CERTIFICACIÓN

Ing. Thuesman Estuardo Montaño Peralta

DIRECTOR DE LA TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación, cuyo tema versa en **Evaluación térmica de cocinas solares tipo caja y transferencia de tecnología en el Cantón Zapotillo Parroquia Bolaspamba Barrio Chaquino,** previa a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico**,** realizado por el señor egresado: **Jorge Manuel Correa Martínez**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizó se presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, 08 de Octubre del 2012

……..……

Ing. Thuesman Estuardo Montaño Peralta

DIRECTOR DE TESIS.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La investigación, análisis y conclusiones del presente trabajo de tesis, les corresponden exclusivamente a sus autores y el patrimonio intelectual a la Universidad Nacional de Loja.

Autorizó al Área de la Energía, las Industrias y Recursos Naturales No Renovables y por ende a la carrera de Ingeniería Electromecánica, hacer uso del presente documento en lo conveniente.

……..……

Jorge Manuel Correa Martínez
Egdo. Ingeniería Electromecánica

PENSAMIENTO

"Ningún hombre ha llegado a ser grande sin un toque de divina inspiración"
Cicerón

"Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber"
Albert Einstein

"Podrán morir las personas, pero jamás sus ideas."
Ernesto Che Guevara

DEDICATORIA

Quiero agradecerle a DIOS todopoderoso que me ayudo en toda mi carrera universitaria.

A mis Padre que desde el cielo me seguirá guiando y cuidando, a mi madre querida, a mi amada esposa, mi hija y a mis queridas hermanas quienes con su apoyo me permitieron terminar mis estudios superiores y alcanzar un título profesional.

EL AUTOR

AGRADECIMIENTOS

Es preciso dejar constancia mi agradecimiento a la ***Universidad Nacional de Loja***, al ***Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables***, representada en cada uno de los docentes, que en su momento me brindaron sus conocimientos y apoyo para la formación como futuros profesionales. De manera especial:

- Al ***Ing. Thuesman Estuardo Montaño Peralta***, Director de Tesis, por haber colaborado en la realización del presente proyecto.

- A mis familiares, compañeros y amigos que con su apoyo y ánimo me impulsaron a la culminación de mi Proyecto de Tesis.

TABLA DE CONTENIDOS

a.- TÍTULO 10
b.- RESUMEN 11
c.- INTRODUCCIÓN 12
d.- REVISIÓN DE LITERATURA 14
d.1 CAPITULO I: ENERGIA SOLAR 14
d.1.1 INTRODUCCIÓN. 14
d.1.1.1 EL SOL COMO FUENTE DE ENERGÍA 14
d.1.1.2 RADIACIÓN SOLAR TERRESTRE. 15
d.1.2 TRANSFORMACIÓN NATURAL DE LA ENERGÍA. 16
d.1.3. ENERGÍA SOLAR PASIVA. 16
d.1.4 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA. 17
d.1.4.1 COLECTORES SOLARES 17
d.1.4.2 COCINAS SOLARES 17
d.1.4.3 COCCIÓN. 18
d.1.4.3.1 TIEMPO DE COCCIÓN 18
d.1.4.3.2 RECEPCIÓN DE LOS RAYOS SOLARES 18
d.2 CAPITULO II: COCINAS SOLARES 19
d.2.1 ANTECEDENTES. 19
d.2.2 VENTAJAS DE LA COCINA SOLAR 19
d.2.3. PORQUE LA UTILIZACIÓN DE LA COCINA SOLAR. 20
d.2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS COCINAS SOLARES. 20
d.2.4.1 COCINAS DE PANEL. 20
d.2.4.2 HORNOS SOLARES O COCINAS DE CAJA. 21
d.2.4.2.1 UTILIZACIÓN DE LA COCINA SOLAR TIPO CAJA 23
d.2.4.2.2 FACTORES CULTURALES. 23
d.2.4.3 COCINAS DE CONCENTRACIÓN O REFLECTANTES. 24
d.2.4.4 COCINAS SOLARES INDIRECTAS O DE COLECTORES. 25
d.3 CAPITULO III: AJUSTE DE CURVAS 27
d.3.1 INTRODUCCIÓN 27
d.3.1.1 EL PROBLEMA DEL AJUSTE DE CURVAS 28

d.3.1.2 MODELOS LINEALES 30
d.3.1.3 ALGORITMO EN SEUDO CÓDIGO PARA AJUSTAR MODELOS LINEALES 33
d.3.3 CÁLCULO PARA EL ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE EFICIENCIA DE LAS COCINAS SOLARES TIPO CAJA. 38
d.3.7 TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA. 40
e.- MATERIALES Y MÉTODOS 43
f.- RESULTADOS 44
f.1 SISTEMATIZACIÓN DE LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y DISEÑOS CONSTRUIDOS EN EL Á.E.I.R.N.N.R DE LA UNL. 44
f.1.1 Cocina 1: C1 44
f.1.2 Cocina 2: C2 45
f.1.3 Cocina 3: C3 45
f.1.4 Cocina 4: C4 46
f.1.5 Cocina 5: C5 47
f.1.6 Cocina 6: C6 48
f.1.7 Cocina 7: C7 48
f.1.8 Cocina 8: C8 49
f.1.9 Cocina 9: C9 50
f.2 MONITOREO DE LA POTENCIALIDAD SOLAR EN LA ZONA MICROLOCALIZADA DEL SECTOR CHAQUINO. 52
f.3 VALOR COMPARATIVO DE FUNCIONAMIENTO DE LAS COCINAS SOLARES TIPO CAJA. 60
f.4 GRADO DE RECEPTABILIDAD Y ACEPTABILIDAD DE LAS COCINAS SOLARES TIPO CAJA. 99
g.- DISCUSIÓN 102
h.- CONCLUSIONES 103
i.- RECOMENDACIONES 104
j.- BIBLIOGRAFÍA 105
k.- ANEXOS 106
ANEXO A 106
Fotos de monitoreo de cocinas solares tipo caja 106

ANEXO B……..114

Encuestas realizadas a familias del proyecto de cocinas solares tipo caja….....114

ANEXO C……..123

Fechas de visitas a los monitoreos de las cocinas solares……123

ANEXO D……129

Folleto de cocinas solares tipo caja……...129

SIMBOLOGÍA

Q	Potencia (W)
$\mathbf{T}_i$	Temperatura inicial del agua
$\mathbf{T}_{i+1}$	Temperatura siguiente del agua
$\mathbf{\Delta T}_i$	Variación de temperatura (°C.)
Ec	Energía calorífica $(joules)$
m	Masa de agua (kg)
Vol	Volumen de agua
$\mathbf{c_p}$	Capacidad calorífica (4186 kJ / kgK para el agua)
Ps_i	Potencia calorífica (vatios)
$\mathbf{T_a}$	Temperatura ambiente (K)
$\mathbf{Rad_i}$	Radiación inicial watts/m2
$\mathbf{Rad_{i+1}}$	Radiación siguiente watts/m2
t	Tiempo (s)
A	Área de la cocina (m^2)
Pe_i	Potencia de entrada (vatios.)
Tf	Temperatura Final del agua.
Ti	Temperatura Inicial del agua.
η_i	Rendimiento instantáneo.
G	Radiación media en el intervalo (W/m2).
η	Eficiencia.
$\mathbf{E_i}$	Energía de entrada.
$\mathbf{E_s}$	Energía de salida.

a.- TÍTULO

"Evaluación térmica de cocinas solares tipo caja y transferencia de tecnología en el Cantón Zapotillo Parroquia Bolaspamba Barrio Chaquino"

b.- RESUMEN

El presente trabajo investigativo denominado, *Evaluación térmica de cocinas solares tipo caja y transferencia de tecnología en el Cantón Zapotillo, parroquia Bolaspamba, barrio Chaquino,* es determinar el rendimiento y análisis de dichos elementos y mediante este proceso establecer cuál de las variantes representa la mejor alternativa para la diversificación y transferencia de esta creciente y necesaria tecnología.

En el estudio se recopila y analiza los datos referentes a los muestreos de nueve cocinas, estos a su vez están resumidos en aproximadamente 100 datos válidos promedio para cada cocina.

Siendo las variables monitoreadas:

- ✓ Temperatura instantánea de la masa de prueba (Temp_i).
- ✓ Radiación solar instantánea en el sector de ensayo (Rad_i).

ABSTRACT

This research work called, Thermal, evaluation of box-type solar cookers and technology transfer in Canton Zapotillo Bolaspamba parish, neighborhood Chaquino, is to determine the performance and assessment of those factors and through this process to determine which of the variants is the best alternative for diversification and transfer of this growing and necessary technology.

The study collects and analyzes data on the sample for each kitchen, these in turn are summarized in about 100 valid data averaged for each kitchen.

Where the variables monitored are:

- ✓ Instantaneous temperature of the test mass (Temp_i).
- ✓ Solar radiation sector instant assay (Rad_i).

c.- INTRODUCCIÓN

Ecuador es uno de los países ricos en recursos energéticos destacándose especialmente en la explotación de sus recursos petrolero e hidráulicos, que son la base de la producción de energía eléctrica, a pesar de esto, aun no esta resuelto el problema energético en muchos pueblos siguen sin energía eléctrica, e incluso sin medios para el calentamiento del agua de uso doméstico, esto es debido mayormente a los escasos recursos económicos de los mismos y a la dificultad de acceso a dichos sitios que se hace elevado el empleo del gas o la electricidad.

Al utilizar la electricidad como fuente de calentamiento de agua y cocción de alimentos no deja de ser, en primer lugar un riesgo significativo cuando se trata de duchas y cocinas eléctricas, y además un despilfarro de una energía de alta calidad para convertirla en calor, que podría considerarse energía de menor calidad y por tanto de fácil obtención por otros medios costosos.

El gas es sin duda alguna el que brinda un mejor servicio para el calentamiento de agua y cocción de alimentos que la energía eléctrica, más económico y mejor aprovechamiento, pero más caro en su instalación y también con riesgos en su uso, ahora en la actualidad el precio del gas es bajo debido al subsidio.

Es por esto que se puede decir que los recursos solares del Ecuador están aun muy poco explotados, específicamente en los procesos de producción de energía eléctrica, climatización, refrigeración, calentamiento de agua, cocción de alimentos.

El propósito del presente tema de tesis, es el diseño óptimo que garantice la durabilidad y aceptabilidad para un programa sostenible de cocinas solares tipo caja, en la comunidad de Chaquino, basándose en los problemas principales que ésta comunidad presenta; como es la escasa venta de gas de consumo doméstico, lo cual se debe a diferentes factores: como el mal estado de la vías lo que imposibilita a los vehículos a movilizarse, la masiva fuga al país vecino del Perú debido a que es zona fronteriza, lo cual con la utilización de estas cocinas van a tener un ahorro de gas, y otro forma

factible que les ayude con la cocción de los alimentos, lo cual se va a ayudar al ecosistema, con frenar la tala de arboles, ya que en base a estos inconvenientes la población de dicho sector, ha optado por la deforestación de los árboles para la obtención de leña, que es utilizada para la preparación de los alimentos, lo cual está impactando contra la naturaleza, es por estos factores que trabajo con este proyecto de teis en Chaquino; barrio del cantón Zapotillo perteneciente a la parroquia Bolaspamba que es habitada por personas de muy bajos recursos económicos, esta comunidad se encuentra a una altitud de 440 metros sobre el nivel del mar, que posee un gran potencial solar, donde va a ser aprovechado en su totalidad por las distintas cocinas . El cantón Zapotillo está localizado a 220 Km de la ciudad de Loja, limita al norte, sur y oeste con el Perú y al este con los cantones de Puyango, Pindal, Célica y Macará.

Es preciso aclarar que los prototipos de cocinas solares tipo caja, implementados para la ejecución de esta tesis son nueve las cuales tienen como diferencia las dimensiones y materiales aislantes y materiales de los espejos.

Objetivo General:

- ✓ Valoración de las cocinas solares tipo caja en función de la potencialidad solar y estimar la aceptabilidad por parte de la comunidad del Cantón Zapotillo, Parroquia Bolaspamba, Barrio Chaquino.
- ✓

Objetivos Específicos:

- ✓ Sistematizar la información de los diferentes prototipos y diseños construidos en el área de energía las industrias y los recursos naturales no renovables de la UNL y en fase de desarrollo.
- ✓ Establecer una base de datos del recurso solar en la zona microlocalizada sector chaquino.
- ✓ Establecer el valor comparativo de funcionamiento de las cocinas solares tipo caja para un solo sector localizado.
- ✓ Determinar el grado de receptibilidad y aceptabilidad de las cocinas solares tipo caja.

d.- REVISIÓN DE LITERATURA

d.1 CAPITULO I: ENERGIA SOLAR

d.1.1 INTRODUCCIÓN.

Primeramente para conocer y entender debemos saber de dónde procede la energía del astro Sol debemos transportarnos al interior de esta estrella gaseosa de casi 700 mil km de radio. Debido a la inmensa fuerza de gravedad y a temperaturas de 16 millones de grados en el interior del Sol, dos átomos de hidrogeno se fusionan en uno de helio y la diferencia de masa se convierte en energía (recordemos que $E=m\ c^2$). La temperatura exterior del Sol, que en realidad es la de la fotosfera que es la parte del Sol que vemos desde la Tierra, es de 5.780 grados Kelvin. Cero grados Kelvin (0 K) es la temperatura del cero absoluto, es decir ningún elemento puede ser más frio que ese límite, y equivale a -273 ºC.

La órbita que describe la tierra alrededor del Sol es una elipse, con el Sol en uno de sus focos. El 21 de diciembre la Tierra está más alejada del Sol, mientras el 21 de junio está más cerca. La distancia media entre el Sol y la Tierra es de aproximadamente 150 x 106 km. Y se llama una unidad astronómica.

d.1.1.1 EL SOL COMO FUENTE DE ENERGÍA.

El Sol es una estrella con un radio de 696.000 km, es decir, más de 100 veces el radio de nuestro planeta. Tiene una temperatura superficial de 5.300 ºC y, a pesar de estar situado a una distancia de 149.600.000 km, nos envía unos 136,8 MW cm^2 al nivel extremo de la atmosfera, valor que se conoce por la constante solar. La energía que nos envía es 4.000 veces más grande que la que consumimos los humanos y su vida como estrella puede ser de unos 6.000 millones de años.

El Sol es la fuente básica de energía de la biosfera, la fuerza motriz gracias a la cual la vida existe. La gran revolución biológica que distingue a nuestro planeta es por causa del proceso de la fotosíntesis, con el cual se convierte la energía de la radiación solar en energía química. Los seres fotosintéticos son capaces de aprovechar una media de 172

W/m^2. La cual varía según la latitud y la estación del año. La asimilación del carbono es la reacción química que usa más energía en la fotosíntesis. En términos generales, la producción anual de carbono por la fotosíntesis como media es de cerca de $300g/m^2$ en la tierra u de unos 100 g/m^2 en los océanos. Sin embargo, de la energía total que llega del Sol solo un 0,6 a se transforma en lo que se conoce como producción primaria. La capacidad de aprovechamiento de la energía solar por los seres fotosintéticos depende, también, de muchos factores, como el clima, la superficie foliar o la disponibilidad de nutrientes y de agua.

Una de las claves de la fotosíntesis es la producción de sustancias energéticas como los glúcidos, hidratos de carbono o azucares. Esta conversión energética biológica es lo que se denomina energía de la biomasa. La especie humana necesita alrededor de 3.000 kcal diarias de energía para vivir (es decir, unos 120 watios), la cual se conoce como energía endosomática. Sin embargo, la vida civilizada consume también energía conocida con el nombre de energía exosomática y que en nuestros días es entre 15 y 20 veces más grande que la media de la energía endosomática (los 120 watios diarios). Desafortunadamente, el consumo de energía exosomática puede ser ilimitado. Hoy, la sociedad tecnológica a la que pertenecemos consume más de 10.000 W/día. De esta cantidad de energía, alrededor de unos 1.500 W/día los dedicamos a cocinar los 400 W que nos aporta el consumo de alimentos (prácticamente la energía total que consume en su vida diaria una persona de una sociedad agrícola del Tercer Mundo). (Cristian Picoita, 2010)

d.1.1.2 RADIACIÓN SOLAR TERRESTRE.

La Radiación solar se conoce como el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. El Sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro el cual emite energía siguiendo la ley de Planck a una temperatura de unos 6000 K. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, porque las ondas ultravioletas más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la irradiancia, que mide la

energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la Tierra. Su unidad es el W/m² (vatio por metro cuadrado).

d.1.2 TRANSFORMACIÓN NATURAL DE LA ENERGÍA.

La energía solar es una energía producida por el sol como resultado de reacciones nucleares de fusión.

Casi el 30% de la energía solar que alcanza el borde exterior de la atmósfera se consume en el ciclo del agua, que produce la lluvia y la energía potencial de las corrientes de montaña y de los ríos.

La recogida directamente de la energía solar requiere dispositivos artificiales llamados *colectores solares*, diseñados para recoger energía, a veces después de concentrar los rayos del sol.

La recogida natural de energía solar se produce en la atmosfera, los océanos y las plantas de la tierra. Las interacciones de la energía del Sol, los océanos y la atmosfera, por ejemplo, producen vientos, utilizados durante siglos para hacer girar los molinos.
La energía, una vez recogida, se emplea en procesos térmicos o fotoeléctricos, o fotovoltaicos. En los procesos térmicos, la energía solar se utiliza para calentar un gas o un líquido que luego se almacena o se distribuye. En los procesos fotovoltaicos, la energía se convierte en energía eléctrica sin ningún dispositivo mecánico intermedio.

d.1.3. ENERGÍA SOLAR PASIVA.

La energía solar pasiva es el conjunto de técnicas dirigidas al aprovechamiento de la energía solar de forma directa, sin transformarla en otro tipo de energía, para su utilización inmediata o para su almacenamiento sin la necesidad de sistemas mecánicos ni aporte externo de energía, aunque puede ser complementada por ellos, por ejemplo para su regulación.

Las tecnologías que usan bombas o ventiladores consumen una significativa cantidad de energía para su funcionamiento y por ello se clasifican dentro de las tecnologías solares

activas. Algunos sistemas solares pasivos pueden, no obstante, consumir una pequeña cantidad de energía necesaria para activar compuertas, relés, interruptores u otros dispositivos que mejorarían el rendimiento de estos sistemas en la recolección, almacenamiento y uso de la energía solar. (Cristian PICOITA, 2010) (CINER, 1997) (MORILLO, 1995) (www. bsw-energie.de/swassin.htm)

d.1.4 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.

La energía solar térmica o energía termosolar consiste en el aprovechamiento de la energía del Sol para producir calor que puede aprovecharse para cocinar alimentos o para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción, o para producción de energía mecánica y, a partir de ella, de energía eléctrica. Adicionalmente puede emplearse para alimentar una máquina de refrigeración por absorción, que emplea calor en lugar de electricidad para producir frío con el que se puede acondicionar el aire de los locales.

d.1.4.1 COLECTORES SOLARES.

Un colector solar es una especie de intercambiador de calor que transforma la energía radiante en calor. La transferencia de energía se hace desde una fuente radiante (sol), hacia un fluido (agua o aire generalmente) que circula por los tubos o ductos del colector. El flujo de energía que finalmente intercepte el colector, proviene básicamente del rango visible del espectro solar (longitudes de onda entre 0.29 y 2.5 µm) y es por naturaleza variable con el tiempo. En condiciones óptimas podemos esperar como máximo, flujos de 1100 W/m^2. De esta forma, un análisis de colectores solares presenta problemas relacionados con radiación y flujos de energía pequeños y variables.

d.1.4.2 COCINAS SOLARES

Por cocina solar se entiende una, cavidad cerrada donde se cocinan gran variedad de alimentos que van desde frutas, verduras, leguminosas, cereales, etc. La cavidad se encuentra aislada con una cubierta transparente por el lado expuesto al Sol, con o sin radiación adicional reflejada en la cubierta por reflectores arreglados alrededor de este elevando la intensidad solar en el interior del horno, en los hornos solares, el proceso de cocción no necesita ser más que cuidado periódicamente, es decir, no es necesario que

el usuario se encuentre bajo los rayos del Sol, lo que aumenta las probabilidades de aceptación social.

d.1.4.3 COCCIÓN.

d.1.4.3.1 TIEMPO DE COCCIÓN

Por regla general, se calcula que con una cocina solar tipo caja con un solo reflector, la comida tardara más o menos el doble que con un horno convencional. Sin embargo, como no puede quemar la comida, no hace falta ir a verla mientras se cocina. Se puede, simplemente dejar la comida en diferentes recipientes y más tarde encontrarla perfectamente cocinada.

Las cocinas de paneles solo pueden cocinar en un solo recipiente, pero a diferencia de sus pares cocinan bastante más rápido. Ha habido gente que ha hablado de la necesidad de darle una vuelta a la comida en este tipo de cocinas, para asegurar una perfecta cocción.

Cocinar con una cocina parabólica es muy similar que cocinar con una cocina convencional. Ya que los rayos de sol concentrados inciden sobre el fondo del recipiente, el recipiente se calienta y esto hace que cocine rápidamente. La comida se quemara, ase que habrá que girarla y mirarla con atención.

d.1.4.3.2 RECEPCIÓN DE LOS RAYOS SOLARES

Las cocinas solares de tipo caja no tienen por qué girarse; al no ser que se estén cocinando legumbres, que tarden más o menos unas 5 horas. Las cocinas de panel deben girarse de vez en cuando ya que los reflectores podrían hacer sombra al recipiente. Las cocinas parabólicas son las más complicadas de enfocar, ya que deben ser giradas cada 10-30 minutos (dependiendo de la lente).

d.2 CAPITULO II: COCINAS SOLARES

d.2.1 ANTECEDENTES.

La primera cocina solar fue inventada en 1767 por Horace de Saussure. Él hizo experimentos con el efecto invernadero y también cocinó con el sol. Solo se sabe que su cocina es de tipo horno, pero no se conoce los detalles del mismo.

La verdadera pionera de las cocinas tipo horno fue la Dra. Maria Telkes, de origen húngaro. Ella hizo trabajos fundamentales entre 1950 a 1970. Sus trabajos sirvieron de base a decenas de investigadores en todo el mundo.

Las cocinas solares en si son artefactos que permiten cocinar alimentos usando el sol como fuente de energía

d.2.2 VENTAJAS DE LA COCINA SOLAR

Las ventajas principales de la cocina solar son su economía, seguridad y favorecer al medio ambiente.

Su economía: el hecho de que no consuman ningún tipo de energía las hace muy adecuadas para países o personas con pocos recursos económicos. Evidentemente ayuda a prescindir de la dependencia de las fuentes energéticas habituales. Sabiendo que el sol es gratis e inagotable.

Su seguridad: como no necesita ninguna fuente energética no hay riesgo de incendio, intoxicación, escape, etc.

Mejora la calidad de vida: ya que ahorra horas de trabajo en busca de leña

Favorecen al Medio Ambiente: por un lado se evitaría desforestar aún más el planeta ya que estas personas necesitan leña cada día y por otro lado se evitaría contaminar más. También se necesitaría menos energía convencional (gas, electricidad, etc.)

d.2.3. PORQUE LA UTILIZACIÓN DE LA COCINA SOLAR.

La cocina solar se usa con la acción del sol, se puede cocinar usando la energía solar. Podemos cocinar sin tener que usar electricidad, gas, leña u otros combustibles que cuestan dinero o tiempo para recoger como se hace con la leña. Todo ello va acompañado de otras múltiples ventajas como son: mayor seguridad en la operación de cocinar y calidad nutricional de los alimentos cocinados. Pues al no manejar fuego, no se generan humos ni dióxido de carbono, y así se mejoran las condiciones medio ambientales tanto locales como generales. A su vez, en las cocinas de acumulación (hornos solares o cajas solares) permiten una cocción de los alimentos con un mayor mantenimiento de sus contenidos nutricionales.

Aunque la cocina solar toma más tiempo en cocer que en la cocina tradicional, la comida no se quema nunca y la persona que cocina puede hacer otras cosas mientras la comida se está cocinando

d.2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS COCINAS SOLARES.

Existen varios tipos de cocinas solares, algunos de ellos patentados. Los diferentes tipos de cocinas pueden reunirse en cuatro grupos principales: cocinas de panel, hornos solares o cocinas de caja, cocinas de concentración o reflectantes y cocinas solares indirectas o de colectores.(Menayo, 2010)

d.2.4.1 COCINAS DE PANEL.

Las cocinas de panel son las más sencillas, baratas y fáciles de utilizar. La cocina se basa en una superficie de cartón o similar, recubierta de paneles reflectantes que centran la luz del Sol, gracias a su diseño, en un recipiente de cocina situado en el punto que recibe más radiación reflejada por ella como se muestra en la figura 1.

Figura 1 Modelos de cocinas de panel.

