calentamiento global en cierta medida. Avances respecto al uso de la energía solar fotovoltaica complementan el avance en la lucha contra el calentamiento global [4], En este artículo se usa un procedimiento teórico deductivo-experimental, aplicado a determinar los parámetros que tiene un día solar particular en un punto en la región de Tehuacán así como el cálculo horario bajo ese concepto.

En la edad media se tiene como antecedentes el reloj solar, mismo concepto que es revisado y readaptado, así como en la época del renacimiento, hacia el 2000 a.C. los astrónomos egipcios y babilonios inventaron el reloj de sol. Un artilugio sencillo, a menudo un simple objeto alargado o regla que se fijaba sobre un lugar e indicaba la posición del sol mediante la longitud de la sombra proyectada por el palo o el pilar. [5]

Otra forma diferente de medir el tiempo está registrada por los babilonios, los egipcios, los chinos y los hindúes utilizaron el agua contenida en un recipiente graduado (Clepsidra), del que se escapaba, y hacía descender su nivel.

El nivel del agua coincidía con una escala marcada en el recipiente que señalaba las horas. Otro tipo de reloj de flujo es el de arena, que data de hace aproximadamente 500 años. [6]

2. Desarrollo

En una publicación anterior, [7] se definieron algunos conceptos necesarios para el uso del concepto día solar local, que tiene diferencias con respecto a lo que se define como día solar y día sideral [8] en este artículo avanzaremos en la obtención numérica de la hora del día en que el concepto

día solar local aporta de la radiación tomando en cuenta, los conceptos antes construidos como son índice de hora día, theta hora iésima, theta máxima, theta mínima inicial y theta mínima local y los conectaremos con una función que ajuste la radiación para un día en el que la radiación está dada con un cenit de hasta 90°. El concepto de plano cenital lo define [9], así como el de ángulo cenital lo hace [10-11]. Será requisito indispensable conocer el ángulo de radiación del sol en cada instante intermedio, en el que el observador desea conocer la hora de dicho día, así que se propone un transductor que censa ese ángulo.

El día solar local tiene varios parámetros importantes en el día [12], tomaremos en cuenta los siguientes conceptos determinables a posteriori de la medición directa de la irradiación²:

$\theta_{mini}, \theta_{max}, \theta_{minf}$ donde estos valores cumplen las condiciones siguientes:

$$0 \leq \theta_{mini}, \theta_{minf} \leq \frac{\pi}{2} \quad (1)$$

Los significados de estas variables son los siguientes y una aproximación gráfica de las mismas la da la figura 1 en donde aparecen los tres puntos definidos para el caso de un punto en un valle rodeado de montañas, en el cual la irradiación solar no llega a ese punto sino después del ángulo de inclinación mínimo inicial y se oculta la radiación en el ángulo mínimo final.

θ_{mini} : Theta mínima inicial, que es el ángulo medido respecto a la horizontal que está entre un punto proyectado colocado en una línea vertical y su sombra que cae sobre el plano horizontal.

θ_{minf} : Theta mínima final, es el ángulo más pequeño hasta el cual se forma la sombra del punto proyectado colocado en una línea vertical y su sombra cae sobre el plano después de la tarde.

θ_{max} : Theta máxima, es el ángulo mayor para el cual durante un cierto día la sombra del punto proyectada, colocando dichos puntos sobre una línea vertical y su sombra es la del cenit de ese día. Siendo esta menor o igual a 90°, este ángulo coincide con el complemento a 90, definido por otros como ángulo cenital.

¹Así una pared del lado poniente, recibe radiación durante una parte de la mañana mientras que otra colocada del lado oriente recibe radiación en una parte de la tarde.

² En el caso considerado no se toma en cuenta la radiación difusa, que no produce sombra definida.

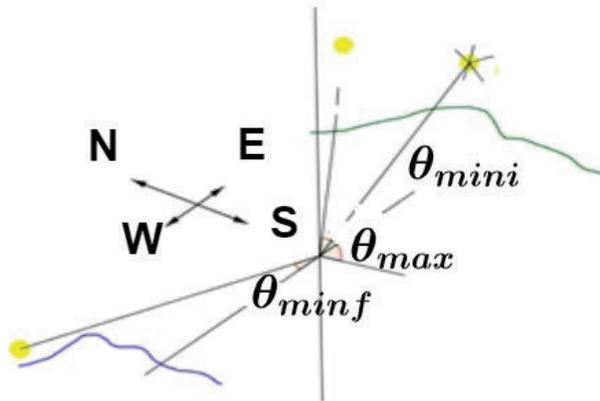


Figura 1. El significado de los parámetros θ_{mini} , θ_{minif} , θ_{max}

Ahora el parámetro definido como $horai$ satisface también el hecho de que

$$0 \leq horai \leq 6 \quad (2)$$

Y que el ángulo detectado θ_{horai} satisface

$$\theta_{mini} \text{ o } \theta_{minif} \leq \theta_{horai} \leq \theta_{max} \quad (3)$$

Y la relación directa entre θ_{horai} y $horai$ es la ecuación 4

$$\theta_{horai} = \theta_{max} * \frac{horai}{6} \quad (4)$$

Permite definir los valores de $horai_{mini}$, $horai_{minif}$ con la igualdad 5,6

$$\theta_{mini} = \theta_{max} * horai_{mini}/6 \quad (5)$$

$$\theta_{minif} = \theta_{max} * horai_{minif}/6 \quad (6)$$

Con los conceptos de $horai_{mini}$, $horai_{minif}$ aseguramos el hecho de que se considerará como la hora cero aquella en que hay radiación totalmente paralela al plano donde se toma en cuenta la medida del día solar, aún y cuando en ese instante no haya radiación incidente por las condiciones geofísicas-locales, así, que de hecho un día según esa concepción puede comenzar a transcurrir con un retraso respecto a la hora cero y análogamente finalizar en un instante diferente de la hora 12 si lo

consideramos como medido respecto al concepto, $ihora-$

día, para el cual transcurren sus valores desde 0 hasta 12.

Mediante esas nuevas definiciones se pueden establecer nuevas relaciones que involucran por un lado a los valores de θ y por otro lados a los de $horai$ así como de los derivados de ambos.

$$\theta_{mini} \leq \theta_{horai} \leq \theta_{max} \text{ o } \theta_{minif} \leq \theta_{horai} \leq \theta_{max} \quad (7)$$

$$horai_{mini} \leq horai \leq 6 \text{ o } horai_{minif} \leq horai \leq 6 \quad (8)$$

Por comodidad podemos nombrar a los valores de θ_{horai} y a los de $horai$ con un signo si los valores del mismo se encuentran en franco crecimiento o decrecimiento.

También la relación entre θ_{mini} , θ_{max} , $horai_{mini}$, θ_{minif} , $horai_{minif}$ permite obtener dada la medida de θ_{mini} , θ_{minif} definir cuál es la hora a la que aparece el sol y cuál la hora en la que se oculta $horai_{minif}$. Supongamos un sensor continuo que nos va dando sistemáticamente los valores θ y un diferenciador integrado que nos permite situar cuando θ crece o decrece. Gracias a este sensor podemos determinar con cierta precisión el valor de θ_{max} (aunque θ_{max} de antemano al inicio no se debe conocer pero se da un valor aproximado al día anterior o el de 90° en todo caso) de la misma ecuación 1 podemos determinar la hora local $horai$, si despejamos esta de la ecuación obteniéndose la Ec. 9

$$horai = 6 \frac{\theta}{\theta_{max}} = 6 \frac{rad}{rad_{max}} \quad (9)$$

Bajo esta suposición tenemos que el valor de $horai$ máxima es la de 6 y coincide cuando se tiene como medida el ángulo máximo, y también los valores mínimos de la hora soleada están relacionados con los $horai_{mini}$, $horai_{minif}$ así que realmente la duración del día soleado tal como lo plantea esa ecuación está dada como en la Ec. 10

$$horasdia = 6 + horai_{mini} + 6 - horai_{minif} = 12 - (horai_{mini} + horai_{minif}) \quad (10)$$

Y la hora precisa del día se obtiene mediante la ecuación aplicable a los momentos de radiación solar, misma que puede determinarse experimentalmente, para un día dado, con cierta precisión Ec. 11.

$$ihoradia = \chi_{horai+} horai + \chi_{horai-} (12 - horai) \quad (11)$$

Donde

$$\chi_{horai+} = \{1 \text{ si } horai \text{ crece; } 0 \text{ en caso contrario}\} \quad (12)$$

$$\chi_{horai-} = \{1 \text{ si } horai \text{ decrece, } 0 \text{ en otro caso}\} \quad (13)$$