Ventajas: La principal ventaja de estos modelos es su sencillez, los materiales son baratos y son muy fáciles de construir por uno mismo siguiendo unos planos simples y es por tanto muy manejable. Otra característica favorable a estas cocinas, es que no se ven muy afectadas por la presencia de nubosidad moderada. Y la necesidad de orientación no es muy importante, la atención requerida es por ello reducida.

Inconvenientes: Como desventajas podemos considerar que la cocina de panel resulta muy inestable a vientos moderados, el uso de materiales caseros y baratos implica que la vida útil de la misma es reducida y las temperaturas alcanzadas no son muy elevadas.(Menayo, 2010)

d.2.4.2 HORNOS SOLARES O COCINAS DE CAJA.

Una cocina solar de este tipo, es una caja hecha con un material aislante, siendo una de las caras de uno o varios cristales, u otro material transparente, a modo de cubierta. Este tipo de cocina depende del "efecto invernadero" que provoca dicha cubierta. Se permite el paso de la radiación solar de menor longitud de onda a través de cristales transparentes, pero que es opaco a la mayoría de la radiación proveniente de mayor longitud de onda. Para incrementar el aislamiento, se utilizan paredes dobles y así mantener el calor dentro de la olla.

En el caso de los hornos, a pesar de ser muy semejantes, se utilizan espejos para reflejar la radiación solar adicional que penetra en la cámara de cocción. Por ello los materiales empleados en ellos son más sofisticados y caros como se indica en la figura 2 y 3.

Figura 2 Cocina de caja con espejos reflectantes.

Figura 3 Horno solar con espejos refractantes.

Ventajas: Las cocinas de caja y hornos solares son sencillas y baratas de construir. Los puede ensamblar el propio usuario o comprar ya fabricados. Son capaces de mantener la comida caliente durante un tiempo elevado, gracias a su fuerte aislamiento. Además, dada su composición y diseño, no deslumbran, no presenta riesgos de provocar incendios, y su forma cerrada evita quemaduras y daños físicos, y le aporta estabilidad.
En lugares donde la radiación solar difusa es elevada, y de forma característica en las cocinas de caja, se evita el problema del seguimiento y la orientación con el Sol, ya que son capaces de funcionar con una nubosidad relativamente elevada. Por ello, son muy sencillas de utilizar, y requieren una asistencia mínima en el proceso de cocinado.

Inconvenientes: Las desventajas que presenta este modelo, radican esencialmente en la velocidad de cocción lenta y la falta de homogeneidad en el cocinado de los alimentos. Se considera un tiempo de cocción de entre dos y tres horas. Esta velocidad no obstante, depende del diseño y de la eficiencia térmica de la cocina u horno en cuestión.

Otro inconveniente importante, viene motivado por la forma de aislamiento, la cual provoca condensación en el interior. Esta condensación afecta a la transferencia de la radiación y provoca a su vez corrosión en las paredes internas de absorción.

Para solventar estos inconvenientes, el diseño del horno solar se está mejorando para acortar el tiempo de cocción, reducir costes, mejorar la obtención de energía y reducir las pérdidas de calor, que la cámara de cocción se mantenga y se inhiba la corrosión de

las paredes internas de absorción mejorando la transmisión de la radiación solar.(Menayo, 2010)

d.2.4.2.1 UTILIZACIÓN DE LA COCINA SOLAR TIPO CAJA.

Lo hermoso de las cocinas solares tipo caja, entre otras cosas, es su facilidad de utilización. Para cocinar al medio día en una latitud de 20º N - 20º S, las cocinas sin reflector necesitan reposicionarse un poco para encararlo al sol mientras ,éste se mueve a través del cielo. La caja se pone de cara al sol que está alto en el cielo durante una buena parte del día. Las cajas con reflectores deben ponerse hacia el sol de la mañana o de la tarde para hacer que cocine esos momentos del día.

Las cocinas solares que se usan con reflectores en zonas templadas funcionan con temperaturas más altas si la caja se reposiciona para encararla al sol cada una o dos horas. Este ajuste de posición hace que sea menos necesario que la dimensión este/oeste de la caja se incremente en relación a la dimensión norte/sur.

d.2.4.2.2 FACTORES CULTURALES.

Además de los aspectos técnicos del diseño de la cocina solar, que destacan en primer lugar, también juegan un papel principal en transferir a la cocina solar una tecnología que funcione con éxito, factores que incluyen la cultura, una tecnología adecuada, así como aspectos estéticos.

Las cocinas solares de cajas de cartón pueden ser apropiadas para muchas culturas, porque los materiales son generalmente asequibles y baratos. Pero las desventajas del cartón incluyen susceptibilidades por la barrera de humedad y la carencia de durabilidad comparado con otros materiales.

La estética es normalmente importante. Las culturas que tienen como normales, las formas redondeadas pueden rechazar el concepto global de cocina solar a causa de que la caja es cuadrada. Y ciertos estratos sociales pueden rechazar el cartón como un material "barato" para usarlo.

Es importante que los principios básicos del diseño solar no sean rechazados a causa de errores de modelos solares particulares o métodos de tecnología transferidos.

Ciertamente una de las ventajas de que las personas diseñen sus propias cocinas solares es que aplicarán los principios solares usando sus propios materiales y su sentido de la estética. Las personas que construyen sus casas y mobiliarios de madera o bambú, generalmente incluyen estos materiales en su diseño de cocina. Una decoración exterior de cajas solares utilizando diversas pinturas y texturas también ayuda a integrar las cocinas en una cultura dada. http://www.internatura.org/estudios/energias/ccsolar.html

d.2.4.3 COCINAS DE CONCENTRACIÓN O REFLECTANTES.

La cocina de concentración solar o cocina de reflector utiliza los principios de concentración óptica. Se concentra la radiación solar directa en el fondo de la olla. La forma más comúnmente utilizada es la de una parábola, por tanto, generalmente estas cocinas se conocen con el nombre de cocinas parabólicas.

Dentro de la categoría de concentradores parabólicos, los hay de diversas clases: poco profundos, profundos, asimétricos, plegables, cilindro-parabólicos. Sin embargo también existen con otras geometrías, cilíndricas, esféricas, con espejo, o las que utilizan como reflectores lentes de Fresnel.

Son cocinas de concentración directa, utilizando un material reflectante, se dirige la radiación solar al punto focal de la cocina, y es ahí donde se sitúa el recipiente de cocina. Los concentradores presentan gran variedad de formas pero todos ellos requieren luz directa del Sol. Como material se emplean espejos o lentes, pueden alcanzarse temperaturas extremadamente altas como se muestra en la figura 4.

Figura 4 Cocina de concentración.

Ventajas: La ventaja principal de estas cocinas, es por tanto la temperatura que alcanzan. Podemos por ello cocinar cualquier tipo de alimento en poco tiempo.

Inconvenientes: Entre los puntos más negativos de la cocina parabólica, destaca el costo elevado dado que estas cocinas son principalmente útiles para comunidades con escasos recursos económicos. Podemos sumarle el riesgo de incendio, o riesgos físicos como deslumbramiento o quemaduras a la persona que cocina. Dado su gran tamaño resulta difícil de manejar y ajustar, y es una cocina que necesita una constante orientación con la trayectoria del Sol. Se ven afectadas por la presencia de radiación difusa que interfiere mucho en la capacidad de incrementar la temperatura, por eso la potencia decae en cuanto aparece un obstáculo entre la cocina y el Sol.

La capacidad de recuperación, depende del tiempo que permanece la cocina a la sombra, o bien del viento, del tamaño de la cocina, etcétera. Es a su vez, susceptible a vientos superiores a 10 km/h.(Menayo, 2010)

d.2.4.4 COCINAS SOLARES INDIRECTAS O DE COLECTORES.

Se compone de dos partes: los colectores solares que se encarga de la recogida de radiación solar y transferencia de calor y una parte de cocina. El usuario no se ve afectado por la radiación y el calor, debido a que la parte de cocina está separada y protegida de la radiación.

En las cocinas solares indirectas la olla está aislada de la recepción de la radiación y se basa en transferencia de calor para transmitir a la olla de cocción. El vapor es producido por los colectores planos o concentradores, y transferido a una cámara que contiene la olla. Las cocinas sin embargo, rara vez alcanzan temperaturas superiores a 100 ° C y el problema que existe es la condensación en el interior del colector de vidrio, como se muestra en la figura 5.

Figura 5 Cocina Indirecta o de Colector.

Otra posibilidad consiste en el uso de un colector solar de vacío. Este diseño de cocina indirecta puede alcanzar temperaturas superiores a los 200°C con radiación solar directa, aunque dada la capacidad del colector, puede emplearse con presencia de nubosidad.

Ventajas: Rápidos tiempos de cocción, capacidades para cocinar gran cantidad de alimentos, así como posibilidad de regular la temperatura de cocción. Mantienen buen rendimiento con radiación tanto directa como difusa. Se puede destacar la ausencia de riesgos provocados por la exposición a la radiación, puesto que la cocina puede instalarse en el interior de los edificios.

Inconvenientes: Dada su complejidad y el uso de otros elementos como son los colectores, resulta evidente pensar que el mayor inconveniente es el precio. Su instalación y volumen, a la vez de imprimirle seguridad a la cocina, supone que resulte complicada, difícil de manejar o modificar y consecuentemente de limpiar; y lo que es mayor inconveniente aún, que no esté al alcance de usuarios potencialmente interesados.(Menayo, 2010)

d.3 CAPITULO III: AJUSTE DE CURVAS

d.3.1 INTRODUCCIÓN

En el ejemplo siguiente (ejmplo2) se deseaba encontrar una relación funcional entre el peso y la talla de los individuos de un sector poblacional a partir de un conjunto de datos correspondientes a 100 de estas personas. Cuando estos datos se representan en un sistema *t* (estatura) contra *p* (peso) muestran un comportamiento como el de la figura 14 (que es una copia de la figura 1 de la sección 4.1). Es obvio que sería absurdo aplicar a este problema el enfoque de la interpolación, aun cuando fuera posible encontrar alguna función interpoladora capaz de pasar por los 100 puntos de la figura 6.

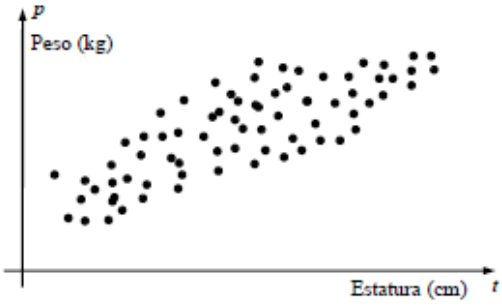


Figura 6 Ajuste de curvas

En el ejemplo 4 de esa misma sección se analizó otro caso en el que el uso de la interpolación tampoco es recomendable. En dicho ejemplo, se tienen los resultados de la deformación de diez muestras de barras de acero de 12 mm sometidas a esfuerzos de tracción conocidos. En este caso, las mediciones realizadas contienen los inevitables errores de observación y de los instrumentos y es imposible garantizar la identidad de las diez barras usadas para el experimento. Por tanto, no sería conveniente encontrar una función interpoladora de mucha complejidad, cuya mayor complicación se debería posiblemente a haber sido obligada a satisfacer un conjunto de datos que contienen errores.

En ambos ejemplos, lo que realmente conviene es encontrar una función *f* sencilla que satisfaga "lo mejor posible" las exigencias de cada caso. Este es el enfoque del ajuste de curvas, que se precisará a continuación.

d.3.1.1 EL PROBLEMA DEL AJUSTE DE CURVAS

Sea $A = \{x1, x2,..., xm\}$ un conjunto de valores de la variable x entre los cuales puede existir cualquier orden e incluso, puede haber repeticiones. Sea f una función definida en A, que toma valores $fj = f(xj)$ ($j = 1, 2, ..., m$), los cuales usualmente se desconocen. Sea yj el valor observado de fj. A la diferencia entre el valor real y el observado se le denomina error de observación.

Por otra parte, sea G una familia de funciones aproximantes. Esta familia consta en general de infinitas funciones que se diferencian entre sí por los valores que toman ciertos parámetros cuyo número es una característica importante de la familia. Decidir cuál es la familia de funciones aproximantes que se utilizará en un problema de ajuste de curvas es una cuestión importante y a veces muy difícil y que suele encontrar solución a partir de un conocimiento profundo del problema que se está resolviendo. Por el momento, no es necesario entrar en otros detalles acerca de G.

El problema del ajuste de curvas consiste, en encontrar aquella función g de la familia G que se aproxime "lo mejor posible" a los datos (xj, yj) ($j = 1, 2, ..., m$). En términos más formales, se trata de encontrar la función $g \in G$ que haga mínima la desviación cuadrática:

$$D = \sum_{j=1}^{m} \left[g(x_j) - y_j\right]^2$$

La desviación cuadrática es una manera muy conveniente de medir la separación que existe entre el modelo $g(x)$ y los valores observados $\{y_1, y_2,..., y_m\}$. Por una parte, las desviaciones de los datos respecto al modelo aparecen elevadas al cuadrado, esto las hace positivas e impide que desviaciones positivas y negativas se compensen mutuamente. Por otra parte, al elevar las desviaciones al cuadrado las desviaciones mayores resultan incrementadas respecto a las más pequeñas, produciéndose un efecto de penalización que está muy acorde con el sentido que las personas otorgan a los errores, pues siempre se considera preferible muchas desviaciones pequeñas que pocas desviaciones grandes. Además, la suma de cuadrados es una función muy fácil de tratar matemáticamente.

Antes de estudiar la forma general en que el problema se resuelve, se incluye un ejemplo muy sencillo para aclarar los conceptos anteriores.

Ejemplo 1

Halle las ecuaciones que permiten determinar la recta no vertical que mejor se ajusta a un conjunto de datos (x_j, y_j) (j = 1, 2, ..., m).

Solución:

Todas las rectas no verticales responden al modelo general:

$g(x) = C_1x + C_2$

Donde C_1 y C_2 son parámetros reales. En este caso la familia G será:

$G = \{g: g(x) = C_1x + C_2\}$

La recta de mejor ajuste será aquella que minimice a:

$$D = \sum_{j=1}^{m} \left[C_1 x_j + C_{2-} y_j\right]^2$$

Como D es una función cuadrática de C_1 y C_2 ella posee un punto de mínimo que puede obtenerse igualando a cero las derivadas parciales respecto a C_1 y C_2, es decir:

$$\frac{\partial D}{\partial C_1} = \sum_{j=1}^{m} 2\left[C_1 x_j + C_{2-} y_j\right] x_j = 0$$

$$\frac{\partial D}{\partial C_2} = \sum_{j=1}^{m} 2\left[C_1 x_j + C_{2-} y_j\right] = 0$$

Separando cada suma en tres sumandos y extrayendo C_1 y C_2 factores comunes, se obtiene:

$$\sum_{j=1}^{m} x_j^2 + C_2 \sum_{j=1}^{m} x_j = \sum_{j=1}^{m} x_j y_j$$

$$C_1 \sum_{j=1}^{m} x_j + mC_2 = \sum_{j=1}^{m} y_j$$

Estas dos ecuaciones forman un sistema lineal con las incógnitas $C1$ y $C2$; la solución de este sistema determina la recta

$g(x) = C1x + C2$

de mejor ajuste a los datos (xj, yj) $(j = 1, 2, ..., m)$.

d.3.1.2 MODELOS LINEALES

Cuando la familia G de funciones aproximantes está formada por funciones del tipo:

g(x) = C1g1(x) + C2g2(x) + L + Cngn(x)

se dice que se está ajustando un modelo lineal. Realmente, sería más riguroso decir que el modelo es lineal respecto a los parámetros C1, C2, ..., Cn pues, en general, no es lineal respecto a la variable x.

Nótese que, cuando se utiliza un modelo lineal, la familia G es un espacio vectorial generado por el conjunto de funciones {g1, g2,..., gn}. Si este conjunto el linealmente independiente, es decir, si ninguna de las funciones gi(x) se puede expresar como combinación lineal de las demás, entonces el conjunto {g1, g2,..., gn} forma una base del espacio vectorial G. En todo lo que sigue, se supondrá que este es el caso.

Cuando se utiliza un modelo lineal, el problema de ajuste de curvas tiene una solución muy simple y elegante; en el caso de modelos no lineales el problema es, en general, mucho más complejo y será tratado más adelante. A continuación se ofrece una lista de ejemplos importantes de modelos lineales y de modelos no lineales.

Modelos lineales:

$g(x)=C_1x + C_2$	$g_1(x)= x, g_2(x) = 1$
$g(x)=C_1x^2 + C_2x + C_3$	$g_1(x)= x^2, g_2(x) = x, g_3(x) = 1$
$g(x)=C_1x + C_2x + C_3 \cos\frac{x}{6}x + C_3 \sin\frac{x}{6}x$	$g_1(x)= x, g_2(x) = 1, g_3(x) = \cos\frac{x}{6}x$
	$g_4(x)= \sin\frac{x}{6}x$

Modelos no lineales:

g(x)=$C_1 x^{c_2}$

g(x)=$C_1 (C_2)^x$

g(x)=$C_1 + \ C_2 e^{C_3 x}$

Para el caso de un modelo lineal

$g(x) = C_1 g_1(x) + C_2 g_2(x) + \text{L} + C_n g_n(x)$

la desviación cuadrática toma la forma:

$$D = \sum_{j=1}^{m} \left[C_1 g_1(x_j) + C_2 g_2(x_j) + \cdots + C_n g_n(x_j) - y_j\right]^2$$

Como D es una función cuadrática de las variables C_1, C_2,..., C_n ella posee un punto de mínimo que se obtiene igualando a cero las derivadas de D respecto a C_1, C_2,..., C_n. Derivando parcialmente con respecto a C_i (i = 1, 2, ..., n) e igualando a cero:

$$\frac{\partial D}{dC_i} = \sum_{j=1}^{m} 2\left[C_1 g_1(x_j) + C_2 g_2(x_j) + \cdots + C_n g_n(x_j) - y_j\right] g_i(x_j) = 0$$

que se puede escribir, separando en varias sumas y extrayendo factores comunes, como:

$$C_1 \sum_{j=1}^{m} g_1(x_j) g_i(x_j) + C_2 \sum_{j=1}^{m} g_2(x_j) g_i(x_j) + \cdots + C_n \sum_{j=1}^{m} g_n(x_j) g_i(x_j) = \sum_{j=1}^{m} y_j g_i(x_j)$$

Dando a i los valores 1, 2, ..., n, se obtiene el sistema lineal de ecuaciones:

$$\left[\sum_{f=1}^{m} g_1{}^2(x_j)\right] C_1 + \left[\sum_{f=1}^{m} g_1(x_j) g_2(x_j)\right] C_2 + \cdots + \left[\sum_{f=1}^{m} g_1(x_j) g_n(x_j)\right] C_n = \sum_{f=1}^{m} g_1(x_j) y_j$$

$$\left[\sum_{f=1}^{m} g_2(x_j) g_1(x_j)\right] C_1 + \left[\sum_{f=1}^{m} g_2^2(x_j)\right] C_2 + \cdots + \left[\sum_{f=1}^{m} g_2(x_j) g_n(x_j)\right] C_n = \sum_{f=1}^{m} g_2(x_j) y_j$$

$$\left[\sum_{f=1}^{m} g_n(x_j) g_1(x_j)\right] C_1 + \left[\sum_{f=1}^{m} g_n(x_j) g_2(x_j)\right] C_2 + \cdots + \left[\sum_{f=1}^{m} g_n^2(x_j)\right] C_n = \sum_{f=1}^{m} g_n(x_j) y_j$$

Que se denomina *sistema normal*. La notación se simplifica un poco si se tiene en cuenta que en el espacio vectorial de las funciones definidas en el conjunto $\{x_1, x_2,..., x_m\}$ con $m > n$ se puede definir el producto escalar como:

$$f.\mathrm{g} = \sum_{f=1}^{m} f(x_j).\mathrm{g}(x_j)$$

Con este convenio, todas las sumas que aparecen en el sistema normal se pueden expresar como productos escalares de funciones:

$$\begin{gathered}(\mathrm{g}_1.\mathrm{g}_1)C_1 + (\mathrm{g}_1.\mathrm{g}_2)C_2 + \cdots + (\mathrm{g}_1.\mathrm{g}_n)C_n = \mathrm{g}_1.y \\ (\mathrm{g}_1.\mathrm{g}_1)C_1 + (\mathrm{g}_2.\mathrm{g}_2)C_2 + \cdots + (\mathrm{g}_2.\mathrm{g}_n)C_n = \mathrm{g}_2.y \\ \vdots \\ (\mathrm{g}_n.\mathrm{g}_1)C_1 + (\mathrm{g}_n.\mathrm{g}_2)C_2 + \cdots + (\mathrm{g}_n.\mathrm{g}_n)C_n = \mathrm{g}_n.y\end{gathered}$$

El determinante del sistema (1) se llama determinante de Gram del conjunto $\{g_1, g_2,..., g_n\}$ y se demuestra que no es cero si el conjunto $\{g_1, g_2,..., g_n\}$ es linealmente independiente. Como este es el caso que se está suponiendo, puede asegurarse que el sistema posee solución única.

El sistema normal se puede representar también en una forma más compacta y más eficiente en cuanto al tiempo de ejecución, utilizando la matriz **G** de orden *n* por *m*, la cual se define como:

$$G = \begin{bmatrix} \mathrm{g}_1(x_1) & \mathrm{g}_1(x_2) & \mathrm{g}_1(x_3) & \cdots & \mathrm{g}_1(x_m) \\ \mathrm{g}_2(x_1) & \mathrm{g}_2(x_2) & \mathrm{g}_2(x_3) & \cdots & \mathrm{g}_2(x_m) \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \mathrm{g}_n(x_1) & \mathrm{g}_n(x_2) & \mathrm{g}_n(x_3) & \cdots & \mathrm{g}_n(x_m) \end{bmatrix}$$

Note que el producto de **G** por su traspuesta $\mathbf{G}_t$ es:

$$\begin{bmatrix} g_1(x_1) & g_1(x_2) & g_1(x_3) & \cdots & g_1(x_m) \\ g_2(x_1) & g_2(x_2) & g_2(x_3) & \cdots & g_2(x_m) \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ g_n(x_1) & g_n(x_2) & g_n(x_3) & \cdots & g_n(x_m) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} g_1(x_1) & g_2(x_1) & \cdots & g_n(x_1) \\ g_1(x_2) & g_2(x_2) & \cdots & g_n(x_2) \\ g_1(x_3) & g_2(x_3) & \cdots & g_n(x_3) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ g_1(x_m) & g_2(x_m) & \cdots & g_n(x_m) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \sum_{f=1}^{m} g_1^2(x_j) & \sum_{f=1}^{m} g_1(x_j)g_2(x_j) & \cdots & \sum_{f=1}^{m} g_1(x_j)g_n(x_j) \\ \sum_{f=1}^{m} g_2(x_j)g_1(x_j) & \sum_{f=1}^{m} g_2^2(x_j) & \cdots & \sum_{f=1}^{m} g_2(x_j)g_n(x_j) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \sum_{f=1}^{m} g_n(x_j)g_1(x_j) & \sum_{f=1}^{m} g_n(x_j)g_2(x_j) & \cdots & \sum_{f=1}^{m} g_n^2(x_j) \end{bmatrix}$$

que es la matriz cuadrada de orden *n* de los coeficientes del sistema normal (1). Si se definen las matrices columna:

$$C = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_3 \end{bmatrix} \quad y \quad Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_3 \end{bmatrix}$$

el sistema normal se puede escribir como:

(**GG**$_t$) **C** = **GY** (3)

Desde el punto de vista del algoritmo computacional, lo más eficiente es calcular previamente y almacenar en memoria la matriz **G** para obtener los coeficientes de la matriz **GG**$_t$ y los términos independientes **GY**.

d.3.1.3 ALGORITMO EN SEUDO CÓDIGO PARA AJUSTAR MODELOS LINEALES

El siguiente algoritmo permite ajustar el modelo lineal $g(x) = C_1g_1(x) + C_2g_2(x) + \text{L} + C_ng_n(x)$ a los datos (x_j, y_j) ($j = 1, 2, ..., m$) donde se supone que el conjunto $\{g_1, g_2,..., g_n\}$ es linealmente independiente y que $m > n$. El algoritmo calcula los coeficientes del modelo que minimizan la desviación cuadrática:

$$D = \sum_{j=1}^{m} \left[g(x_j) - y_j \right]^2$$

Calcular la matriz **G** = [$g_i(x_j)$] (i = 1, 2, ..., n; j = 1, 2, ..., m)

Formar la matriz $\mathbf{GG}_t$ del sistema normal

Formar la matriz columna **Y** = [y_j]

Formar la matriz de términos independientes **GY**

Resolver el sistema lineal de n por n ($\mathbf{GG}_t$) **C** = **GY** mediante el método de Gauss

La matriz columna **C** contiene los coeficientes del modelo ajustado

Terminar

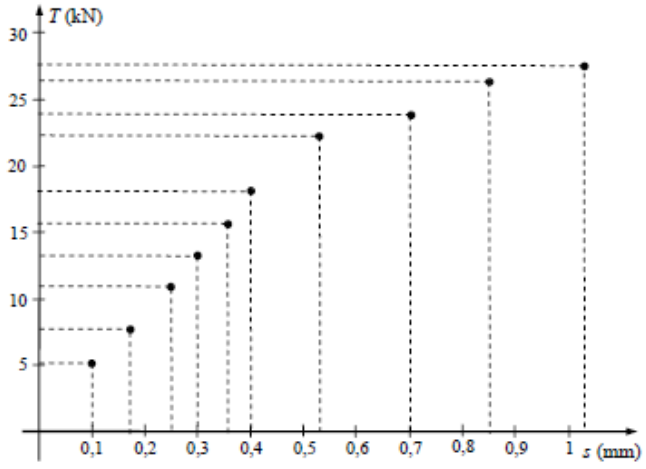
Para muchos modelos lineales importantes la matriz $\mathbf{GG}_t$ suele ser mal condicionada, por tanto, debe utilizarse doble precisión en los cálculos y trabajar con estrategia parcial de pivote o, mejor aún, estrategia total. Para evitar el mal condicionamiento puede también utilizarse la idea de hallar para el espacio G una base $\{g_1, g_2,..., g_n\}$ de funciones ortogonales. Esto introduce un paso adicional en el algoritmo, pero, a cambio de ello la matriz del sistema (2) es diagonal y su solución es inmediata sin necesidad de utilizar el método de Gauss.

En la literatura recomendada al final del capítulo puede encontrar referencias acerca de las familias de funciones ortogonales.

***Ejemplo* 2**

En un laboratorio se está analizando la resistencia de las barras de acero corrugadas de 12 mm para la construcción. Para ello se someten 10 muestras de la misma longitud a grandes esfuerzos de tensión y se mide la deformación sufrida. Los resultados se muestran en la tabla 1 y en la figura 2 se han representado en un plano T-s.

T (tensión) kilonewton	5,1	7,7	10,8	13,2	15,6	18,1	22,2	23,9	26,3	27,5
s (deformación) milímetro	0,10	0,17	0,24	0,30	0,36	0,40	0,53	0,70	0,85	1,03



a) Ajuste un modelo del tipo T =a0 + a1s y b) otro del tipo $T = b0 + b1s + b2s^2$ para representar el comportamiento de este material para tensiones en el rango de 0 a 30 kilonewton.

Solución:

a) Para ajustar a los datos el modelo lineal $T\ a0\ a1s = +$ se escogerán como funciones base:

$g0(s) = 1$ y $g1(s) = s$

de modo que $T(s) = a0\ g0(s) + a1\ g1(s) = a0 + a1s$

Los coeficientes $a0$ y $a1$ se hallan resolviendo el sistema normal:

$(g0 \cdot g0)a0 + (g0 \cdot g1)a1 = g0 \cdot T$

$(g1 \cdot g0)a0 + (g1 \cdot g1)a1 = g1 \cdot T$

dónde:

$$g_0 \cdot g_0 = \sum_{f=1}^{10} g_0^2(s_j) = \sum_{f=1}^{10} 1^2 = 10$$

$$g_0 \cdot g_1 = g_0 \cdot g_1 = \sum_{f=1}^{10} g_0(s_j) g_1(s_j) = \sum_{f=1}^{10} 1 s_j = \sum_{f=1}^{10} s_j = 4{,}68$$

$$g_1 \cdot g_1 = \sum_{f=1}^{10} g_0^2(s_j) = \sum_{f=1}^{10} g_0^2 = 3{,}0304$$

$$g_1 . T = \sum_{f=1}^{10} g_0(s_j) T_1 = \sum_{f=1}^{10} 1 T_j = \sum_{f=1}^{10} T_j = 170{,}4$$

$$g_1 . T = \sum_{f=1}^{10} g_1(s_j) T_j = \sum_{f=1}^{10} s_j T_j = 100{,}403$$

Entonces, el sistema normal resulta:

10 $a0$ + 4,68 $a1$ = 170,4

4,68 $a0$ + 3,0304 $a1$ = 100,403

cuya solución es: $a0$ = 5,53

$a1$ = 24,595

por tanto, la recta de mejor ajuste será:

T = 5,53 + 24,585 s

b) En el caso del modelo cuadrático $T = b0 + b1s + b2s$ se pueden tomar las funciones base

$g0(s) = 1$; $g1(s) = s$ y $g2(s) = s2$

y los coeficientes $b0$, $b1$ y $b2$ se calculan mediante el sistema normal:

$(g0 \cdot g0)b0 + (g0 \cdot g1)b1 + (g0 \cdot g2)b2 = g0 \cdot T$

$(g1 \cdot g0)b0 + (g1 \cdot g1)b1 + (g1 \cdot g2)b2 = g1 \cdot T$

$(g2 \cdot g0)b0 + (g2 \cdot g1)b1 + (g2 \cdot g2)b2 = g2 \cdot T$

Esto es:

$$10b_0 + \left[\sum_{j=1}^{10} s_j\right] b_1 + \left[\sum_{j=1}^{10} s_j^2\right] b_2 = \sum_{j=1}^{10} T_j$$
$$\left[\sum_{j=1}^{10} s_j\right] b_0 + \left[\sum_{j=1}^{10} s_j^2\right] b_1 + \left[\sum_{j=1}^{10} s_j^3\right] b_2 = \sum_{j=1}^{10} s_j T_j$$
$$\left[\sum_{j=1}^{10} s_j^2\right] b_0 + \left[\sum_{j=1}^{10} s_j^3\right] b_1 + \left[\sum_{j=1}^{10} s_j^4\right] b_2 = \sum_{j=1}^{10} s_j^2 T_j$$

Una vez calculadas las sumas, el sistema queda:

$$10b_0 + 4{,}68b_1 + 3{,}0304b_2 = 170{,}4$$
$$4{,}68b_0 + 3{,}0304b_1 + 2{,}3561b_2 = 100{,}403$$
$$3{,}0304b_0 + 2{,}35612b_1 + 2{,}02127b_2 = 73{,}1248$$

Cuya solución, mediante el método de Gauss, es:

$b0$ = – 0,63

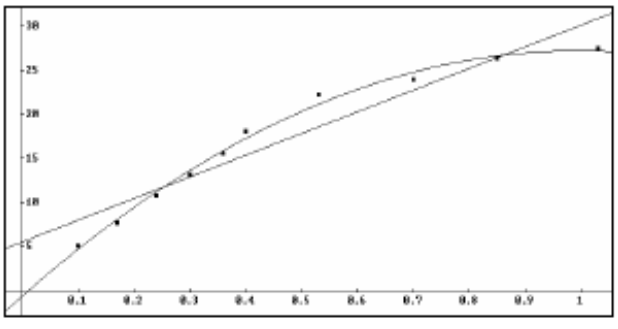
$b1$ = 55,955

$b2$ = –28,100

Luego, el modelo cuadrático de mejor ajuste será:

T = – 0,63 + 55,955 s – 28,1 s2

En la figura 3 se muestran los puntos experimentales y los dos modelos ajustados.



d.3.3 CÁLCULO PARA EL ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE EFICIENCIA DE LAS COCINAS SOLARES TIPO CAJA.

- Se denomina (T_i) al dato instantáneo de temperatura obtenido.
- Mediante la comparación entre dos datos de temperatura (T_i) con (T_{i+1}), se obtiene la variación de temperatura (ΔT_i) de cada 5 minutos. La fórmula siguiente muestra lo mencionado.

$$\Delta T_i = T_{i+1} - T_i \qquad \textbf{(Ecuación 1)}$$

- En la hoja de cálculo de ante mano se ingresa la masa de prueba, que en todos los casos coincide con ser agua dulce, cuyo volumen (Vol) es 1 litro. De lo anterior se conoce que se va a evaluar la ganancia de temperatura de un litro de agua a presión constante.

La mencionada ganancia de temperatura es resultado de una ganancia de energía calórica (Ec) cuya ecuación definitoria es:

$$Ec = m \times Cp_{H2O} \times \Delta T_i \qquad \textbf{(Ecuación 2)}$$

O que es lo mismo su equivalente:

$$Ec_i = \rho_{H2O} \times Vol \times Cp_{H2O} \times \Delta T_i \rightarrow (joules) \qquad \textbf{(Ecuación 3)}$$

Para el agua se conoce:

$$\rho_{H2O} = 1000 \frac{Kg}{m^3} \qquad \textbf{(Ecuación 4)}$$

$$Cp_{H2O} = 4180 \frac{J}{Kg \times ℃} \qquad \textbf{(Ecuación 5)}$$

- El valor obtenido anteriormente (la energía calórica) al ser relacionado con el tiempo de muestreo (300 s = 5 min) nos dan la potencia calórica, este parámetro se usara en el cálculo de la eficiencia de la cocina, ya que este valor representa la

potencia de salida, o lo que es lo mismo la potencia obtenida por el agua contenida en el recipiente interno de la cocina solar.

$$Ps_i = \frac{Ec}{300s} \rightarrow (vatios) \qquad \textbf{(Ecuación 6)}$$

- Al mismo tiempo que se analiza la potencia obtenida, se determina la potencia de entrada, esto es mediante el uso de la radicación instantánea (Rad_i). Este valor se suma al valor siguiente de radiación (Rad_{i+1}) y se divide para dos, lo cual nos ofrece un valor promedio de la radiación en el lapso de análisis, de esta manera se maneja un dato más conservador de la radiación solar incidente por unidad de área.

$$\widehat{Rad}_i = \frac{Rad_i + Rad_{i+1}}{2} \rightarrow \left(\frac{w}{m^2}\right) \qquad \textbf{(Ecuación 7)}$$

- Las cocinas en estudio tienen áreas de captación definidas (Ac), dichas áreas al ser relacionadas con la radiación promedio por intervalos, nos permiten obtener la potencia de entrada hacia la cocina. La ecuación siguiente muestra lo mencionado:

$$Pe_i = \widehat{Rad}_i \times Ac \rightarrow (vatios) \qquad \textbf{(Ecuación 8)}$$

Conocidas las potencias por periodo de muestreo (cada 5 minutos) de entrada a la cocina y aprovechada por el recipiente de cocción, es posible hallar los rendimientos también instantáneos (η_i).

$$\eta_i = \frac{Ps_i}{Pe_i} \qquad \textbf{(Ecuación 9)}$$

- El promedio de los rendimientos instantáneos nos permite determinar el rendimiento total de todo el lapso de monitoreo. La ecuación siguiente muestra lo enunciado:

$$\eta = \frac{\eta_i + \eta_{i+1} + \eta_{i+2} + \cdots \ldots \eta_{i+n}}{i+n} \qquad \textbf{(Ecuación 10)}$$

De esta manera se halla el rendimiento del equipo en cuestión.

d.3.4 TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA.

Este trabajo es una parte de un proyecto de la investigación en la Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables (AEIRNNR) de la Universidad Nacional de Loja. El proyecto es una investigación en potencialidad y desarrollo de energías renovables en los sectores rurales de la provincia de Loja que no disponen de los recursos básicos indispensables de vida, estos problemas se dan cita en pueblos, generalmente habitados por gente de bajos recursos económicos que han visto en la necesidad de migrar, lo cual es su única alternativa para salir del subdesarrollo en que se encuentran. Notando estos aspectos, en este proyecto de tesis se tomó en cuenta un factor muy importante como es la trasferencia de tecnología, que se implementó en el cantón Zapotillo, parroquia Bolaspamba, barrio Chaquino, dando comienzo a esta transferencia se realizó un Taller de socialización del uso de cocinas Tipos-beneficios-materiales del lugar para la Potencialidad solar, lo cual se tomó en cuenta los siguientes pasos:

Selección de beneficiarios: Con representantes de la Universidad Nacional de Loja, delegados de unión cantonal de organizaciones campesinas de zapotillo UCOCZ y proyecto MIPRO, se procedió a la selección de familias que trabajen y obtengan los beneficios de las cocinas tipo caja, aprovechando el gran recurso solar que cuenta dicho sector,

Figura 7 Selección de beneficiarios

Construcción de cocinas: En este campo se pudo trabajar en la parroquia Bolaspamba lo cual prestaba las condiciones necesarias para la construcción de cocinas de caja, esto se pudo lograr con talleres de aprendizaje, que se impartió a las familias seleccionadas para que puedan desarrollar la elaboración de las mismas, lo cual tuvo una acogida muy importante por los moradores de esta población, dando como resultado la construcción de dos cocinas.

Figura 8 Construcción de cocinas

Uso de cocinas: Durante el periodo de desarrollo del proyecto de tesis, se pudo se pudo observar la gran acogida que tuvo las diferentes familias con respecto a las 9 cocinas tipo caja, ayudándoles durante todo este tiempo en diversos factores, como el ahorro de gas de uso doméstico, la facilidad de poder ir a trabajar y dejar cocinando sus alimentos sin temor que se les queme, el aprovechamiento en su totalidad de los nutrientes de sus comidas entre otros elementos que brindan estas cocinas.

Figura 9 Uso de cocinas

En las continuas visitas a dicho sector hemos podido verificar el uso habitual de las cocinas. Dándonos como resultado el siguiente porcentaje de las cocinas solares tipo caja:

- 90% uso frecuente.
- 10 % uso temporal.

Sobre la valoración de las cocinas solares podemos decir que se trabajó con 8 cocinas tipo caja y 1 cocina de barro, construidas inicialmente en la Universidad Nacional de Loja en la carrera de Electromecánica.

e.- MATERIALES Y MÉTODOS

SISTEMATIZACION DE LA INFORMACION.

Los datos de todas estas cocinas solares tipo caja, fueron proporcionados por el *Centro de Investigaciones de Energías Renovables y Eficiencia Energética (CIEREE).* Para la fundamentación teórica se realizó la recolección de toda la información referente a las características de las cocinas solares tipo caja encontrando información de diseño y construcción.

RECURSO SOLAR SECTOR CHAQUINO.

El recurso solar en la zona micro localizada del Cantón Zapotillo, Parroquia Bolaspamba, Barrio Chaquino, se realizó con el medidor de radiación Mac-Solar, instrumento que cuenta con sensor integrado, con capacidad de memoria de 64 Kb y memoria interna que puede transmitirse con ayuda del software a la interfaz de serie de un PC. El funcionamiento de este instrumento fue las 24 horas del día, durante los 6 meses de monitoreo de las cocinas solares tipo parabólicas.

VALOR COMPARATIVO DE FUNCIONAMIENTO.

El valor comparativo para el sector localizado entre las nueve cocinas solares, se aplicó el proceso de cálculo para el análisis experimental de eficiencia en las cocinas solares, utilizando los sensores de temperatura y el sensor de radiación solar.

GRADO DE RECEPTABILIDAD Y ACEPTABILIDAD.

Para obtener el grado de receptibilidad y aceptabilidad, se realizó una encuesta y entrevista que consistieron en preguntas relacionadas con el tema de investigación, con el fin de medir el grado de acogida al proyecto, realizado en el barrio Chaquino de la parroquia Bolaspamba del cantón Zapotillo de la provincia de Loja, por parte de las familias que estuvieron inmersas en este proyecto.

f.- RESULTADOS

f.1 SISTEMATIZACIÓN DE LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y DISEÑOS CONSTRUIDOS EN EL Á.E.I.R.N.N.R DE LA UNL.

Para la ejecución de este tema de tesis, se utilizó nueve cocinas solares tipo caja que han sido construidas en la UNL tanto a nivel de tesis y como proyectos de módulo, también puedo informar que hay dos cocinas tipo caja en fase de desarrollo, como tema de tesis, lo cual se pretende que estas cocinas tengan un mejor desempeño que las cocinas existentes en la UNL, basado en el estudio realizado a las mismas, este proyecto están bajo la dirección del Ing. Thuesman Montaño Peralta. Las nueve cocinas que utilice para el monitoreo se las designo de la siguiente forma.

f.1.1 COCINA 1: C1

Elaborada en el proyecto de tesis de modelación, en el año 2010, de esta cocina no se tiene datos o análisis de funcionamiento. Esta consta de las siguientes características:

Largo: 50 cm
Ancho: 50 cm
Altura Exterior: 41,7 cm
Medida de Aislante: 6 cm
Fondo Interior cocina: 28cm
Tapas: 40 x 40 cm
Vidrio: 35x 35 cm

Figura 10 Cocina C1.

f.1.2 COCINA 2: C2

Elaborada en el proyecto de tesis de modelación, en el año 2010, de esta cocina no se tiene datos o análisis de funcionamiento. Esta consta de las siguientes características:

Largo: 60 cm

Ancho: 50 cm

Altura Exterior: 39,8 cm

Aislante 5 cm

Fondo Interior cocina: 25 cm

Tapas: 50 x 40

Vidrio: 49,4 x 43,4 cm

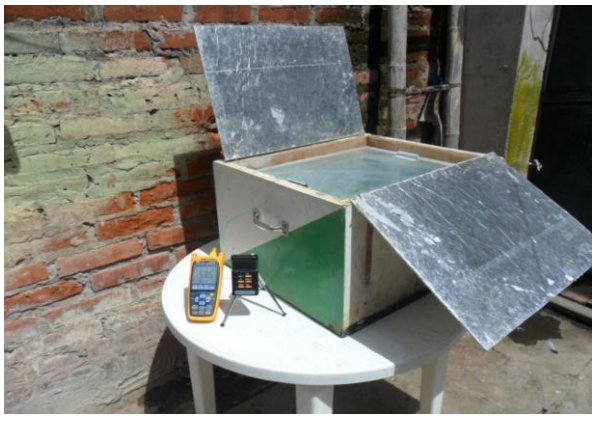


Figura 11 Cocina C2.

f.1.3 COCINA 3: C3

Elaborada en el proyecto de tesis de modelación, en el año 2010, de esta cocina no se tiene datos o análisis de funcionamiento. Esta consta de las siguientes características:

Largo: 61.8 cm

Ancho: 51.7 cm

Altura Exterior: 35,5 cm

Aislante 4 cm

Fondo Interior cocina: 25 cm

Tapas: 41 x 54 cm

Vidrio: 53,2 x 43,2 cm

Figura 12 Cocina C3.

f.1.4 COCINA 4: C4

Elaborada en investigación formativa (proyecto de modulo), en el año 2010, de esta cocina no se tiene datos o análisis de funcionamiento, Esta consta de las siguientes características:

Largo: 69.5 cm

Ancho: 59,4 cm

Altura Exterior 1: 48,5 cm

Altura Exterior 2: 32,7 cm

Aislante 6 cm

Fondo Interior cocina 1: 39,5cm

Fondo Interior cocina 2: 24,5 cm

Tapas: 43 x 60 cm

Vidrio: 59,5 x 49,5 cm

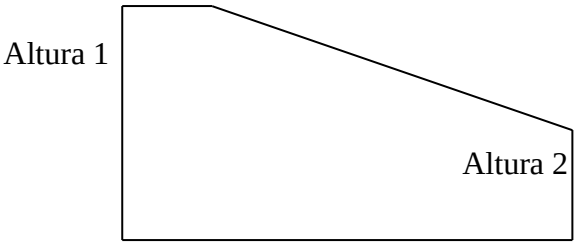


Figura 13 Cocina C4.

f.1.5 COCINA 5: C5

Elaborada en investigación formativa (proyecto de modulo), en el año 2010, de esta cocina no se tiene datos o análisis de funcionamiento, Esta consta de las siguientes características:

Largo: 70 cm

Ancho: 60 cm

Altura Exterior: 35

Aislante 6 cm

Fondo Interior cocina: 25 cm

Tapas: 60 x 40 cm

Vidrio: 48,5 x 59 cm

Figura 14 Cocina C5.

f.1.6 COCINA 6: C6

Elaborada en investigación formativa (proyecto de modulo), en el año 2010, de esta cocina no se tiene datos o análisis de funcionamiento, Esta consta de las siguientes características:

Largo: 65 cm

Ancho: 54,6 cm

Altura Exterior: 35,5 cm

Aislante 5 cm

Fondo Interior cocina: 25 cm

Tapas: 55 x 40 cm

Vidrio: 45 x 55

Figura 15 Cocina C6.

f.1.7 COCINA 7: C7

Elaborada en investigación formativa (proyecto de modulo), en el año 2007, de esta cocina no se tiene datos o análisis de funcionamiento, Esta consta de las siguientes características:

Largo: 50 cm

Ancho: 50 cm

Altura Exterior: 31,6 cm

Aislante 6cm

Fondo Interior cocina: 20 cm

Tapas: 40 x 40 cm

Vidrio: 38 x 38 cm

Figura 16 Cocina C7.

f.1.8 COCINA 8: C8

Elaborada en investigación formativa (proyecto de modulo), en el año 2008, de esta cocina no se tiene datos o análisis de funcionamiento, Esta consta de las siguientes características:

Largo: 92 cm

Ancho: 73 cm

Altura Exterior 1: 24,5 cm

Altura Exterior 2: 18 cm

Aislante 16 cm

Fondo Interior cocina 1: 20 cm

Fondo Interior cocina 2: 14 cm

Tapas: No tiene

Área interior donde va la olla es de 60 x 55,5

Figura 17 Cocina C8.

f.1.9 COCINA 9: C9

Elaborada en investigación formativa (proyecto de modulo), en el año 2009, de esta cocina no se tiene datos o análisis de funcionamiento, Esta consta de las siguientes características:

Largo: 80 cm

Ancho: 48 cm

Altura Exterior: 32 cm

Aislante 5 cm

Fondo Interior cocina: 18 cm

Tapa (solo tiene una): 80 x 46 cm

Vidrio 1: 73,5 x 41,5 cm

Vidrio 2: 72 x 39 cm

Área solo donde va la olla 70 x 37 cm

Figura 18 Cocina C9.

A continuación les presento un resumen de las características de las cocinas:

Tabla 1 Características de las 9 cocinas.

COCINA	L (cm)	A (cm)	ALTURA EXTERIOR 1 (cm)	ALTURA INTERIOR 2 (cm)	AISLANTE (cm)	FONDO INTERIOR 1 (cm)	FONDO INTERIOR 2 (cm)	TAPAS (cm)	VIDRIO (cm)
1	50	50	41,7	-	6	28	-	40x40	35x35
2	60	50	39,8	-	5	25	-	50x40	49,4x43,4
3	61,8	51,7	35,5	-	4	25	-	41x54	53,2x43,2
4	69,5	59,4	48,5	32,7	6	39,5	24,5	43x60	59,5x49,5
5	70	60	35	-	6	25	-	60x40	48,5x59
6	65	54,6	35,5	-	5	25	-	55x40	45x55
7	50	50	31,6	-	6	20	-	40x40	38x38
8	92	73	24,5	18	16	20	14	-	-
9	80	48	32	-	5	18	-	80x46	73,5x41,5

Debido a que no se tiene datos sobre el comportamiento de estas cocinas, en este proyecto de tesis son tomadas en cuenta para realizar el análisis del comportamiento en un sector localizado, ayudando con esto a futuros proyectos a elaboración de cocinas más eficientes.

f.2 MONITOREO DE LA POTENCIALIDAD SOLAR EN LA ZONA MICROLOCALIZADA DEL SECTOR CHAQUINO.

Para realizar las gráficas del trabajo investigativo, se recogió el dato de la radiación solar desde las 9h00, hasta las 14h00, durante el funcionamiento de las cocinas solares tipo caja, en los meses de monitoreo y para la consignación de los datos en las gráficas, se sacó los promedios diarios de la radiación solar, durante las 5 horas de presencia del sol.

Además en la graficación, ubicamos el valor de radiación promedio día en el eje de las (Y) y la fecha que se tomó en el eje de las (X).

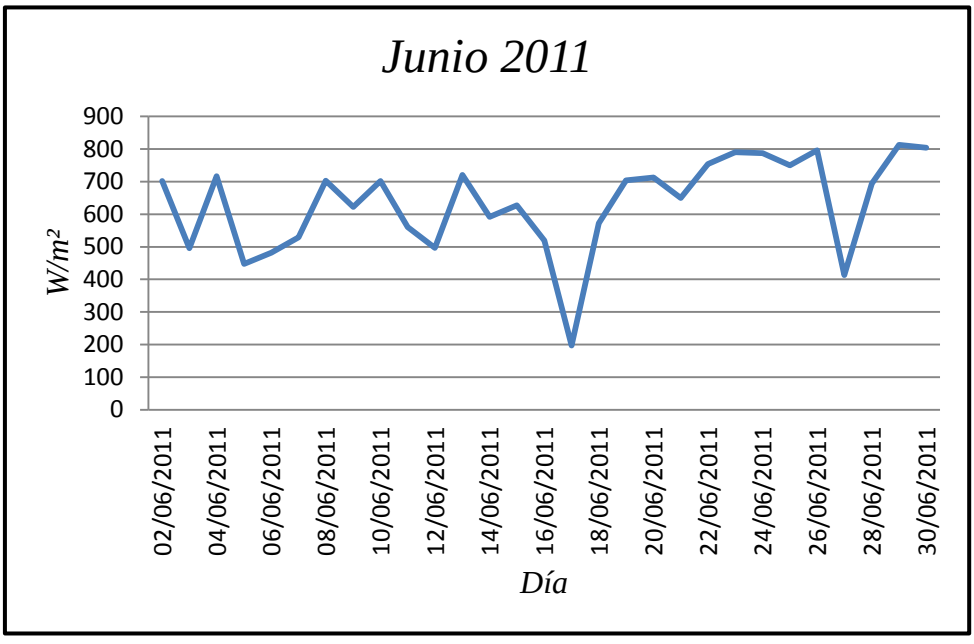


Figura 19 Primer mes de monitoreo.