Despejando de la ecuación 1 horai tenemos

$$horai = \frac{\theta_{horai}}{\theta_{max}} * 6 \quad (14)$$

Y sustituyendo la Ec. 14 en 11 se tiene la Ec. 15 en donde aparece el concepto horacental.

$$horacentali = \chi_{horai+} \frac{\theta_{horai}}{\theta_{max}} * 6 + \chi_{horai-} (12 - \frac{\theta_{horai}}{\theta_{max}} * 6) \quad (15)$$

Claramente el concepto horacental es función de horacental($\theta_{horai}, \theta_{max}$) y toma valores dentro del intervalo (0,12) coincidiendo la hora 6 con el cenit en θ_{max} . Este concepto está ligado directamente con la aparición de irradiación solar dirigida hacia un detector del ángulo de inclinación de la radiación solar. Y con los datos de irradiación permite saber $horacental_{in}, horacental_{fin}$, que se obtienen de sustituir en θ_{horai} a $\theta_{horai_{mini}}, \theta_{horai_{minf}}$

Las fórmulas utilizadas para calcular los valores de dichos conceptos aparecen en Tab. 1

Horacental: Concepto que se deriva de suponer que el cenit se encuentra en un día específico en el θ_{max} de ese día y de asignarle la horai de 6 que es el medio día.

Horacentalin: Es la hora que se obtiene como la hora en la que inicia la irradiación solar en el punto local en cuestión.

Horacentalfin: Es la hora que se obtiene cuando da fin la radiación en ese día, en el punto local.

$\theta_{horai_{mini}}, \theta_{horai_{minf}}$: Son los ángulos mínimos de inclinación en los cuales inicia la radiación o finaliza localmente.

3. Sobre la metodología

La metodología se basa en los puntos M1 a M4 descritos a continuación:

Tabla 1. Conceptos sus definiciones y valores

Concepto	Valores	Fórmula
ihoradia	0,1,...,12	
horai	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0	horai = 6 - 6 - ihoradia
radianhorai	0, $\frac{radianhora_{max}}{6}, \dots, \frac{radianhora_{max}}{1}, \dots, 0$	radianhorai = $\theta_{horai} * \left(\frac{\pi}{180}\right)$
horadiasuni		horadiasuni = mod(ihoradia + 6 , 12)
θ_{horai}	0, $\frac{\theta_{max}}{6}, \dots, \theta_{max}, \dots, \frac{\theta_{max}}{6}, 0$	$\theta_{horai} = \theta_{max} * \frac{horai}{6}$
horacental	[horacental _{mini} , .. horacental _{minf}]	horacentali = $\chi_{horai+} \frac{\theta_{horai}}{\theta_{max}} * 6 + \chi_{horai-} (12 - \frac{\theta_{horai}}{\theta_{max}} * 6)$

M1.- La determinación experimental local del ángulo de incidencia de radiación sobre la superficie que es considerada como local.

M2.- La teorización que permite mediante reflexiones básicas llegar a las fórmulas que arrojan a posteriori de la determinación del ángulo cenital del día en cuestión, llamado θ_{max}

M3.- La aplicación sistemática del algoritmo de cálculo que contempla el crecimiento o decrecimiento del ángulo de inclinación a través de la función característica de crecimiento y de decrecimiento del ángulo.

M4.- En la tablas 3 y 4 se muestra la secuencia de los cálculos que siguen el orden; arctan(h/d); θ_{horai} , horacental, y por último sus equivalentes t reloj decimal; hora decimal reloj cenital para fines de comparación.

4. Resultados

La Tab. 2 contiene los valores significativos para θ_{horai} obtenidos a partir de los datos de la Tab. 3. En base al valor

θ_{max} es que se efectúan los cálculos primero del concepto hora cenital, que tiene valores según la tabla 1 entre 0 y 12, y para ser más preciso entre el valor de la hora cenital para el ángulo mínimo en la mañana y para el ángulo mínimo en la tarde.

Tabla 2. Valores que definen al día local³

	rad	Grados
θ_{max}	1.30388334	74.7070123
θ_{mini}	0.63424211	36.3393963
θ_{minf}	0.85640827	49.0685797

El corolario a los cálculos de hora cenital en Tab. 3, se tiene cuando la hora cenital se convierte a hora decimal cenital, que es en base 10 su fracción, y se compara con el tiempo de reloj en fracciones decimales. Ambos tiempos son comparables y revelan como son las diferencias de la cuestión natural con la legal para esta región de Tehuacán en particular.