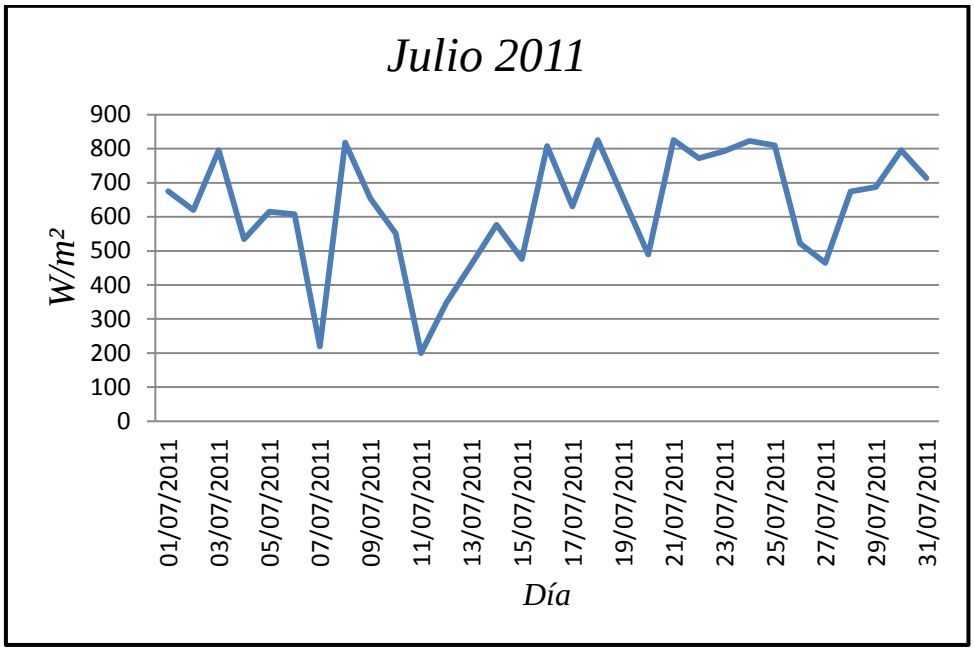


Figura 20 Segundo mes de monitoreo.

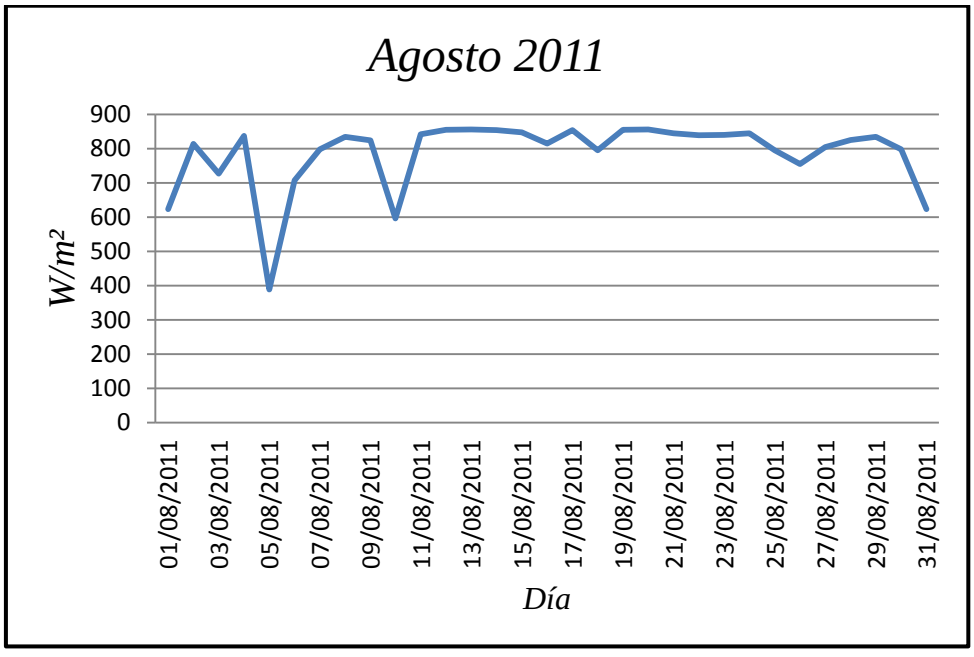


Figura 21 Tercer mes de monitoreo.

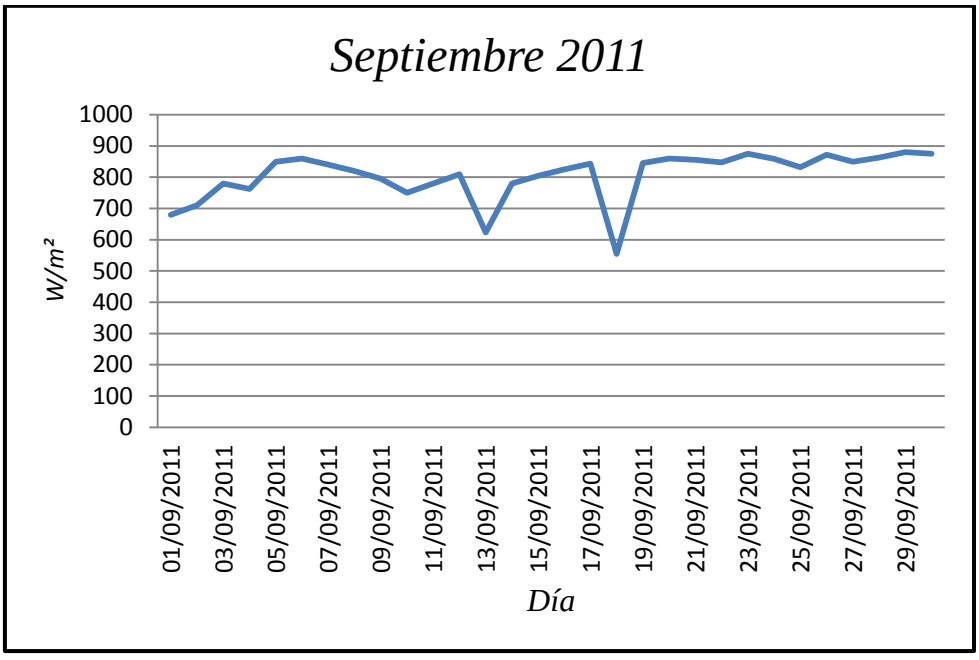


Figura 22 Cuarto mes de monitoreo.

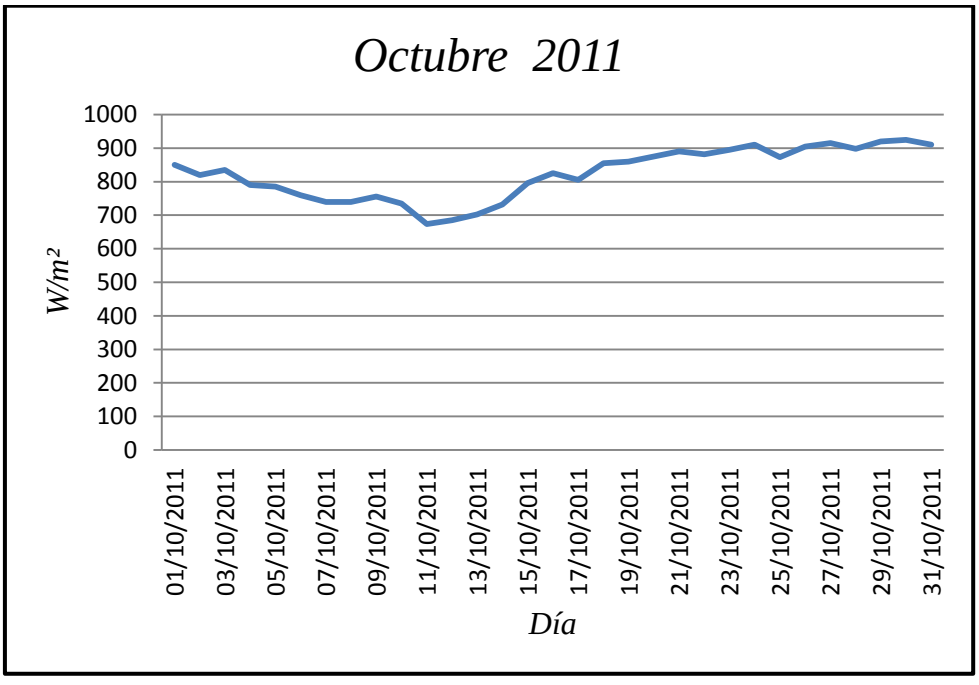


Figura 23 Quinto mes de monitoreo.

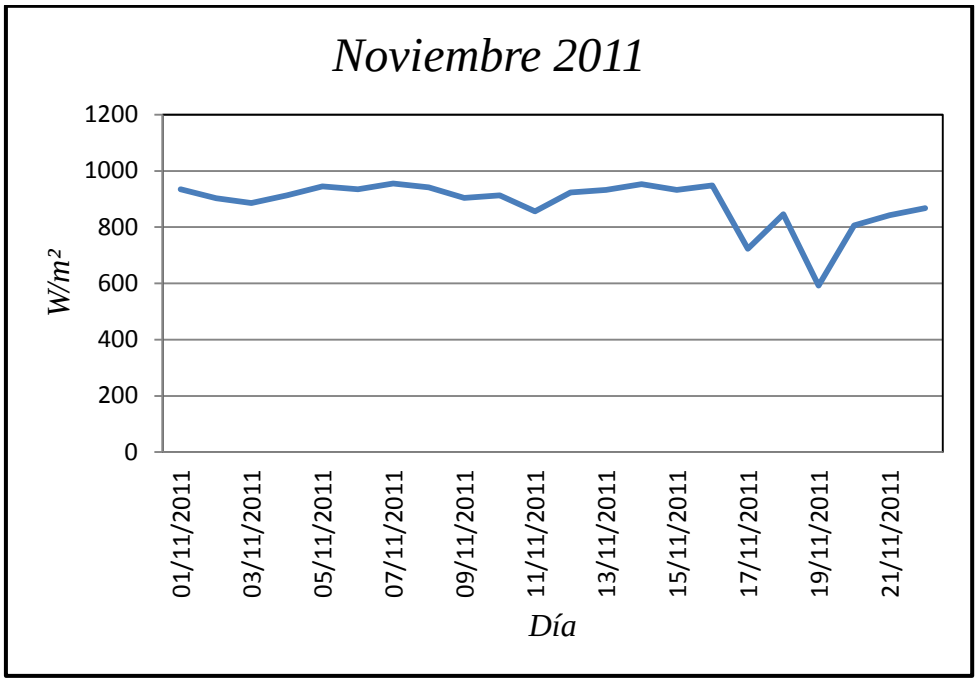


Figura 24 Sexto mes de monitoreo.

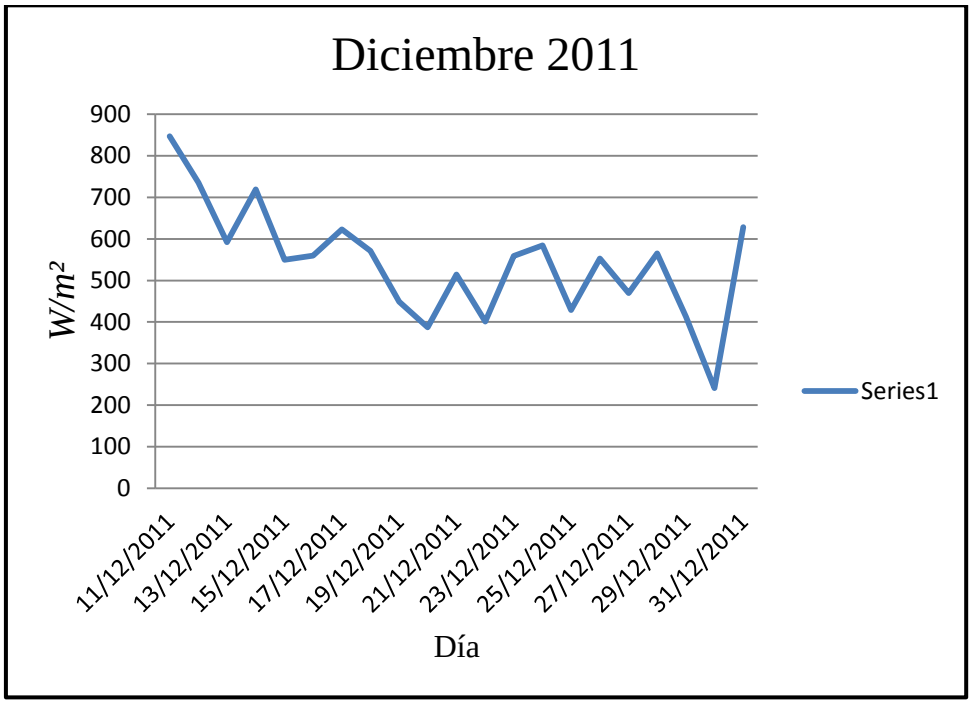


Figura 25 Séptimo mes de monitoreo.

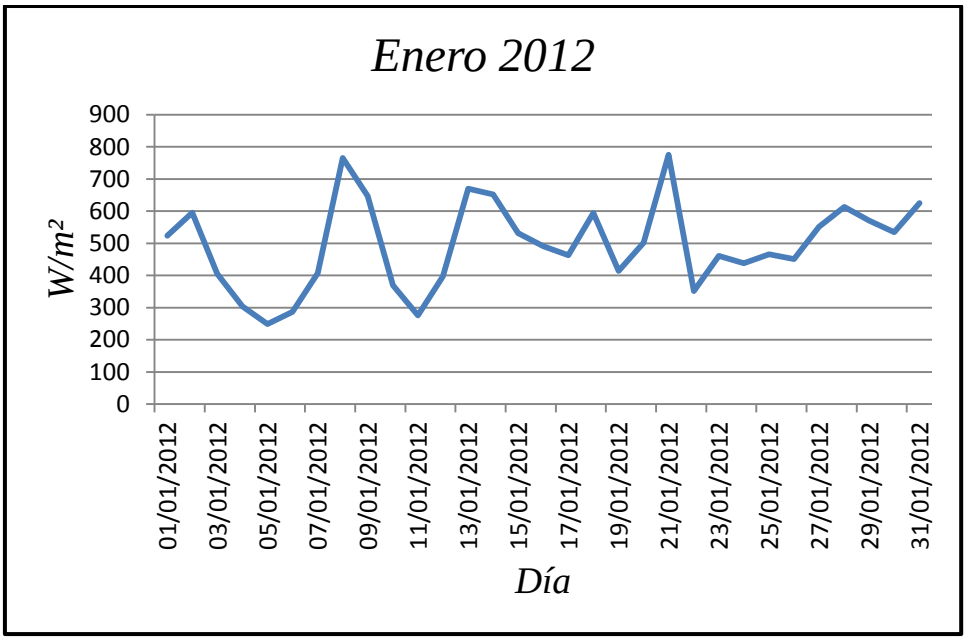


Figura 26 Octavo mes de monitoreo.

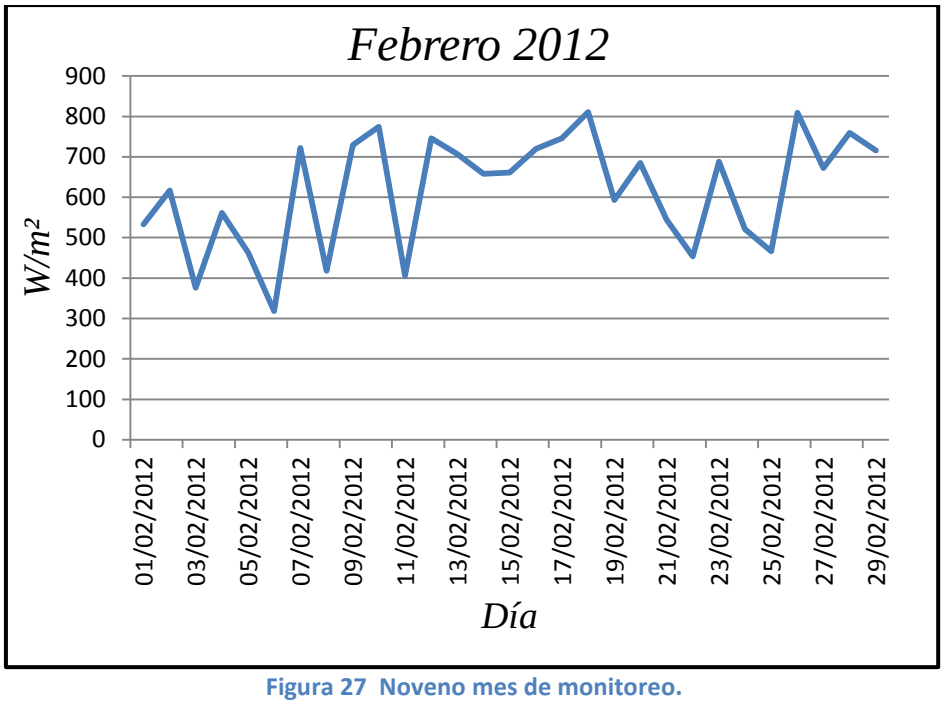


Figura 27 Noveno mes de monitoreo.

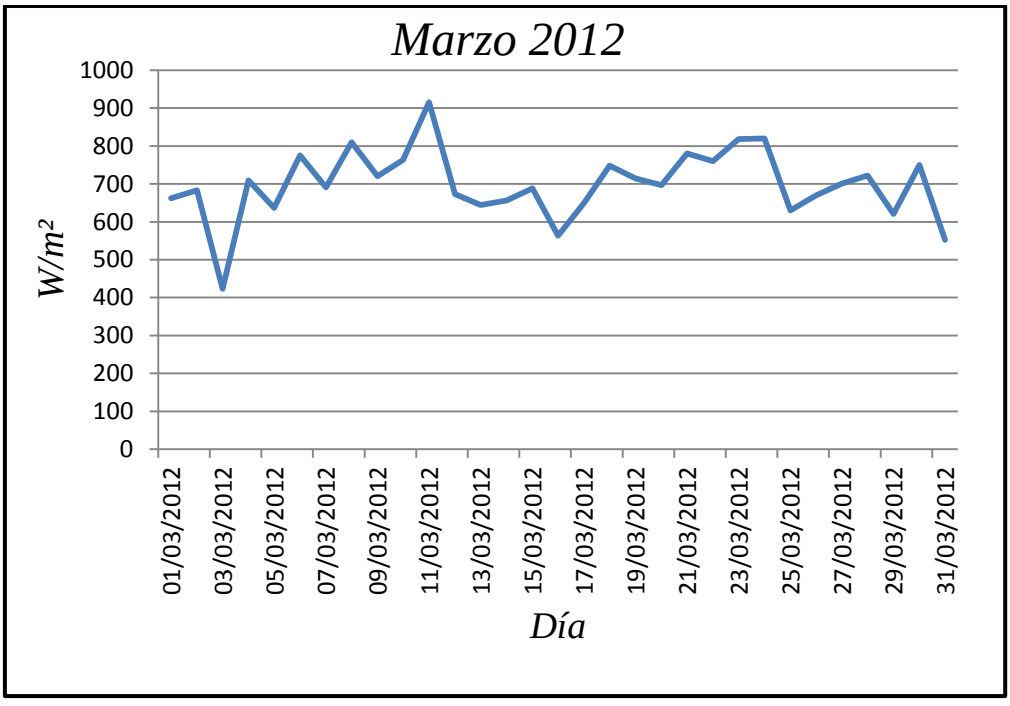


Figura 28 Decimo mes de monitoreo.

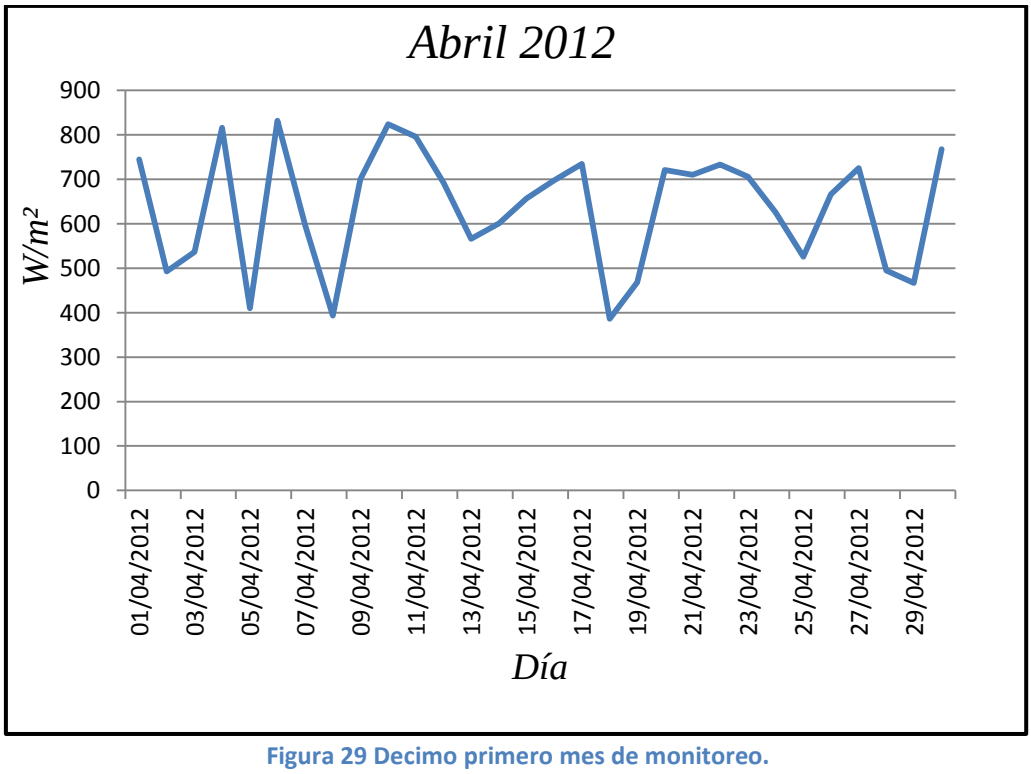


Figura 29 Decimo primero mes de monitoreo.

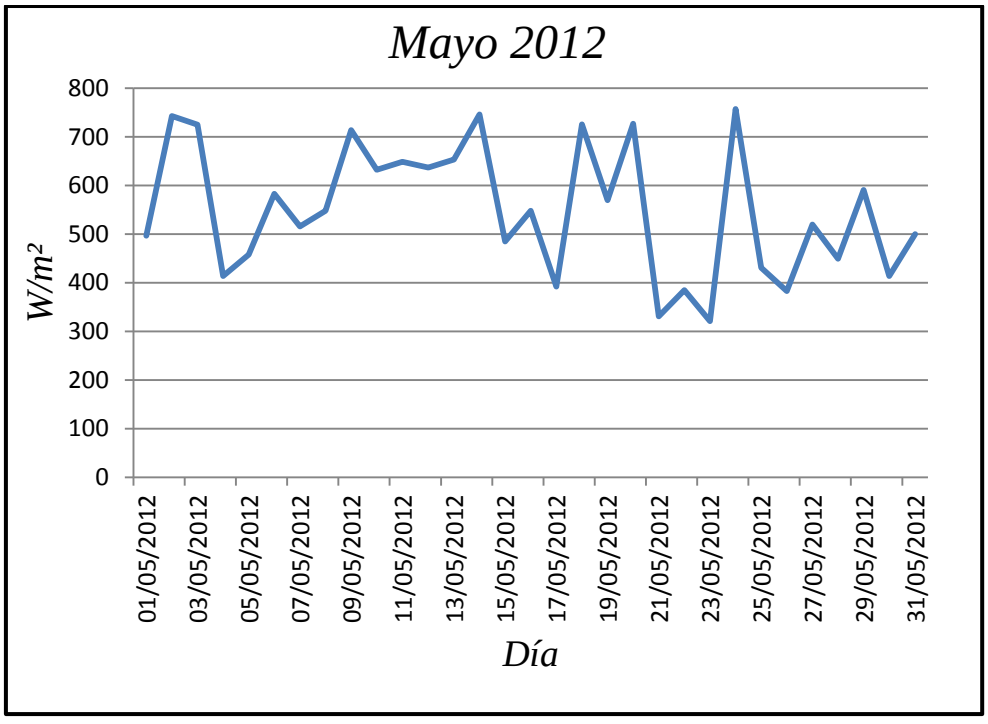


Figura 30 Decimo segundo mes de monitoreo.

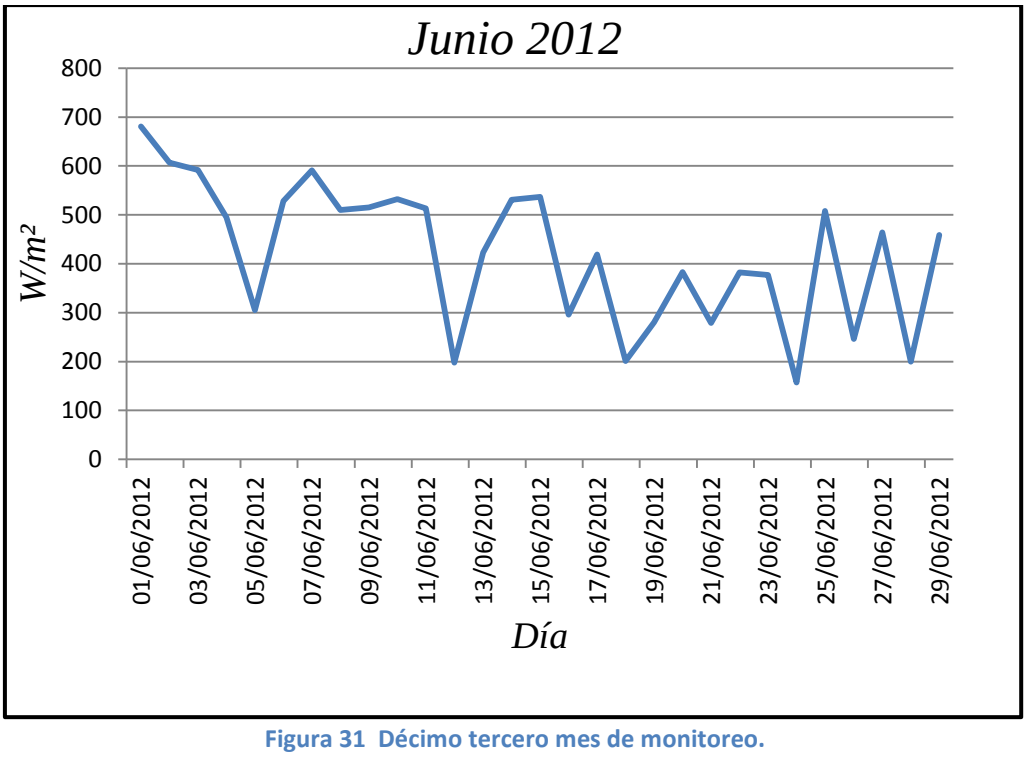


Figura 31 Décimo tercero mes de monitoreo.

A continuación resumo el promedio mensual, en base a los datos obtenidos del sensor de radiación durante los meses de monitoreo de junio 2011 a junio 2012, en la siguiente tabla.

Tabla 2 Resumen del Promedio de Radiación mensual

MES DE MONITOREO	**Radiación Promedio Mensual (W/m2)**
JUNIO	633
JULIO	627
AGOSTO	787
SEPTIEMBRE	806
OCTUBRE	824
NOVIEMBRE	884
DICIEMBRE	542
ENERO	496
FEBRERO	616
MARZO	698
ABRIL	636
MAYO	550
JUNIO	421
PROMEDIO	**655**

f.3 VALOR COMPARATIVO DE FUNCIONAMIENTO DE LAS COCINAS SOLARES TIPO CAJA.

El proceso de cálculo para el análisis experimental de eficiencia en las cocinas solares tipo caja es el siguiente:

- Se denomina (T_i) al dato instantáneo de temperatura obtenido.
- Mediante la comparación entre dos datos de temperatura (T_i) con (T_{i+1}), se obtiene la variación de temperatura (ΔT_i) de cada 5 minutos. La fórmula siguiente muestra lo mencionado.

$$\Delta T_i = T_{i+1} - T_i$$

- En la hoja de cálculo de ante mano se ingresa la masa de prueba, que en todos los casos coincide con ser agua dulce, cuyo volumen (Vol.) es 1 litro. De lo anterior se conoce que se va a evaluar la ganancia de temperatura de un litro de agua a presión constante.

  La mencionada ganancia de temperatura es resultado de una ganancia de energía calórica (Ec) cuya ecuación definitoria es:

$$Ec = m \times Cp_{H2O} \times \Delta T_i$$

  O que es lo mismo su equivalente:

$$Ec_i = \rho_{H2O} \times Vol \times Cp_{H2O} \times \Delta T_i \rightarrow (joules)$$

  Para el agua se conoce:

$$\rho_{H2O} = 1000 \frac{Kg}{m^3}$$

$$Cp_{H2O} = 4180 \frac{J}{Kg \times ℃}$$

- El valor obtenido anteriormente (la energía calórica) al ser relacionado con el tiempo de muestreo (300 s = 5 min) nos dan la potencia calórica, este parámetro se

usara en el cálculo de la eficiencia de la cocina, ya que este valor representa la potencia de salida, o lo que es lo mismo la potencia obtenida por el agua contenida en el recipiente interno de la cocina solar.

$$\boldsymbol{Ps_i = \frac{Ec}{300s} \rightarrow (vatios)}$$

- Al mismo tiempo que se analiza la potencia obtenida, se determina la potencia de entrada, esto es mediante el uso de la radicación instantánea (Rad_i). Este valor se suma al valor siguiente de radiación (Rad_{i+1}) y se divide para dos, lo cual nos ofrece un valor promedio de la radiación en el lapso de análisis, de esta manera se maneja un dato mas conservador de la radiación solar incidente por unidad de área.

$$\boldsymbol{\widehat{Rad}_i = \frac{Rad_i + Rad_{i+1}}{2} \rightarrow \left(\frac{w}{m^2}\right)}$$

- Las cocinas en estudio tienen áreas de captación definidas (Ac), dichas áreas al ser relacionadas con la radiación promedio por intervalos, nos permiten obtener la potencia de entrada hacia la cocina. La ecuación siguiente muestra lo mencionado:

$$\boldsymbol{Pe_i = \widehat{Rad}_i \times Ac \rightarrow (vatios)}$$

Conocidas las potencias por periodo de muestreo (cada 5 minutos) de entrada a la cocina y aprovechada por el recipiente de cocción, es posible hallar los rendimientos también instantáneos (η_i).

$$\boldsymbol{\eta_i = \frac{Ps_i}{Pe_i}}$$

- El promedio de los rendimientos instantáneos nos permite determinar el rendimiento total de todo el lapso de monitoreo. La ecuación siguiente muestra lo enunciado:

$$\boldsymbol{\eta = \frac{\eta_i + \eta_{i+1} + \eta_{i+2} + \cdots \ldots \eta_{i+n}}{i + n}}$$

De esta manera se halla el rendimiento del equipo en cuestión.

Para terminar la tabla de adquisición de datos también nos permite hallar la velocidad de cambio de temperatura, las diferencias de radiación periódica, la velocidad de la ganancia energética, entre otros aspectos importantes, todo esto en función del tipo de análisis que se esté desarrollando.

MONITOREO DE LAS NUEVE COCINAS SOLARES TIPO CAJA.

Tabla 3 Monitoreo de la cocina C1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

HOJA DE DATOS DE MONITOREO PARA ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE EQUIPOS SOLAR-TÉRMICOS

Nombre del proyecto: *Evaluación térmica de cocinas solares tipo caja y transferencia de tecnología en el Cantón Zapotillo parroquia Bolaspamba barrio Chaquino.*

Responsables: *Egdo Jorge Correa* — **Director:** *Ing. Msc. Thuesman Montaño Peralta* — **Período de monitoreo (hh/min)**

Sector: *Chaquino - Bolaspamba - Zapotillo - Loja - Ecuador* — **Fecha:** *14 de Marzo del 2012* — **Inicio** *9:00* — **Fin** *13:00*

Observaciones: Largo: 0,5m; Ancho: 0,5m; Espesor de aislante: 6cm

Frecuencia de muestra (min): *5*

Masa o volumen de prueba: 1 litro

Datos generales del sector					Datos base del monitoreo			
Altitud	Presión barométrica		Temperatura promedio		Temp. inicio		Temp final	
msnm	*KPa*	*Bar*	*ºC*	*ºK*	*ºC*	*ºK*	*ºC*	*ºK*
400	*96,33*	*0,9638*	26	299	*31*	*304*	92	365

Observaciones:

	N.-	Hh/min	Temp_i	Temp_(i+1)	ΔT	Rad_i	Rad_(i+1)	Δ(Rad)	Ec_i	Ec_(i+1)	Δ(Ec)	Ei	Es	Rend
			ºC	*ºC*	*ºC ó ºK*	*watts/m2*	*watts/m2*	*watts/m2*	*J*	*J*	*J*	watts	watts	
1	1	9:25	31,20	31,80	0,60	626,20	586,10	-40,10	2508,78	**2926,91**	418,13	76,85	8,36	0,11
2	2	9:30	31,80	32,50	0,70	586,10	478,30	-107,80	2926,91	**2508,78**	-418,13	67,62	9,76	0,14
3	3	9:35	32,50	33,10	0,60	478,30	458,20	-20,10	2508,78	**3763,17**	1254,39	79,70	8,36	0,10
4	4	9:40	33,10	34,00	0,90	458,20	645,70	187,50	3763,17	**3763,17**	0,00	89,01	12,54	0,14
5	5	9:45	34,00	34,90	0,90	645,70	587,10	-58,60	3763,17	**3345,04**	-418,13	87,75	12,54	0,14
6	6	9:50	34,90	35,70	0,80	587,10	628,30	41,20	3345,04	**3763,17**	418,13	79,48	11,15	0,14
7	7	9:55	35,70	36,60	0,90	628,30	472,50	-155,80	3763,17	**2508,78**	-1254,39	67,28	12,54	0,19
8	8	10:00	36,60	37,20	0,60	472,50	459,30	-13,20	2508,78	**4181,30**	1672,52	80,27	8,36	0,10
9	9	10:05	37,20	38,20	1,00	459,30	652,50	193,20	4181,30	**2926,91**	-1254,39	80,48	13,94	0,17
10	10	10:10	38,20	38,90	0,70	652,50	462,20	-190,30	2926,91	**2508,78**	-418,13	84,03	9,76	0,12
11	11	10:15	38,90	39,50	0,60	462,20	701,70	239,50	2508,78	**2508,78**	0,00	88,72	8,36	0,09
12	12	10:20	39,50	40,10	0,60	701,70	527,10	-174,60	2508,78	**5017,56**	2508,78	84,92	8,36	0,10
13	13	10:25	40,10	41,30	1,20	527,10	649,10	122,00	5017,56	**2926,91**	-2090,65	88,37	16,73	0,19
14	14	10:30	41,30	42,00	0,70	649,10	574,80	-74,30	2926,91	**4599,43**	1672,52	98,50	9,76	0,10
15	15	10:35	42,00	43,10	1,10	574,80	789,50	214,70	4599,43	**4599,43**	0,00	111,99	15,33	0,14
16	16	10:40	43,10	44,20	1,10	789,50	761,60	-27,90	4599,43	**5017,56**	418,13	97,27	15,33	0,16
17	17	10:45	44,20	45,40	1,20	761,60	585,60	-176,00	5017,56	**5853,82**	836,26	95,35	16,73	0,18
18	18	10:50	45,40	46,80	1,40	585,60	735,10	149,50	5853,82	**3345,04**	-2508,78	98,99	19,51	0,20
19	19	10:55	46,80	47,60	0,80	735,10	635,90	-99,20	3345,04	**2508,78**	-836,26	101,15	11,15	0,11

Tabla 4 Monitoreo de la cocina C2

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

HOJA DE DATOS DE MONITOREO PARA ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE EQUIPOS SOLAR-TÉRMICOS

Nombre del proyecto: *Evaluación térmica de cocinas solares tipo caja y transferencia de tecnología en el Cantón Zapotillo parroquia Bolaspamba barrio Chaquino.*

Responsables: *Egdo Jorge Correa*	**Director:** *Ing. Msc. Thuesman Montaño Peralta*	**Período de monitoreo (hh/min)**	
Sector: *Chaquino - Bolaspamba - Zapotillo - Loja - Ecuador*	**Fecha:** *14 de Marzo del 2012*	**Inicio**	**Fin**
		10:25	*13:10*

Datos generales del sector					Datos base del monitoreo					
Altitud	**Presión barométrica**		**Temperatura promedio**		**Temp. inicio**		**Temp final**		**Frecuencia de muestra (min):**	5
msnm	*KPa*	*Bar*	*ºC*	*ºK*	*ºC*	*ºK*	*ºC*	*ºK*	**Masa o volumen de prueba:**	1 litro
400	*96,33*	*0,9638*	26	299	*27*	*300*	92	365		

Observaciones:

N.-	Hh/min	Temp_i	Temp_(i+1)	ΔT	Rad_i	Rad_(i+1)	Δ(Rad)	Ec_i	Ec_(i+1)	Δ(Ec)	Ei	Es	Rend
		ºC	*ºC*	*ºC ó ºK*	*watts/m2*	*watts/m2*	*watts/m2*	*J*	*J*	*J*	watts	watts	
1	10:35	27,2	28,40	1,20	790,7	810,60	19,90	5017,56	**6690,08**	1672,52	128,81	22,30	0,17
2	10:40	28,4	30,00	1,60	810,6	825,10	14,50	6690,08	**5853,82**	-836,26	130,35	19,51	0,15
3	10:45	30	31,40	1,40	825,1	830,10	5,00	5853,82	**5853,82**	0,00	131,63	19,51	0,15
4	10:50	31,4	32,80	1,40	830,1	841,40	11,30	5853,82	**9198,86**	3345,04	133,85	30,66	0,23
5	10:55	32,8	35,00	2,20	841,4	858,30	16,90	9198,86	**6690,08**	-2508,78	135,02	22,30	0,17
6	11:00	35	36,60	1,60	858,3	856,30	-2,00	6690,08	**7944,47**	1254,39	135,95	26,48	0,19
7	11:05	36,6	38,50	1,90	856,3	870,10	13,80	7944,47	**5853,82**	-2090,65	137,36	19,51	0,14
8	11:10	38,5	39,90	1,40	870,1	874,20	4,10	5853,82	**6271,95**	418,13	138,32	20,91	0,15
9	11:15	39,9	41,40	1,50	874,2	882,20	8,00	6271,95	**6690,08**	418,13	139,81	22,30	0,16
10	11:20	41,4	43,00	1,60	882,2	893,20	11,00	6690,08	**5853,82**	-836,26	140,62	19,51	0,14
11	11:25	43	44,40	1,40	893,2	892,50	-0,70	5853,82	**7944,47**	2090,65	141,69	26,48	0,19
12	11:30	44,4	46,30	1,90	892,5	906,80	14,30	7944,47	**7108,21**	-836,26	141,20	23,69	0,17
13	11:35	46,3	48,00	1,70	906,8	886,20	-20,60	7108,21	**5853,82**	-1254,39	141,04	19,51	0,14
14	11:40	48	49,40	1,40	886,2	904,80	18,60	5853,82	**6690,08**	836,26	142,45	22,30	0,16
15	11:45	49,4	51,00	1,60	904,8	904,10	-0,70	6690,08	**5853,82**	-836,26	143,11	19,51	0,14
16	11:50	51	52,40	1,40	904,1	913,20	9,10	5853,82	**6690,08**	836,26	144,81	22,30	0,15
17	11:55	52,4	54,00	1,60	913,2	925,60	12,40	6690,08	**6271,95**	-418,13	125,69	20,91	0,17
18	12:00	54	55,50	1,50	925,6	670,50	-255,10	6271,95	**7108,21**	836,26	129,55	23,69	0,18
19	12:05	55,5	57,20	1,70	670,5	974,60	304,10	7108,21	**6271,95**	-836,26	133,04	20,91	0,16

Tabla 5 Monitoreo de la cocina C3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

HOJA DE DATOS DE MONITOREO PARA ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE EQUIPOS SOLAR-TÉRMICOS

Nombre del proyecto: *Evaluación térmica de cocinas solares tipo caja y transferencia de tecnología en el Cantón Zapotillo parroquia Bolaspamba barrio Chaquino.*

Responsables: *Egdo Jorge Correa* — **Director:** *Ing. Msc. Thuesman Montaño Peralta* — **Período de monitoreo (hh/min)**

Sector: *Chaquino - Bolaspamba - Zapotillo - Loja - Ecuador* — **Fecha:** *14 de Marzo del 2012*

Inicio	Fin
10:25	*13:10*

Datos generales del sector					Datos base del monitoreo			
Altitud	Presión barométrica		Temperatura promedio		Temp. inicio		Temp final	
msnm	*KPa*	*Bar*	*ºC*	*ºK*	*ºC*	*ºK*	*ºC*	*ºK*
400	*96,33*	*0,9638*	26	299	*27*	*300*	92	365

Frecuencia de muestra (min): *5*

Masa o volumen de prueba: 1 litro

Observaciones:

	N.-	Hh/min	Temp_i	Temp_(i+1)	ΔT	Rad_i	Rad_(i+1)	Δ(Rad)	Ec_i	Ec_(i+1)	Δ(Ec)	Ei	Es	Rend
			ºC	*ºC*	*ºC ó ºK*	*watts/m2*	*watts/m2*	*watts/m2*	*J*	*J*	*J*	watts	watts	
1	1	10:15	33,00	36,10	3,10	857,3	870,30	13,00	12962,03	**9616,99**	-3345,04	174,70	32,06	0,18
2	2	10:20	36,10	38,40	2,30	870,3	876,70	6,40	9616,99	**7108,21**	-2508,78	175,39	23,69	0,14
3	3	10:25	38,40	40,10	1,70	876,7	877,20	0,50	7108,21	**10453,25**	3345,04	177,45	34,84	0,20
4	4	10:30	40,10	42,60	2,50	877,2	897,30	20,10	10453,25	**9616,99**	-836,26	180,30	32,06	0,18
5	5	10:35	42,60	44,90	2,30	897,3	905,70	8,40	9616,99	**9616,99**	0,00	182,16	32,06	0,18
6	6	10:40	44,90	47,20	2,30	905,7	915,90	10,20	9616,99	**9616,99**	0,00	184,48	32,06	0,17
7	7	10:45	47,20	49,50	2,30	915,9	928,90	13,00	9616,99	**11707,64**	2090,65	187,77	39,03	0,21
8	8	10:50	49,50	52,30	2,80	928,9	948,80	19,90	11707,64	**2926,91**	-8780,73	190,87	9,76	0,05
9	9	10:55	52,30	53,00	0,70	948,8	959,90	11,10	2926,91	**5017,56**	2090,65	194,96	16,73	0,09
10	10	11:00	53,00	54,20	1,20	959,9	989,70	29,80	5017,56	**7944,47**	2926,91	198,52	26,48	0,13
11	11	11:05	54,20	56,10	1,90	989,7	995,50	5,80	7944,47	**11289,51**	3345,04	202,06	37,63	0,19
12	12	11:10	56,10	58,80	2,70	995,5	1025,10	29,60	11289,51	**3763,17**	-7526,34	200,03	12,54	0,06
13	13	11:15	58,80	59,70	0,90	1025,1	975,20	-49,90	3763,17	**3763,17**	0,00	195,86	12,54	0,06
14	14	11:20	59,70	60,60	0,90	975,2	983,40	8,20	3763,17	**8780,73**	5017,56	196,38	29,27	0,15
15	15	11:25	60,60	62,70	2,10	983,4	980,40	-3,00	8780,73	**6690,08**	-2090,65	195,45	22,30	0,11
16	16	11:30	62,70	64,30	1,60	980,4	974,10	-6,30	6690,08	**9616,99**	2926,91	195,18	32,06	0,16
17	17	11:35	64,30	66,60	2,30	974,1	977,70	3,60	9616,99	**6271,95**	-3345,04	154,85	20,91	0,14
18	18	11:40	66,60	68,10	1,50	977,7	570,80	-406,90	6271,95	**5017,56**	-1254,39	124,17	16,73	0,13
19	19	11:45	68,10	69,30	1,20	570,8	670,90	100,10	5017,56	**5435,69**	418,13	142,10	18,12	0,13

Tabla 6 Monitoreo de la cocina C4

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

HOJA DE DATOS DE MONITOREO PARA ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE EQUIPOS SOLAR-TÉRMICOS

Nombre del proyecto: *Evaluación térmica de cocinas solares tipo caja y transferencia de tecnología en el Cantón Zapotillo parroquia Bolaspamba barrio Chaquino.*

Responsables: *Egdo Jorge Correa* — **Director:** *Ing. Msc. Thuesman Montaño Peralta* — **Período de monitoreo (hh/min)**

Sector: *Chaquino - Bolaspamba - Zapotillo - Loja - Ecuador* — **Fecha:** *14 de Marzo del 2012* — **Inicio** / **Fin**

Observaciones: Largo: 0,5m; Ancho: 0,5m; Espesor de aislante: 6cm — *9:00* / *13:00*

Datos generales del sector					Datos base del monitoreo				
Altitud	Presión barométrica		Temperatura promedio		Temp. inicio		Temp final		Frecuencia de muestra (min): 5
msnm	*KPa*	*Bar*	*ºC*	*ºK*	*ºC*	*ºK*	*ºC*	*ºK*	Masa o volumen de prueba: 1 litro
400	*96,33*	*0,9638*	27	300	*33*	*306*	92	365	

Observaciones:

	N.-	Hh/min	Temp_i	Temp_(i+1)	ΔT	Rad_i	Rad_(i+1)	Δ(Rad)	Ec_i	Ec_(i+1)	Δ(Ec)	Ei	Es	Rend
			ºC	*ºC*	*ºC ó ºK*	*watts/m2*	*watts/m2*	*watts/m2*	*J*	*J*	*J*	watts	watts	
1	1	9:30	33,00	33,80	0,80	703,20	652,60	-50,60	3345,04	**2926,91**	-418,13	211,31	11,15	0,05
2	2	9:35	33,80	34,50	0,70	652,60	867,60	215,00	2926,91	**4599,43**	1672,52	237,09	9,76	0,04
3	3	9:40	34,50	35,60	1,10	867,60	838,10	-29,50	4599,43	**3345,04**	-1254,39	223,78	15,33	0,07
4	4	9:45	35,60	36,40	0,80	838,10	771,80	-66,30	3345,04	**4599,43**	1254,39	203,16	11,15	0,05
5	5	9:50	36,40	37,50	1,10	771,80	689,80	-82,00	4599,43	**4599,43**	0,00	214,07	15,33	0,07
6	6	9:55	37,50	38,60	1,10	689,80	850,30	160,50	4599,43	**4599,43**	0,00	240,78	15,33	0,06
7	7	10:00	38,60	39,70	1,10	850,30	881,90	31,60	4599,43	**3763,17**	-836,26	210,06	15,33	0,07
8	8	10:05	39,70	40,60	0,90	881,90	629,30	-252,60	3763,17	**2508,78**	-1254,39	165,69	12,54	0,08
9	9	10:10	40,60	41,20	0,60	629,30	562,70	-66,60	2508,78	**5435,69**	2926,91	182,27	8,36	0,05
10	10	10:15	41,20	42,50	1,30	562,70	748,60	185,90	5435,69	**2090,65**	-3345,04	169,14	18,12	0,11
11	11	10:20	42,50	43,00	0,50	748,60	468,20	-280,40	2090,65	**3763,17**	1672,52	181,48	6,97	0,04
12	12	10:25	43,00	43,90	0,90	468,20	837,40	369,20	3763,17	**2090,65**	-1672,52	213,96	12,54	0,06
13	13	10:30	43,90	44,40	0,50	837,40	701,90	-135,50	2090,65	**5017,56**	2926,91	176,20	6,97	0,04
14	14	10:35	44,40	45,60	1,20	701,90	565,70	-136,20	5017,56	**3763,17**	-1254,39	168,69	16,73	0,10
15	15	10:40	45,60	46,50	0,90	565,70	647,90	82,20	3763,17	**3345,04**	-418,13	171,36	12,54	0,07
16	16	10:45	46,50	47,30	0,80	647,90	584,90	-63,00	3345,04	**4599,43**	1254,39	196,18	11,15	0,06
17	17	10:50	47,30	48,40	1,10	584,90	826,50	241,60	4599,43	**5017,56**	418,13	246,39	15,33	0,06
18	18	10:55	48,40	49,60	1,20	826,50	946,10	119,60	5017,56	**3345,04**	-1672,52	209,83	16,73	0,08
19	19	11:00	49,60	50,40	0,80	946,10	563,50	-382,60	3345,04	**3763,17**	418,13	184,51	11,15	0,06