Como se pueden observar también algunas particularidades, en amarillo aparecen puntos horarios donde no se pudo registrar sombra⁴, esos puntos a propósito no se quitaron de los datos para ver como afectaban a los resultados, también se nota que dicha ausencia de iluminación repercute en la hora cenital dando valor 0, y en el caso de ser creciente el ángulo afecta al cálculo de la hora cenital anterior al punto sin iluminación arrojando un valor erróneo.

Otro aspecto digno de notar es el hecho de que experimentalmente se obtuvieron valores similares del ángulo θ_{horai} esto sucedió cuando el valor del ángulo fue el máximo durante 30 minutos, lo que corresponde a la fila donde está el color verde lo cual da la impresión según ese tipo de medida que el valor de horacenital se ha detenido momentáneamente.

5. Conclusiones

Los conceptos desarrollados en este artículo debidos a la detección del ángulo de inclinación de radiación solar incidente se aplican, calculando el horario bajo dicha concepción, se compara con la usual y es aplicable a los dispositivos que funcionan con radiación solar directa.

Los inconvenientes ambientales que impiden la radiación directa del sol, influyen en la determinación de valores cercanos a dichos puntos, los cuales deben ser depurados de los datos.

³Valores tomados en la ciudad de Tehuacán el día 12 de septiembre del 2020.

⁴Esto debido a las condiciones meteorológicas del día, ya que, aunque fue en general bueno en la primera parte del día coincidió con momentos de opacidad luminosa al tiempo de la medida sucedió cuando el valor del ángulo fue el máximo durante 30 minutos, lo que corresponde a la fila donde está el

Falta considerar el programa que elimine puntos sin irradiación, sistemáticamente y que decida que opera en tales casos.

Definir así la hora, puede estatizar momentáneamente el avance del tiempo debido a condiciones geográficas o astronómicas, pero para el dispositivo no resulta significativo.

Tabla 3. Los datos experimentales

Tiempo reloj	D	H	arctan(h/d)
9.52	17.4	12.8	0.63424211
10.02	16.1	12.8	0.67170375
10.12	14.9	12.8	0.70973063
10.22	13.5	12.8	0.75878848
10.32	12.5	12.8	0.79725532
10.42	11.5	12.8	0.83884516
10.52	10.8	12.8	0.86994192
11.02	9.8	12.8	0.91736999
11.12	--	12.8	
11.22	8.4	12.8	0.99003997
11.32	7.8	12.8	1.02351195
11.42	7	12.8	1.07035551
11.52	6.4	12.8	1.10714872
12.02	6	12.8	1.13245977
12.12	5.5	12.8	1.16496203
12.25	4.8	12.8	1.21202566
12.34	4.4	12.8	1.23970025
12.42	4.2	12.8	1.25374057
12.52	3.8	12.8	1.28220896
1.02	3.5	12.8	1.30388334
1.12	3.5	12.8	1.30388334
1.22	3.5	12.8	1.30388334
1.32	3.5	12.8	1.30388334
1.42	3.6	12.8	1.29662888
1.52	3.8	12.8	1.28220896
2.02	4.2	12.8	1.25374057
2.12	4.6	12.8	1.22579415
2.22	4.8	12.8	1.21202566
2.32	5.4	12.8	1.17157556
2.42	5.9	12.8	1.13888409

2.52	6.2	12.8	1.11972667	1.30388334	6	1.03	12.00
3.02	7	12.8	1.07035551	1.30388334	6	1.20	12.00
3.12	7.5	12.8	1.04078108	1.30388334	6	1.37	12.00
3.22	8.2	12.8	1.00103987	1.30388334	6	1.53	12.00
3.33	9	12.8	0.95797612	1.29662888	6.03	1.70	12.03
3.42	9.6	12.8	0.92729522	1.28220896	6.10	1.87	12.10
3.52	--	12.8		1.25374057	6.23	2.03	12.23
4.02	11.1	12.8	0.85640827	1.22579415	6.36	2.20	12.36
				1.21202566	6.42	2.37	12.42
				1.17157556	6.61	2.53	12.61
				1.13888409	6.76	2.70	12.76
				1.11972667	6.85	2.87	12.85
				1.07035551	7.07	3.03	13.07
				1.04078108	7.21	3.20	13.21
				1.00103987	7.39	3.37	13.39
				0.95797612	7.59	3.55	13.59
				0.92729522	7.73	3.70	13.73
					0	3.87	6.00

Queda por resolver la propuesta con un sensor que cense el ángulo de inclinación bajo esta óptica.