Tabla 7 Monitoreo de la cocina C5

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

HOJA DE DATOS DE MONITOREO PARA ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE EQUIPOS SOLAR-TÉRMICOS

Nombre del proyecto: *Evaluación térmica de cocinas solares tipo caja y transferencia de tecnología en el Cantón Zapotillo parroquia Bolaspamba barrio Chaquino.*

Responsables: *Egdo Jorge Correa* — **Director:** *Ing. Msc. Thuesman Montaño Peralta* — **Período de monitoreo (hh/min)**

Sector: *Chaquino - Bolaspamba - Zapotillo - Loja - Ecuador* — **Fecha:** *14 de Marzo del 2012* — **Inicio** *9:00* — **Fin** *13:00*

Observaciones: Largo: 0,7m; Ancho: 0,6m; Espesor de aislante:6cm

Datos generales del sector					Datos base del monitoreo				
Altitud	Presión barométrica		Temperatura promedio		Temp. inicio		Temp final		Frecuencia de muestra (min): 5
msnm	*KPa*	*Bar*	*ºC*	*ºK*	*ºC*	*ºK*	*ºC*	*ºK*	Masa o volumen de prueba: 1 litro
400	*96,33*	*0,9638*	25	298	*30*	*303*	92	365	

Observaciones:

	N.-	Hh/min	Temp_i	Temp_(i+1)	ΔT	Rad_i	Rad_(i+1)	Δ(Rad)	Ec_i	Ec_(i+1)	Δ(Ec)	Ei	Es	Rend
			ºC	*ºC*	*ºC ó ºK*	*watts/m2*	*watts/m2*	*watts/m2*	*J*	*J*	*J*	watts	watts	
1	1	9:30	30,00	31,10	1,10	689,10	759,20	70,10	4599,43	**5017,56**	418,13	225,25	15,33	0,07
2	2	9:35	31,10	32,30	1,20	759,20	861,30	102,10	5017,56	**3345,04**	-1672,52	229,75	16,73	0,07
3	3	9:40	32,30	33,10	0,80	861,30	791,60	-69,70	3345,04	**3763,17**	418,13	224,47	11,15	0,05
4	4	9:45	33,10	34,00	0,90	791,60	823,30	31,70	3763,17	**5017,56**	1254,39	227,85	12,54	0,06
5	5	9:50	34,00	35,20	1,20	823,30	815,90	-7,40	5017,56	**4599,43**	-418,13	234,35	16,73	0,07
6	6	9:55	35,20	36,30	1,10	815,90	870,10	54,20	4599,43	**3345,04**	-1254,39	214,30	15,33	0,07
7	7	10:00	36,30	37,10	0,80	870,10	671,60	-198,50	3345,04	**4599,43**	1254,39	176,60	11,15	0,06
8	8	10:05	37,10	38,20	1,10	671,60	598,90	-72,70	4599,43	**3345,04**	-1254,39	194,18	15,33	0,08
9	9	10:10	38,20	39,00	0,80	598,90	798,10	199,20	3345,04	**5017,56**	1672,52	236,98	11,15	0,05
10	10	10:15	39,00	40,20	1,20	798,10	906,80	108,70	5017,56	**4181,30**	-836,26	251,72	16,73	0,07
11	11	10:20	40,20	41,20	1,00	906,80	904,10	-2,70	4181,30	**5017,56**	836,26	248,30	13,94	0,06
12	12	10:25	41,20	42,40	1,20	904,10	882,20	-21,90	5017,56	**3763,17**	-1254,39	215,80	16,73	0,08
13	13	10:30	42,40	43,30	0,90	882,20	670,30	-211,90	3763,17	**2926,91**	-836,26	193,99	12,54	0,06
14	14	10:35	43,30	44,00	0,70	670,30	725,30	55,00	2926,91	**3763,17**	836,26	170,54	9,76	0,06
15	15	10:40	44,00	44,90	0,90	725,30	501,60	-223,70	3763,17	**5017,56**	1254,39	190,00	12,54	0,07
16	16	10:45	44,90	46,10	1,20	501,60	865,30	363,70	5017,56	**4599,43**	-418,13	235,87	16,73	0,07
17	17	10:50	46,10	47,20	1,10	865,30	831,60	-33,70	4599,43	**3763,17**	-836,26	224,21	15,33	0,07
18	18	10:55	47,20	48,10	0,90	831,60	781,40	-50,20	3763,17	**5017,56**	1254,39	228,42	12,54	0,05
19	19	11:00	48,10	49,30	1,20	781,40	861,90	80,50	5017,56	**2926,91**	-2090,65	208,22	16,73	0,08

Tabla 8 Monitoreo de la cocina C6

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

HOJA DE DATOS DE MONITOREO PARA ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE EQUIPOS SOLAR-TÉRMICOS

Nombre del proyecto: *Evaluación térmica de cocinas solares tipo caja y transferencia de tecnología en el Cantón Zapotillo parroquia Bolaspamba barrio Chaquino.*

Responsables: *Egdo Jorge Correa* — **Director:** *Ing. Msc. Thuesman Montaño Peralta* — **Período de monitoreo (hh/min)**

Sector: *Chaquino - Bolaspamba - Zapotillo - Loja - Ecuador* — **Fecha:** *14 de Marzo del 2012* — **Inicio** / **Fin**

Observaciones: Largo: 0,65m; Ancho: 0,55m; Espesor de aislante: 5cm — *9:00* / *13:00*

Datos generales del sector					Datos base del monitoreo				
Altitud	Presión barométrica		Temperatura promedio		Temp. inicio		Temp final		Frecuencia de muestra (min): 5
msnm	KPa	Bar	ºC	ºK	ºC	ºK	ºC	ºK	Masa o volumen de prueba: 1 litro
400	96,33	0,9638	26	299	31	304	92	365	

Observaciones:

	N.-	Hh/min	Temp_i	Temp_(i+1)	ΔT	Rad_i	Rad_(i+1)	Δ(Rad)	Ec_i	Ec_(i+1)	Δ(Ec)	Ei	Es	Rend
			ºC	ºC	ºC ó ºK	watts/m2	watts/m2	watts/m2	J	J	J	watts	watts	
1	1	9:45	31,00	32,10	1,10	728,10	658,10	-70,00	4599,43	**3345,04**	-1254,39	160,80	15,33	0,10
2	2	9:50	32,10	32,90	0,80	658,10	643,90	-14,20	3345,04	**4599,43**	1254,39	144,74	11,15	0,08
3	3	9:55	32,90	34,00	1,10	643,90	528,10	-115,80	4599,43	**4599,43**	0,00	148,99	15,33	0,10
4	4	10:00	34,00	35,10	1,10	528,10	678,30	150,20	4599,43	**3763,17**	-836,26	168,90	15,33	0,09
5	5	10:05	35,10	36,00	0,90	678,30	689,30	11,00	3763,17	**3763,17**	0,00	149,74	12,54	0,08
6	6	10:10	36,00	36,90	0,90	689,30	523,20	-166,10	3763,17	**5017,56**	1254,39	145,99	12,54	0,09
7	7	10:15	36,90	38,10	1,20	523,20	658,90	135,70	5017,56	**4599,43**	-418,13	171,32	16,73	0,10
8	8	10:20	38,10	39,20	1,10	658,90	728,30	69,40	4599,43	**4181,30**	-418,13	171,36	15,33	0,09
9	9	10:25	39,20	40,20	1,00	728,30	659,20	-69,10	4181,30	**4599,43**	418,13	166,54	13,94	0,08
10	10	10:30	40,20	41,30	1,10	659,20	689,30	30,10	4599,43	**3345,04**	-1254,39	175,07	15,33	0,09
11	11	10:35	41,30	42,10	0,80	689,30	728,30	39,00	3345,04	**5017,56**	1672,52	183,21	11,15	0,06
12	12	10:40	42,10	43,30	1,20	728,30	755,20	26,90	5017,56	**3763,17**	-1254,39	185,81	16,73	0,09
13	13	10:45	43,30	44,20	0,90	755,20	749,30	-5,90	3763,17	**4599,43**	836,26	183,69	12,54	0,07
14	14	10:50	44,20	45,30	1,10	749,30	738,10	-11,20	4599,43	**3345,04**	-1254,39	177,40	15,33	0,09
15	15	10:55	45,30	46,10	0,80	738,10	698,30	-39,80	3345,04	**4599,43**	1254,39	178,64	11,15	0,06
16	16	11:00	46,10	47,20	1,10	698,30	748,20	49,90	4599,43	**4599,43**	0,00	173,80	15,33	0,09
17	17	11:05	47,20	48,30	1,10	748,20	659,10	-89,10	4599,43	**3763,17**	-836,26	163,92	15,33	0,09
18	18	11:10	48,30	49,20	0,90	659,10	668,20	9,10	3763,17	**3345,04**	-418,13	167,50	12,54	0,07
19	19	11:15	49,20	50,00	0,80	668,20	688,10	19,90	3345,04	**4599,43**	1254,39	176,15	11,15	0,06

Tabla 9 Monitoreo de la cocina C7

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

HOJA DE DATOS DE MONITOREO PARA ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE EQUIPOS SOLAR-TÉRMICOS

Nombre del proyecto: *Evaluación térmica de cocinas solares tipo caja y transferencia de tecnología en el Cantón Zapotillo parroquia Bolaspamba barrio Chaquino.*

Responsables: *Egdo Jorge Correa* — **Director:** *Ing. Msc. Thuesman Montaño Peralta* — **Período de monitoreo (hh/min)**

Sector: *Chaquino - Bolaspamba - Zapotillo - Loja - Ecuador* — **Fecha:** *14 de Marzo del 2012* — **Inicio** *9:00* — **Fin** *13:00*

Observaciones: Largo: 0,5m; Ancho: 0,5m; Espesor de aislante: 6cm

Frecuencia de muestra (min): *5*

Masa o volumen de prueba: 1 litro

Datos generales del sector					Datos base del monitoreo			
Altitud	Presión barométrica		Temperatura promedio		Temp. inicio		Temp final	
msnm	*KPa*	*Bar*	*ºC*	*ºK*	*ºC*	*ºK*	*ºC*	*ºK*
400	*96,33*	*0,9638*	26	299	*31*	*304*	92	365

Observaciones:

	N.-	Hh/min	Temp_i	Temp_(i+1)	ΔT	Rad_i	Rad_(i+1)	Δ(Rad)	Ec_i	Ec_(i+1)	Δ(Ec)	Ei	Es	Rend
			ºC	*ºC*	*ºC ó ºK*	*watts/m2*	*watts/m2*	*watts/m2*	*J*	*J*	*J*	watts	watts	
1	1	9:25	31,20	31,80	0,60	626,20	586,10	-40,10	2508,78	**2926,91**	418,13	76,85	8,36	0,11
2	2	9:30	31,80	32,50	0,70	586,10	478,30	-107,80	2926,91	**2508,78**	-418,13	67,62	9,76	0,14
3	3	9:35	32,50	33,10	0,60	478,30	458,20	-20,10	2508,78	**3763,17**	1254,39	79,70	8,36	0,10
4	4	9:40	33,10	34,00	0,90	458,20	645,70	187,50	3763,17	**3763,17**	0,00	89,01	12,54	0,14
5	5	9:45	34,00	34,90	0,90	645,70	587,10	-58,60	3763,17	**3345,04**	-418,13	87,75	12,54	0,14
6	6	9:50	34,90	35,70	0,80	587,10	628,30	41,20	3345,04	**3763,17**	418,13	79,48	11,15	0,14
7	7	9:55	35,70	36,60	0,90	628,30	472,50	-155,80	3763,17	**2508,78**	-1254,39	67,28	12,54	0,19
8	8	10:00	36,60	37,20	0,60	472,50	459,30	-13,20	2508,78	**4181,30**	1672,52	80,27	8,36	0,10
9	9	10:05	37,20	38,20	1,00	459,30	652,50	193,20	4181,30	**2926,91**	-1254,39	80,48	13,94	0,17
10	10	10:10	38,20	38,90	0,70	652,50	462,20	-190,30	2926,91	**2508,78**	-418,13	84,03	9,76	0,12
11	11	10:15	38,90	39,50	0,60	462,20	701,70	239,50	2508,78	**2508,78**	0,00	88,72	8,36	0,09
12	12	10:20	39,50	40,10	0,60	701,70	527,10	-174,60	2508,78	**5017,56**	2508,78	84,92	8,36	0,10
13	13	10:25	40,10	41,30	1,20	527,10	649,10	122,00	5017,56	**2926,91**	-2090,65	88,37	16,73	0,19
14	14	10:30	41,30	42,00	0,70	649,10	574,80	-74,30	2926,91	**4599,43**	1672,52	98,50	9,76	0,10
15	15	10:35	42,00	43,10	1,10	574,80	789,50	214,70	4599,43	**4599,43**	0,00	111,99	15,33	0,14
16	16	10:40	43,10	44,20	1,10	789,50	761,60	-27,90	4599,43	**5017,56**	418,13	97,27	15,33	0,16
17	17	10:45	44,20	45,40	1,20	761,60	585,60	-176,00	5017,56	**5853,82**	836,26	95,35	16,73	0,18
18	18	10:50	45,40	46,80	1,40	585,60	735,10	149,50	5853,82	**3345,04**	-2508,78	98,99	19,51	0,20
19	19	10:55	46,80	47,60	0,80	735,10	635,90	-99,20	3345,04	**2508,78**	-836,26	101,15	11,15	0,11

Tabla 10 Monitoreo de la cocina C8

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

HOJA DE DATOS DE MONITOREO PARA ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE EQUIPOS SOLAR-TÉRMICOS

Nombre del proyecto: *Evaluación térmica de cocinas solares tipo caja y transferencia de tecnología en el Cantón Zapotillo parroquia Bolaspamba barrio Chaquino.*

Responsables: *Egdo Jorge Correa* — **Director:** *Ing. Msc. Thuesman Montaño Peralta* — **Período de monitoreo (hh/min)**

Sector: *Chaquino - Bolaspamba - Zapotillo - Loja - Ecuador* — **Fecha:** *14 de Marzo del 2012* — **Inicio** / **Fin**

Observaciones: Largo: 0,92m; Ancho: 0,73m; Espesor de aislante: 16cm; DE BARRO — *9:00* / *13:00*

Datos generales del sector					Datos base del monitoreo				
Altitud	Presión barométrica		Temperatura promedio		Temp. inicio		Temp final		Frecuencia de muestra (min): 5
msnm	*KPa*	*Bar*	*ºC*	*ºK*	*ºC*	*ºK*	*ºC*	*ºK*	Masa o volumen de prueba: 1 litro
400	*96,33*	*0,9638*	27	300	*32*	*305*	92	365	

Observaciones:

	N.-	Hh/min	Temp_i	Temp_(i+1)	ΔT	Rad_i	Rad_(i+1)	Δ(Rad)	Ec_i	Ec_(i+1)	Δ(Ec)	Ei	Es	Rend
			ºC	*ºC*	*ºC ó ºK*	*watts/m2*	*watts/m2*	*watts/m2*	*J*	*J*	*J*	watts	watts	
1	1	9:30	32,50	33,90	1,40	685,10	785,60	100,50	5853,82	**4599,43**	-1254,39	238,38	19,51	0,08
2	2	9:35	33,90	35,00	1,10	785,60	659,10	-126,50	4599,43	**5435,69**	836,26	213,87	15,33	0,07
3	3	9:40	35,00	36,30	1,30	659,10	637,10	-22,00	5435,69	**5435,69**	0,00	201,27	18,12	0,09
4	4	9:45	36,30	37,60	1,30	637,10	582,70	-54,40	5435,69	**5435,69**	0,00	232,55	18,12	0,08
5	5	9:50	37,60	38,90	1,30	582,70	826,70	244,00	5435,69	**4599,43**	-836,26	248,29	18,12	0,07
6	6	9:55	38,90	40,00	1,10	826,70	678,10	-148,60	4599,43	**5017,56**	418,13	226,78	15,33	0,07
7	7	10:00	40,00	41,20	1,20	678,10	696,30	18,20	5017,56	**5435,69**	418,13	211,18	16,73	0,08
8	8	10:05	41,20	42,50	1,30	696,30	583,60	-112,70	5435,69	**3763,17**	-1672,52	183,30	18,12	0,10
9	9	10:10	42,50	43,40	0,90	583,60	527,30	-56,30	3763,17	**3345,04**	-418,13	211,43	12,54	0,06
10	10	10:15	43,40	44,20	0,80	527,30	754,10	226,80	3345,04	**5435,69**	2090,65	237,67	11,15	0,05
11	11	10:20	44,20	45,50	1,30	754,10	686,30	-67,80	5435,69	**5017,56**	-418,13	209,35	18,12	0,09
12	12	10:25	45,50	46,70	1,20	686,30	582,50	-103,80	5017,56	**6271,95**	1254,39	168,15	16,73	0,10
13	13	10:30	46,70	48,20	1,50	582,50	436,60	-145,90	6271,95	**4599,43**	-1672,52	151,11	20,91	0,14
14	14	10:35	48,20	49,30	1,10	436,60	479,20	42,60	4599,43	**5435,69**	836,26	166,17	15,33	0,09
15	15	10:40	49,30	50,60	1,30	479,20	527,90	48,70	5435,69	**5017,56**	-418,13	200,56	18,12	0,09
16	16	10:45	50,60	51,80	1,20	527,90	687,60	159,70	5017,56	**4599,43**	-418,13	237,55	16,73	0,07
17	17	10:50	51,80	52,90	1,10	687,60	752,10	64,50	4599,43	**5017,56**	418,13	231,23	15,33	0,07
18	18	10:55	52,90	54,10	1,20	752,10	649,30	-102,80	5017,56	**5017,56**	0,00	218,87	16,73	0,08
19	19	11:00	54,10	55,30	1,20	649,30	677,20	27,90	5017,56	**4599,43**	-418,13	233,24	16,73	0,07

Tabla 11 Monitoreo de la cocina C9

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

HOJA DE DATOS DE MONITOREO PARA ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE EQUIPOS SOLAR-TÉRMICOS

Nombre del proyecto: *Evaluación térmica de cocinas solares tipo caja y transferencia de tecnología en el Cantón Zapotillo parroquia Bolaspamba barrio Chaquino.*

Responsables: *Egdo Jorge Correa*						**Director:** *Ing. Msc. Thuesman Montaño Peralta*				**Período de monitoreo (hh/min)**	
Sector: *Chaquino - Bolaspamba - Zapotillo - Loja - Ecuador*						**Fecha:** *14 de Marzo del 2012*				**Inicio**	**Fin**
Observaciones: Largo: 0,80m; Ancho: 0,48m; Espesor de aislante: 5cm										*9:00*	*13:00*
Datos generales del sector						**Datos base del monitoreo**				**Frecuencia de muestra (min):**	*5*
Altitud	**Presión barométrica**		**Temperatura promedio**			**Temp. inicio**		**Temp final**			
msnm	*KPa*	*Bar*	*ºC*	*ºK*		*ºC*	*ºK*	*ºC*	*ºK*	**Masa o volumen de prueba:**	1 litro
400	*96,33*	*0,9638*	27	300		*31*	*304*	92	365		

Observaciones:

	N.-	Hh/min	Temp_i	Temp_(i+1)	ΔT	Rad_i	Rad_(i+1)	Δ(Rad)	Ec_i	Ec_(i+1)	Δ(Ec)	Ei	Es	Rend
			ºC	*ºC*	*ºC ó ºK*	*watts/m2*	*watts/m2*	*watts/m2*	*J*	*J*	*J*	watts	watts	
1	1	9:35	32,00	33,10	1,10	781,60	685,20	-96,40	4599,43	**5017,56**	418,13	177,71	15,33	0,09
2	2	9:40	33,10	34,30	1,20	685,20	687,10	1,90	5017,56	**5017,56**	0,00	172,55	16,73	0,10
3	3	9:45	34,30	35,50	1,20	687,10	645,30	-41,80	5017,56	**5435,69**	418,13	172,80	16,73	0,10
4	4	9:50	35,50	36,80	1,30	645,30	689,10	43,80	5435,69	**4599,43**	-836,26	186,53	18,12	0,10
5	5	9:55	36,80	37,90	1,10	689,10	751,30	62,20	4599,43	**9616,99**	5017,56	199,95	15,33	0,08
6	6	10:00	37,90	40,20	2,30	751,30	792,70	41,40	9616,99	**4599,43**	-5017,56	212,89	32,06	0,15
7	7	10:05	40,20	41,30	1,10	792,70	851,20	58,50	4599,43	**5017,56**	418,13	211,10	15,33	0,07
8	8	10:10	41,30	42,50	1,20	851,20	778,90	-72,30	5017,56	**4599,43**	-418,13	214,32	16,73	0,08
9	9	10:15	42,50	43,60	1,10	778,90	876,10	97,20	4599,43	**5017,56**	418,13	199,33	15,33	0,08
10	10	10:20	43,60	44,80	1,20	876,10	663,10	-213,00	5017,56	**5853,82**	836,26	199,30	16,73	0,08
11	11	10:25	44,80	46,20	1,40	663,10	875,90	212,80	5853,82	**5017,56**	-836,26	222,22	19,51	0,09
12	12	10:30	46,20	47,40	1,20	875,90	840,10	-35,80	5017,56	**4599,43**	-418,13	221,69	16,73	0,08
13	13	10:35	47,40	48,50	1,10	840,10	871,80	31,70	4599,43	**5017,56**	418,13	217,31	15,33	0,07
14	14	10:40	48,50	49,70	1,20	871,80	806,30	-65,50	5017,56	**6690,08**	1672,52	211,58	16,73	0,08
15	15	10:45	49,70	51,30	1,60	806,30	827,50	21,20	6690,08	**5017,56**	-1672,52	216,41	22,30	0,10
16	16	10:50	51,30	52,50	1,20	827,50	843,60	16,10	5017,56	**5017,56**	0,00	205,24	16,73	0,08
17	17	10:55	52,50	53,70	1,20	843,60	741,30	-102,30	5017,56	**5017,56**	0,00	203,00	16,73	0,08
18	18	11:00	53,70	54,90	1,20	741,30	826,30	85,00	5017,56	**1672,52**	-3345,04	205,91	16,73	0,08
19	19	11:05	54,90	55,30	0,40	826,30	763,70	-62,60	1672,52	**5853,82**	4181,30	184,28	5,58	0,03

CALCULO DE LA EFICIENCIA DE LAS COCINAS SOLARES

A continuación se realizará el análisis de la rapidez funcional de cada cocina, para ello se grafica la curva de temperatura alcanzada en la masa de prueba durante el periodo de monitoreo, a una radiación promedio.

Una vez graficada la rapidez de calentamiento se obtendrá el polinomio de ajuste que represente dicha gráfica, todo esto basado en 7 valores de cada tabla funcional y mediante el uso de un software de análisis (TK Solver 5.0).

Por último se comparará los polinomios y se mediara el funcionamiento de las cocinas a una sola expresión.

ANÁLISIS DE COCINA #1

Tabla 12 Datos de medición de la cocina C1

ÍTEM	TEMPERATURA	TIEMPO DE MEDICIÓN	RADIACIÓN PROMEDIO DE PRUEBA
1	30,10	5	
2	30,40	10	
3	31,60	15	
4	33,27	20	
5	34,27	25	
6	35,30	30	
7	36,33	35	
8	37,40	40	
9	38,47	45	
10	39,33	50	
11	40,40	55	
12	41,00	60	
13	41,73	65	
14	42,47	70	
15	43,17	75	
16	44,30	80	
17	45,30	85	
18	46,23	90	
19	47,17	95	
20	48,30	100	
21	49,43	105	830
22	50,57	110	
23	51,50	115	
24	52,33	120	
25	52,87	125	
26	53,67	130	
27	53,80	135	
28	54,43	140	
29	55,20	145	
30	55,73	150	
31	56,30	155	
32	56,67	160	
33	56,93	165	
34	55,00	170	
35	55,95	175	
36	55,20	180	
37	55,70	185	
38	56,10	190	
39	56,80	195	
40	57,50	200	
41	58,10	205	

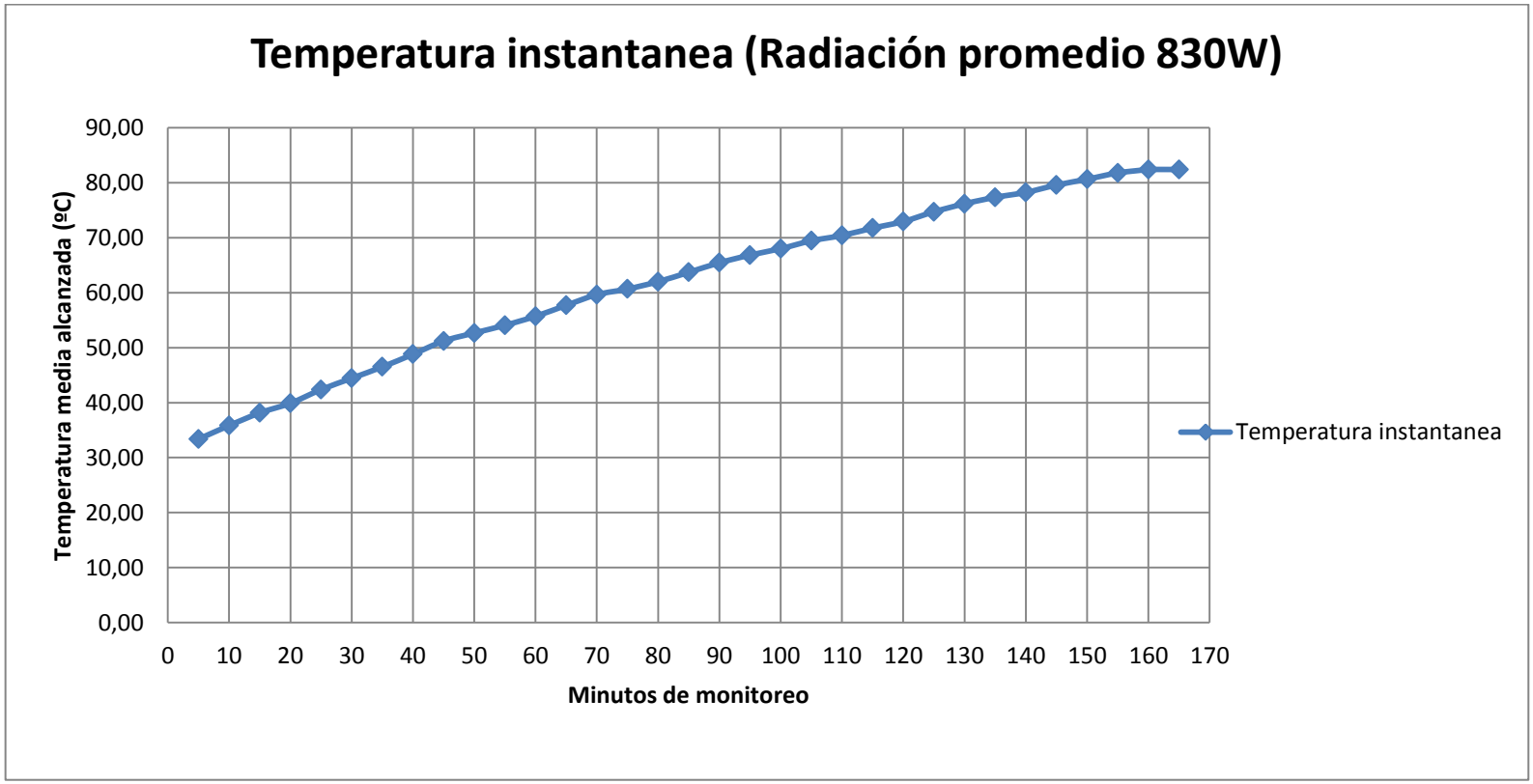


Figura 32 Análisis de la rapidez funcional de la cocina C1

ANÁLISIS DE COCINA #2

Tabla 13 Datos de medición de la cocina C2

ÍTEM	TEMPERATURA	TIEMPO DE MEDICIÓN	RADICACIÓN PROMEDIO DE PRUEBA
1	27,2	5	
2	28,4	10	
3	30	15	
4	31,4	20	
5	33,10	25	
6	34,47	30	
7	35,60	35	
8	37,07	40	
9	38,33	45	
10	39,33	50	
11	40,53	55	
12	41,33	60	
13	42,47	65	
14	43,43	70	
15	44,47	75	
16	45,30	80	
17	46,17	85	
18	47,37	90	
19	48,43	95	
20	49,60	100	
21	50,53	105	
22	51,47	110	640
23	52,50	115	
24	53,30	120	
25	53,53	125	
26	54,23	130	
27	54,77	135	
28	55,40	140	
29	56,00	145	
30	56,43	150	
31	57,30	155	
32	57,73	160	
33	56,50	165	
34	57,50	170	
35	58,00	175	
36	58,55	180	
37	59,20	185	
38	57,00	190	
39	57,60	195	
40	58,20	200	
41	58,70	205	
42	59,20	210	
43	60,00	215	

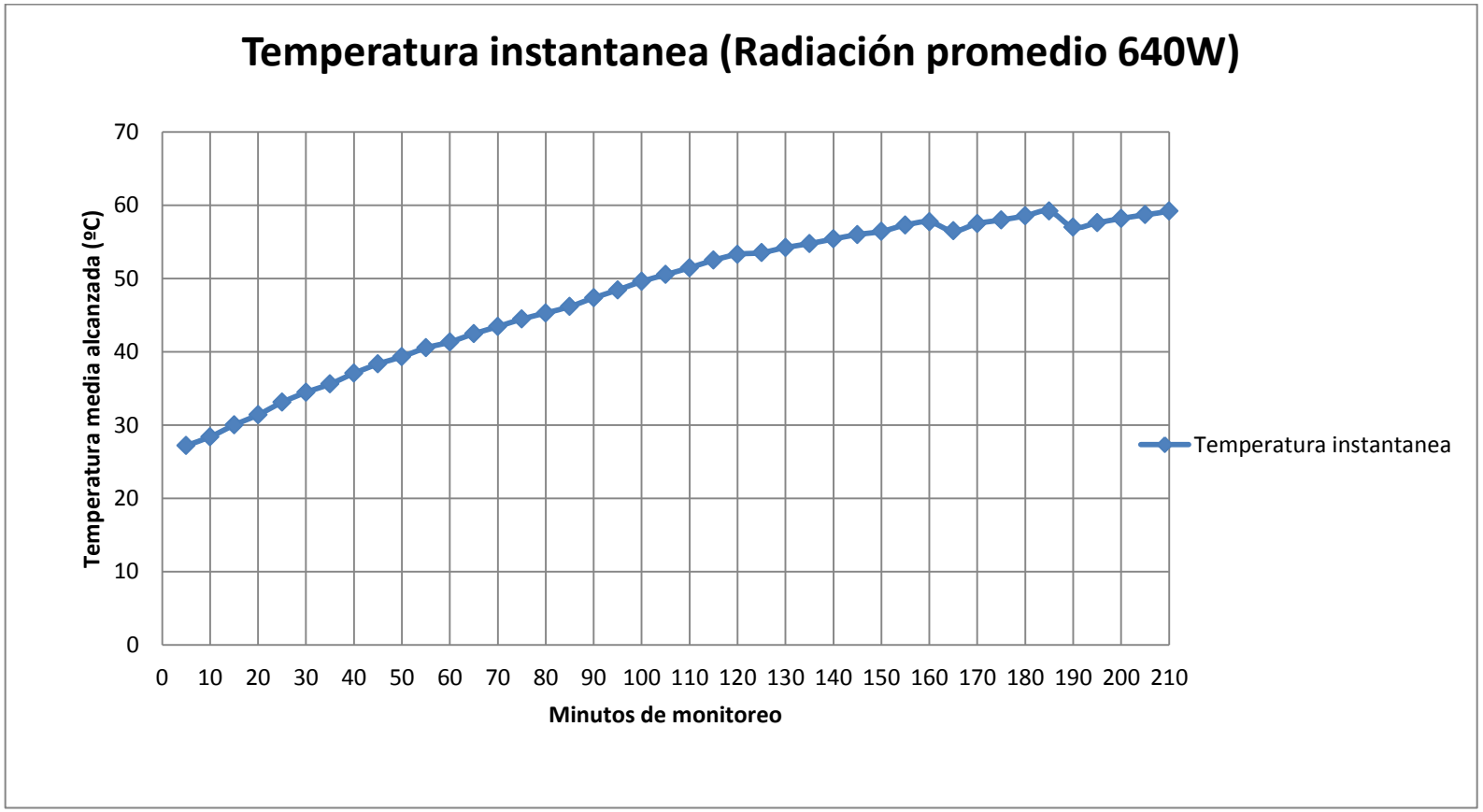


Figura 33 Análisis de la rapidez funcional de la cocina C2

ANÁLISIS DE COCINA #3

Tabla 14 Datos de medición de la cocina C3

ÍTEM	TEMPERATURA	TIEMPO DE MEDICIÓN	RADICACIÓN PROMEDIO DE PRUEBA
1	33,37	5	831
2	35,83	10	
3	38,13	15	
4	39,90	20	
5	42,37	25	
6	44,43	30	
7	46,50	35	
8	48,80	40	
9	51,20	45	
10	52,67	50	
11	54,07	55	
12	55,70	60	
13	57,70	65	
14	59,63	70	
15	60,67	75	
16	62,00	80	
17	63,70	85	
18	65,43	90	
19	66,83	95	
20	68,00	100	
21	69,43	105	
22	70,40	110	
23	71,73	115	
24	72,93	120	
25	74,70	125	
26	76,17	130	
27	77,33	135	
28	78,23	140	
29	79,57	145	
30	80,63	150	
31	81,77	155	
32	82,35	160	
33	82,40	165	

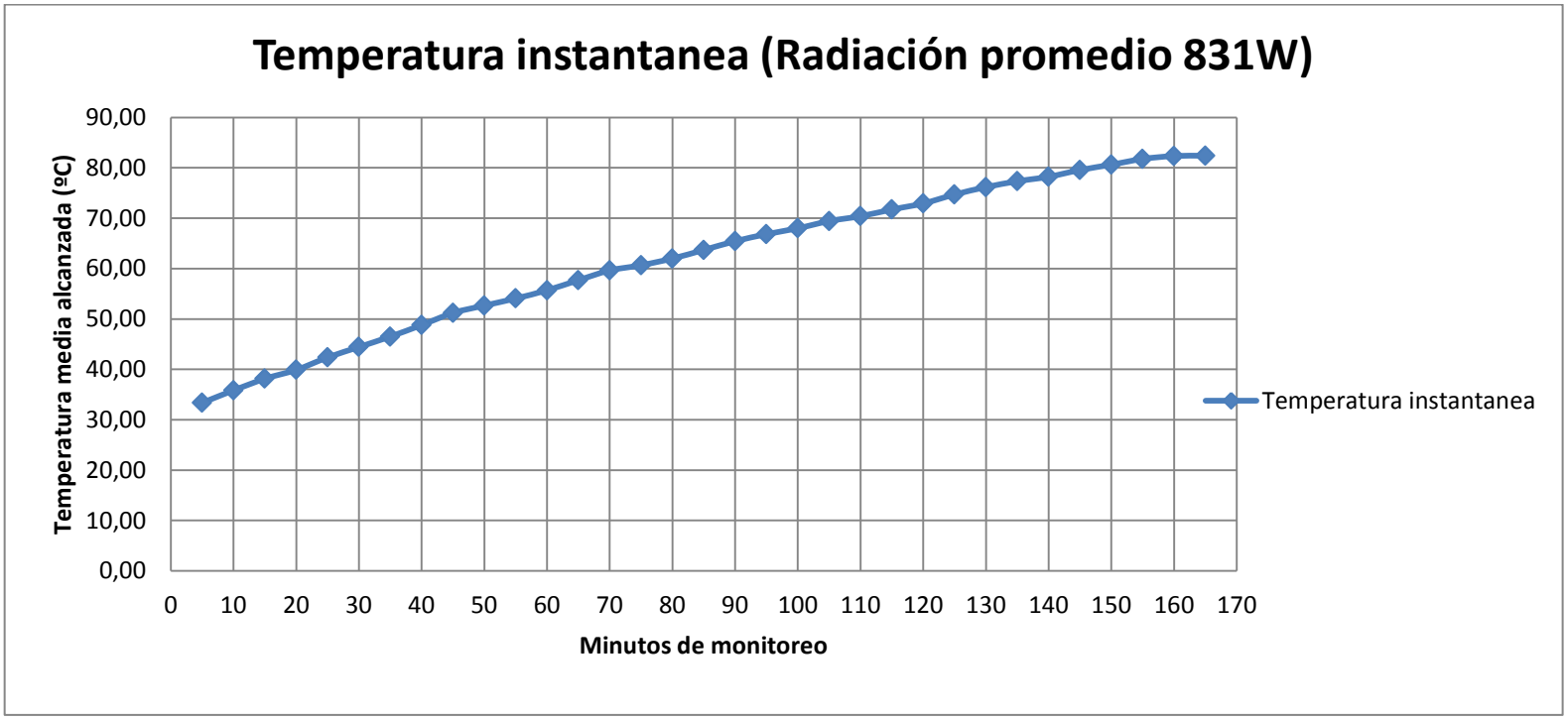


Figura 34 Análisis de la rapidez funcional de la cocina C3

ANÁLISIS DE COCINA #4

Tabla 15 Datos de medición de la cocina C4

ÍTEM	TEMPERATURA	TIEMPO DE MEDICIÓN	RADICACIÓN PROMEDIO DE PRUEBA
1	32,73	5	760
2	33,67	10	
3	34,57	15	
4	35,60	20	
5	36,50	25	
6	37,47	30	
7	38,43	35	
8	39,60	40	
9	40,53	45	
10	41,43	50	
11	42,27	55	
12	43,20	60	
13	44,27	65	
14	45,07	70	
15	46,03	75	
16	47,10	80	
17	48,07	85	
18	49,03	90	
19	50,27	95	
20	51,10	100	
21	52,13	105	
22	53,10	110	
23	53,97	115	
24	54,90	120	
25	55,77	125	
26	56,77	130	
27	57,63	135	
28	58,80	140	
29	59,83	145	
30	60,77	150	
31	61,67	155	
32	62,30	160	
33	63,55	165	
34	63,10	170	
35	64,50	175	
36	65,40	180	

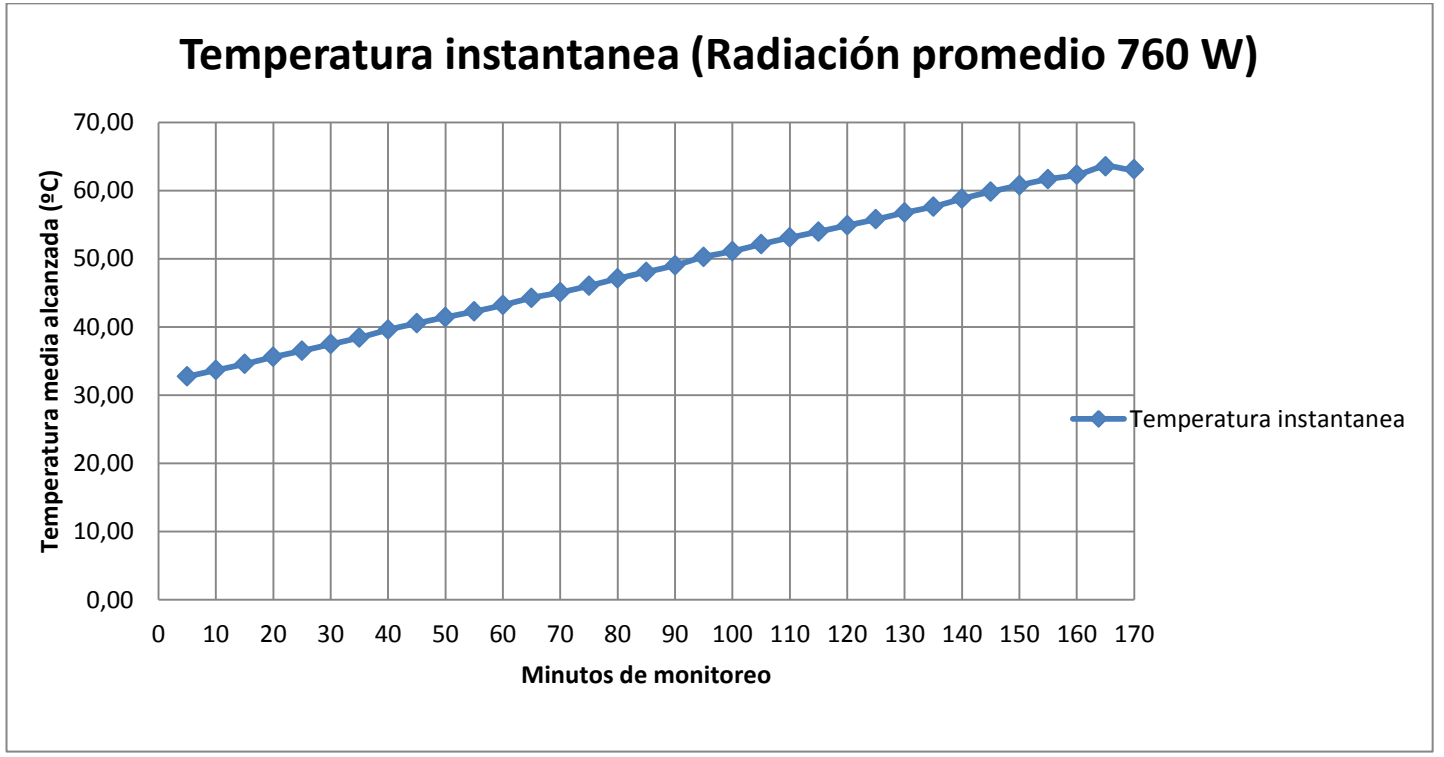


Figura 35 Análisis de la rapidez funcional de la cocina C4

ANÁLISIS DE COCINA #5

Tabla 16 Datos de medición de la cocina C5

ÍTEM	TEMPERATURA	TIEMPO DE MEDICIÓN	RADICACIÓN PROMEDIO DE PRUEBA
1	30,00	5	700
2	31,10	10	
3	32,20	15	
4	33,03	20	
5	34,00	25	
6	35,10	30	
7	36,10	35	
8	37,23	40	
9	38,23	45	
10	39,10	50	
11	40,20	55	
12	41,17	60	
13	42,30	65	
14	43,27	70	
15	44,13	75	
16	44,97	80	
17	46,13	85	
18	47,13	90	
19	48,13	95	
20	49,17	100	
21	50,10	105	
22	51,17	110	
23	52,20	115	
24	53,27	120	
25	54,20	125	
26	55,10	130	
27	56,17	135	
28	57,10	140	
29	58,10	145	
30	59,07	150	
31	60,10	155	
32	61,17	160	
33	61,93	165	
34	63,10	170	
35	64,15	175	
36	65,10	180	

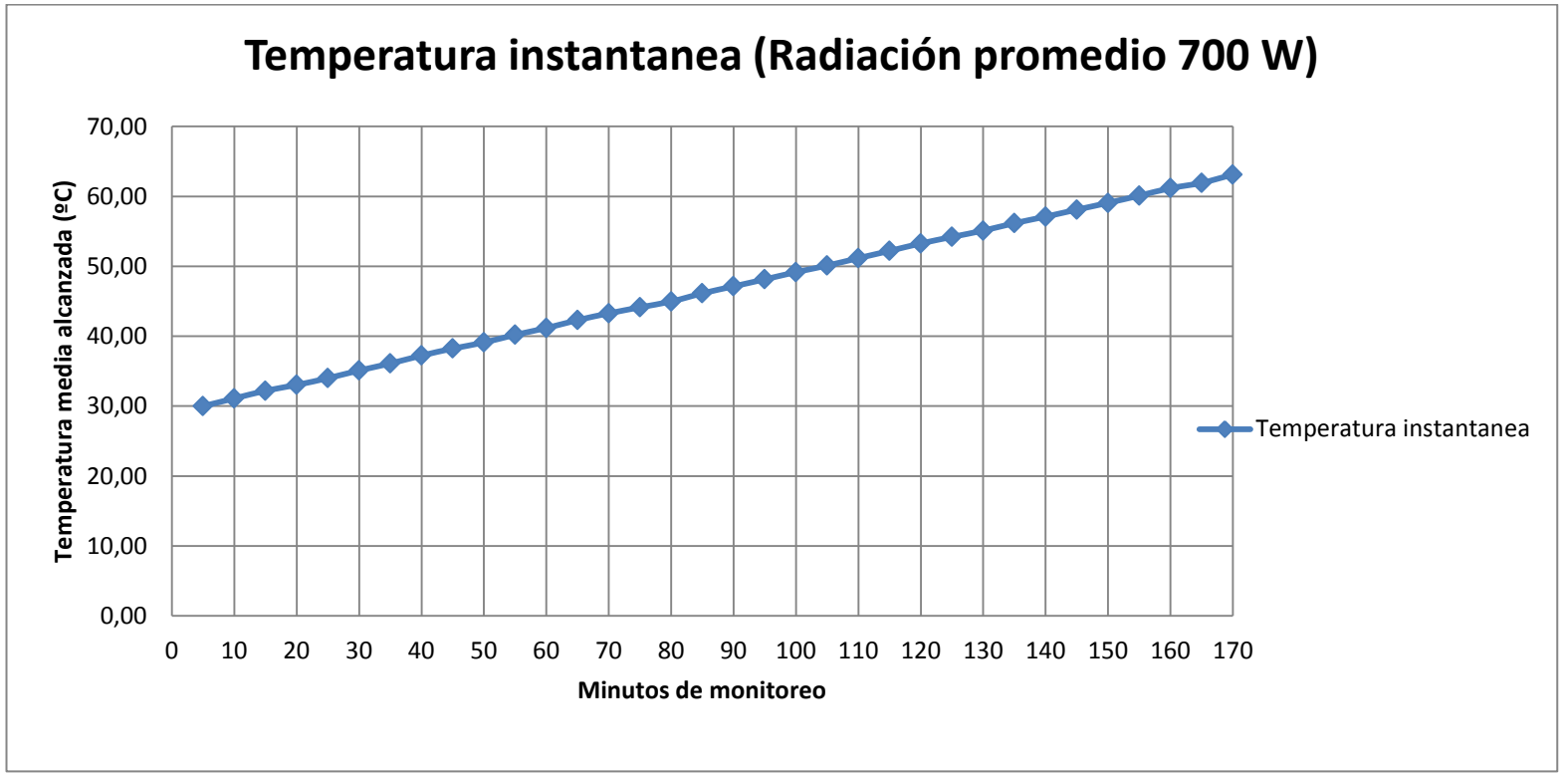


Figura 36 Análisis de la rapidez funcional de la cocina C5

ANÁLISIS DE COCINA #6

Tabla 17 Datos de medición de la cocina C6

ÍTEM	TEMPERATURA	TIEMPO DE MEDICIÓN	RADICACIÓN PROMEDIO DE PRUEBA
1	31,00	5	710
2	32,05	10	
3	32,65	15	
4	33,60	20	
5	34,40	25	
6	35,43	30	
7	36,33	35	
8	37,53	40	
9	38,57	45	
10	39,50	50	
11	40,47	55	
12	41,63	60	
13	42,70	65	
14	43,67	70	
15	44,70	75	
16	45,70	80	
17	46,80	85	
18	47,90	90	
19	48,87	95	
20	49,80	100	
21	50,80	105	
22	51,87	110	
23	52,63	115	
24	53,50	120	
25	54,57	125	
26	55,57	130	
27	56,53	135	
28	57,30	140	
29	58,50	145	
30	59,57	150	
31	60,40	155	
32	62,00	160	
33	63,00	165	
34	64,05	170	
35	65,00	175	
36	66,10	180	
37	66,00	185	
38	67,00	190	
39	68,10	195	
40	69,20	200	