El cálculo de la hora cenital se hace a posteriori de la determinación del θ_{max} .
 Por la posición geográfica del punto no sucede el hecho de que haya un cenit múltiple, como puede ser en un punto de los polos.

Tabla 4. Los cálculos de horarios

θ_{horai}	hora cenital	t reloj dec.	horadec reloj cenital
0.63424211	2.92	9.87	8.92
0.67170375	3.09	10.03	9.09
0.70973063	3.27	10.20	9.27
0.75878848	3.49	10.37	9.49
0.79725532	3.67	10.53	9.67
0.83884516	3.86	10.70	9.86
0.86994192	4.00	10.87	10.00
0.91736999	7.78	11.03	13.78
	0	11.20	6.00
0.99003997	4.56	11.37	10.56
1.02351195	4.71	11.53	10.71
1.07035551	4.93	11.70	10.93
1.10714872	5.09	11.87	11.09
1.13245977	5.21	12.03	11.21
1.16496203	5.36	12.20	11.36
1.21202566	5.58	12.42	11.58
1.23970025	5.70	12.57	11.70
1.25374057	5.77	12.70	11.77
1.28220896	5.90	12.87	11.90

Se puede observar que en la hora sexta hay un intervalo de tiempo en el que el ángulo censado permanece constante, implicando detención del parámetro que da el tiempo.

El hecho de referenciar medidas de la década de los 90s y otras algo posteriores obedece al hecho de que son prácticamente históricas y dan una referencia respecto a las actuales.

6. Agradecimientos

Los autores agradecemos al Tecnológico Nacional de México por las facilidades al elaborar y presentar este trabajo realizado en el Instituto Tecnológico de Tehuacán. Y también agradecemos la invitación a participar en el 8th Conference of Technological Innovation, realizada por la Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia.

7. Referencias

- [1] R. J. Romero Vilorio, "Mediciones de radiación solar en la Universidad Politécnica de Puebla.," Visión Politécnica, vol. 5, n° 9, pp. 5-11, 5-Junio 2010.
- [2] J. García Bolaños, "Evaluación de una propuesta innovadora de uso de la energía solar.(informe de Residencia Profesional)," TecNM, Tehuacán, 2020.

- [3] Y. G. Bautista Castillo, “Aplicación de la energía solar en casa habitación regional. (Residencia Profesional),” TecNM, Tehuacán Puebla Mexico, 2020.
- [4] E. Espinel-Blanco, “Estudio de la generación de energía por un sistema de paneles solares y baterías,” *Rev. Ingenio* Vol 11, Num 1, p. pp. 9 a 14, Enero 2020. Doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.2392>
- [5] Curiosfera, “Historia de reloj de sol, origen e inventor,” 18 agosto 2020. [En línea]. Available: <https://curiosfera-historia.com/historia-de-reloj-de-sol-origen-e-inventor/#:~:text=El%20sacerdote%20babilonio%20Beroso%20cre%C3%B3%20el%20reloj%20de,Oriente%20Medio%20todav%C3%ADa%20en%20la%20Alta%20Edad%20Media>
- [6] Beltane , Restaurante Medieval, «El invento del reloj,» 3 noviembre 2012. [En línea]. Available: <https://restaurantebeltane.wordpress.com/tag/reloj-en-la-edad-media/>
- [7] J. E. Salinas Carrillo, “Uso de un medidor de temperatura de muestra con irradiación solar,,” *Memorias del congreso internacional Journals*, Hidalgo , p. 10, 2020.
- [8] C. Paulini, “El día solar y día sideral, diferencia entre ambos tipos de días,” 01 noviembre 2014. [En línea]. Available: https://historiaybiografias.com/dia_solar/.
- [9] Quesignificado.org, “que-es-angulo-cenital,” 2021. [En línea]. Available: <https://quesignificado.org/que-es-angulo-cenital>.
- [10] Aula facil, “Trayectoria-del-sol,” 2021. [En línea]. Available: <https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-solar-fotovoltaica-1/trayectoria-del-sol-137869>.
- [11] Holman, *Heat Transfer*, United States of America: Mc Graw Hill, 1990.
- [12] J. Uribe-Vélez, L. Ávila-Roa, y E. A. Chacón-Ramírez, “Sistema de gestión de energía bajo el paradigma de Industria 4.0 “, *Rev. Ingenio*, vol. 18, Num. 1, pp. 33–40, ene. 2021. Doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.2780>