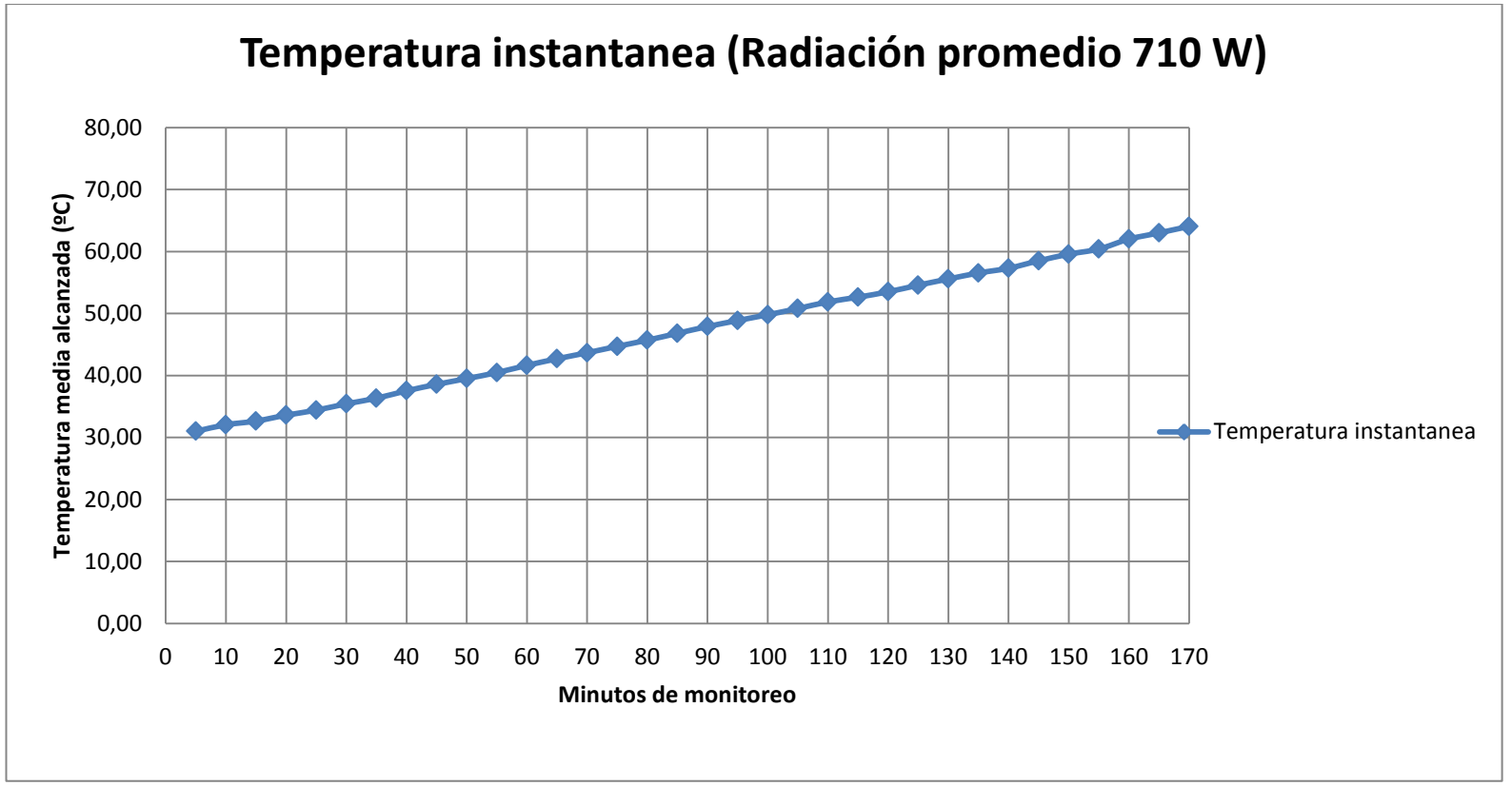


Figura 37 Análisis de la rapidez funcional de la cocina C6

ANÁLISIS DE COCINA #7

Tabla 18 Datos de medición de la cocina C7

ÍTEM	TEMPERATURA	TIEMPO DE MEDICIÓN	RADICACIÓN PROMEDIO DE PRUEBA
1	31,20	5	670
2	31,80	10	
3	32,57	15	
4	33,27	20	
5	33,97	25	
6	34,63	30	
7	35,47	35	
8	36,37	40	
9	37,20	45	
10	38,13	50	
11	38,73	55	
12	39,57	60	
13	40,10	65	
14	41,07	70	
15	41,93	75	
16	43,03	80	
17	44,00	85	
18	45,10	90	
19	46,23	95	
20	47,03	100	
21	48,00	105	
22	48,90	110	
23	49,97	115	
24	51,00	120	
25	51,83	125	
26	52,70	130	
27	53,70	135	
28	54,73	140	
29	56,07	145	
30	57,00	150	
31	57,97	155	
32	57,80	160	
33	58,80	165	
34	59,80	170	
35	60,40	175	
36	61,40	180	
37	62,50	185	
38	63,50	190	
39	64,40	195	

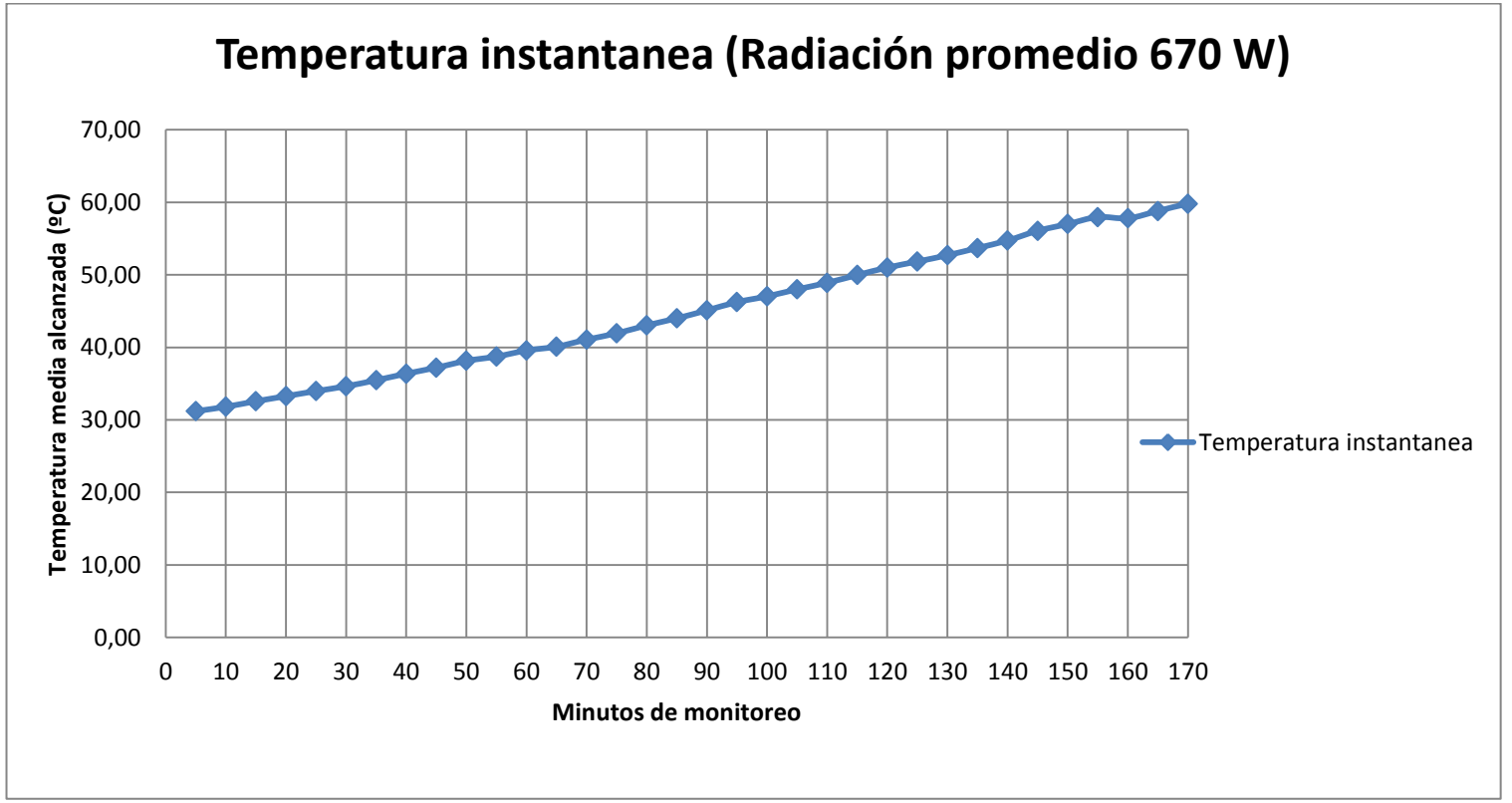


Figura 38 Análisis de la rapidez funcional de la cocina C7

ANÁLISIS DE COCINA #8

Tabla 19 Datos de medición de la cocina C8

ÍTEM	TEMPERATURA	TIEMPO DE MEDICIÓN	RADICACIÓN PROMEDIO DE PRUEBA
1	30,20	5	650
2	31,20	10	
3	32,40	15	
4	33,67	20	
5	34,63	25	
6	35,60	30	
7	37,10	35	
8	38,27	40	
9	39,43	45	
10	40,57	50	
11	41,73	55	
12	42,83	60	
13	43,83	65	
14	44,93	70	
15	46,07	75	
16	47,37	80	
17	48,50	85	
18	49,70	90	
19	50,80	95	
20	51,93	100	
21	53,07	105	
22	54,10	110	
23	55,27	115	
24	56,37	120	
25	57,40	125	
26	58,23	130	
27	59,37	135	
28	60,50	140	
29	61,63	145	
30	62,63	150	
31	63,80	155	
32	64,93	160	
33	64,95	165	
34	66,10	170	
35	67,15	175	
36	68,90	180	

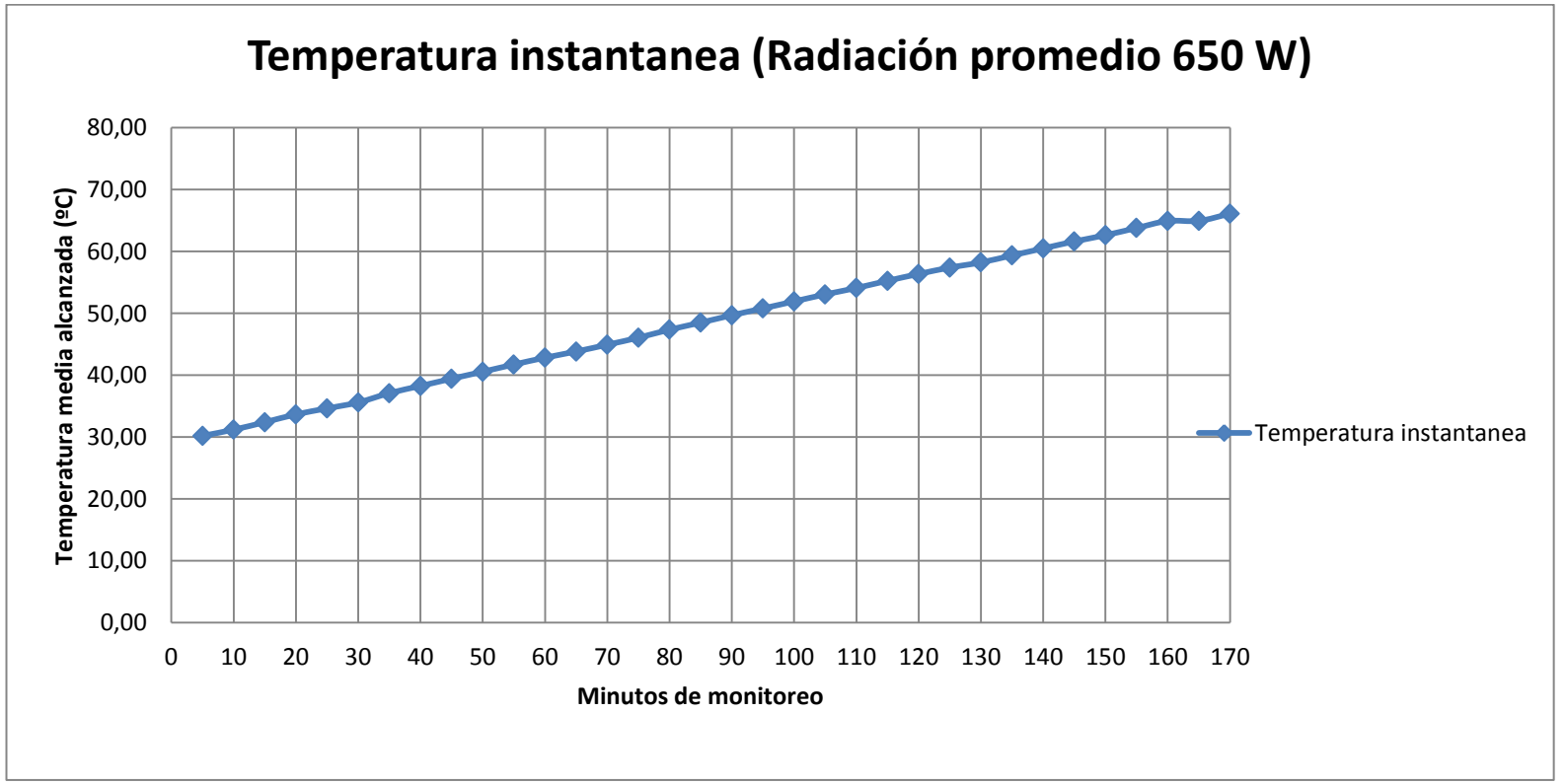


Figura 39 Análisis de la rapidez funcional de la cocina C8

ANÁLISIS DE COCINA #9

Tabla 20 Datos de medición de la cocina C9

ÍTEM	TEMPERATURA	TIEMPO DE MEDICIÓN	RADICACIÓN PROMEDIO DE PRUEBA
1	30,20	5	750
2	31,20	10	
3	32,27	15	
4	33,47	20	
5	34,60	25	
6	35,80	30	
7	37,00	35	
8	38,17	40	
9	39,73	45	
10	40,93	50	
11	42,10	55	
12	43,27	60	
13	44,47	65	
14	45,70	70	
15	46,97	75	
16	48,10	80	
17	49,33	85	
18	50,60	90	
19	51,83	95	
20	53,00	100	
21	54,20	105	
22	55,10	110	
23	56,37	115	
24	57,43	120	
25	58,60	125	
26	59,83	130	
27	61,00	135	
28	62,17	140	
29	63,37	145	
30	64,57	150	
31	65,70	155	
32	66,97	160	
33	68,13	165	
34	69,05	170	
35	69,50	175	

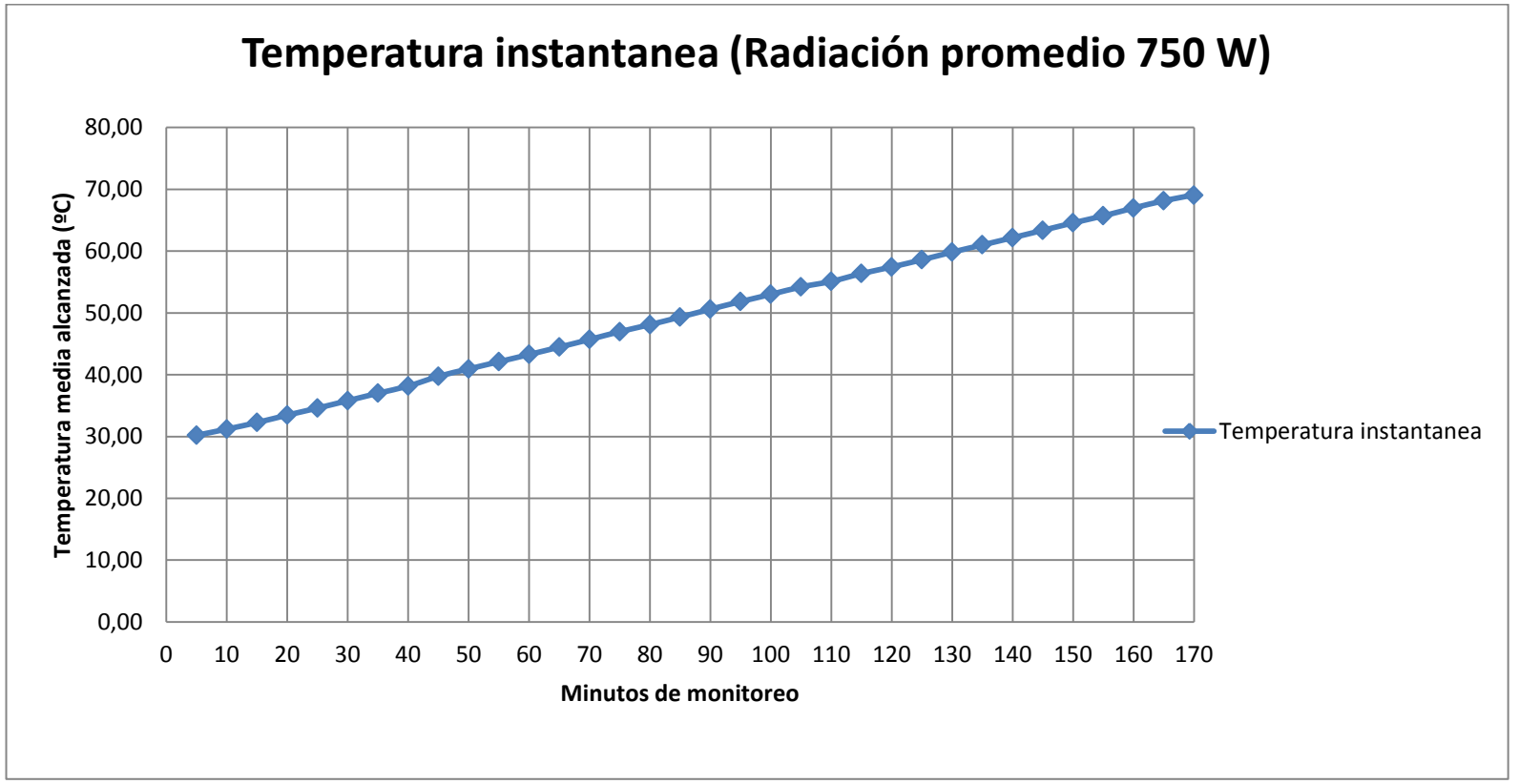


Figura 40 Análisis de la rapidez funcional de la cocina C9

En las tablas anteriores se ha resaltado los 7 valores que se utilizarán para hallar el polinomio de ajuste.

El método consiste en comparar los 7 valores, asignando el tiempo al eje X y la temperatura alcanzada en el eje Y. De esta manera las variables quedan asignadas de la siguiente forma (caso ejemplar cocina número 3).

Tabla 21 Valores considerados para hallar polinomio de ajuste (Cocina 3)

Variable	*Valor*	*Variable*	*Valor*
X_0	5	Y_0	33.37
X_1	30	Y_1	44.43
X_2	55	Y_2	54.07
X_3	85	Y_3	63.70
X_4	115	Y_4	71.73
X_5	140	Y_5	78.23
X_6	165	Y_6	82.40

Cada valor de X_i se remplaza en la ecuación siguiente:

$$a \cdot (X_i)^6 + b \cdot (X_i)^5 + c \cdot (X_i)^4 + d \cdot (X_i)^3 + e \cdot (X_i)^2 + f \cdot (X_i) + g = Y_i$$

Quedando la siguiente matriz cuadrada:

$$a \cdot (X_0)^6 + b \cdot (X_0)^5 + c \cdot (X_0)^4 + d \cdot (X_0)^3 + e \cdot (X_0)^2 + f \cdot (X_0) + g = Y_0$$
$$a \cdot (X_1)^6 + b \cdot (X_1)^5 + c \cdot (X_1)^4 + d \cdot (X_1)^3 + e \cdot (X_1)^2 + f \cdot (X_1) + g = Y_1$$
$$a \cdot (X_2)^6 + b \cdot (X_2)^5 + c \cdot (X_2)^4 + d \cdot (X_2)^3 + e \cdot (X_2)^2 + f \cdot (X_2) + g = Y_2$$
$$a \cdot (X_3)^6 + b \cdot (X_3)^5 + c \cdot (X_3)^4 + d \cdot (X_3)^3 + e \cdot (X_3)^2 + f \cdot (X_3) + g = Y_3$$
$$a \cdot (X_4)^6 + b \cdot (X_4)^5 + c \cdot (X_4)^4 + d \cdot (X_4)^3 + e \cdot (X_4)^2 + f \cdot (X_4) + g = Y_4$$
$$a \cdot (X_5)^6 + b \cdot (X_5)^5 + c \cdot (X_5)^4 + d \cdot (X_5)^3 + e \cdot (X_5)^2 + f \cdot (X_5) + g = Y_5$$
$$a \cdot (X_6)^6 + b \cdot (X_6)^5 + c \cdot (X_6)^4 + d \cdot (X_6)^3 + e \cdot (X_6)^2 + f \cdot (X_6) + g = Y_6$$

Mediante el uso del software TK-Solver 5.0 se resuelve las ecuaciones, obteniendo:

TK Solver - polinomio de ajuste.tkw

TK Solver - [Rules]

File Edit Commands Options View Window Wizards Applications Help

Plots: Tables: Comments:

Status	Rule
Satisf	a*(X0)^6+b*(X0)^5+c*(X0)^4+d*(X0)^3+e*(X0)^2+f*X0+g=Y0
Satisf	a*(X1)^6+b*(X1)^5+c*(X1)^4+d*(X1)^3+e*(X1)^2+f*X1+g=Y1
Satisf	a*(X2)^6+b*(X2)^5+c*(X2)^4+d*(X2)^3+e*(X2)^2+f*X2+g=Y2
Satisf	a*(X3)^6+b*(X3)^5+c*(X3)^4+d*(X3)^3+e*(X3)^2+f*X3+g=Y3
Satisf	a*(X4)^6+b*(X4)^5+c*(X4)^4+d*(X4)^3+e*(X4)^2+f*X4+g=Y4
Satisf	a*(X5)^6+b*(X5)^5+c*(X5)^4+d*(X5)^3+e*(X5)^2+f*X5+g=Y5
Satisf	a*(X6)^6+b*(X6)^5+c*(X6)^4+d*(X6)^3+e*(X6)^2+f*X6+g=Y6

Figura 41 Relaciones de solución de matriz cuadrada para polinomio de ajuste (hoja de cálculo TK-SOLVER 5.0)

TK Solver - polinomio de ajuste.tkw

TK Solver - [Variables]

File Edit Commands Options View Window Wizards Applications Help

Plots: Tables: Comments:

Status	Input	Name	Output	Unit	Comment
		a	-1,5760321576E-11		
		b	6,885654675093E-9		
		c	-1,106910740651E-6		
		d	8,304840697528E-5		
		e	-,0041152543073618		
		f	,526760663977398		
		g	30,8293675347222		
	33,37	Y0			
	44,43	Y1			
	54,07	Y2			
	63,7	Y3			
	71,73	Y4			
	78,23	Y5			
	82,4	Y6			
	5	X0			
	30	X1			
	55	X2			
	85	X3			
	115	X4			
	140	X5			
	165	X6			

Figura 42 Conjunto de entrada de datos y salida de soluciones para la matriz planteada (hoja de cálculo TK-SOLVER 5.0 para la cocina #3)

Para el caso anterior las soluciones son:

- ✓ a = -1.58 E-11
- ✓ b = 6.89 E-9
- ✓ c = -1.1 E-6
- ✓ d = 8.3 E-5
- ✓ e = -0.004
- ✓ f = 0.53
- ✓ g = 30.83

Y el polinomio de ajuste es:

$$Y = (-1.58 \times 10^{-11} \cdot X^6) + (6.89 \times 10^{-9} \cdot X^5) + (-1.1 \times 10^{-6} \cdot X^4) + (8.3 \times 10^{-5} \cdot X^3) + (-0.004 \cdot X^2) + (0.53 \cdot X) + 30.83$$

O lo que es lo mismo:

$$T = (-1.58 \times 10^{-12} \cdot t^6) + (6.89 \times 10^{-9} \cdot t^5) + (-1.1 \times 10^{-6} \cdot t^4) + (8.3 \times 10^{-5} \cdot t^3) + (-0.004 \cdot t^2) + (0.53 \cdot t) + 30.83$$

La ecuación anterior permite hallar la temperatura ***(T)*** en cualquier instante a partir del momento en que inicia el monitoreo ***(t)***.

La tabla 22 muestra las ecuaciones de las 9 cocinas:

Tabla 22 Ecuaciones (polinomios de grado 6) de las 9 cocinas en estudio.

Cocina	***T =***	***a t⁶***	***b t⁵***	***c t⁴***	***d t³***	***e t²***	***f t***	***g***
1	*T =*	-4,269E-12	4,101E-9	-0,00000136	0,000198	-0,0129	0,519	27,803
2	*T =*	-6,701E-12	4,782E-9	-0,00000130	0,000167	-0,0107	0,542	24,735
3	*T =*	-1,576E-11	6,885E-9	-0,00000110	0,0000830	-0,0041	0,526	30,829
4	*T =*	-1,383E-11	7,407E-9	-0,0000015	0,000142	-0,0063	0,301	31,361
5	*T =*	6,713E-12	-3,802E-9	0,000000819	-0,0000829	0,00387	0,134	29,240
6	*T =*	-9,185E-12	5,405E-9	-0,00000119	0,000121	-0,00552	0,286	29,692
7	*T =*	-2,058E-11	1,202E-8	-0,00000267	0,000279	-0,0133	0,390	29,545
8	*T =*	5,687E-12	-3,239E-9	0,000000722	-0,0000799	0,00442	0,126	29,465
9	*T =*	-1,246E-12	5,153E-11	0,000000142	-0,0000328	0,002666	0,161	29,330

Al realizar la comparación entre las ecuaciones de la cocinas para valores de 0 a 180 minutos (3 horas) de exposición al sol con una radiación promedio de 730 W/m^2 se puede observar:

Tabla 23 Temperaturas de las cocinas en los intervalos de 0 a 180 minutos de radiación solar.

Tiempo (min)	Temperatura en las Cocinas (ºC)								
	Cocina 1	Cocina 2	Cocina 3	Cocina 4	Cocina 5	Cocina 6	Cocina 7	Cocina 8	Cocina 9
0	27,80	24,74	30,83	31,36	29,24	29,69	29,55	29,47	29,33
5	30,10	27,20	33,37	32,73	30,00	31,00	31,20	30,20	30,20
10	31,89	29,24	35,75	33,87	30,89	32,11	32,37	31,09	31,18
15	33,29	30,96	38,03	34,87	31,88	33,09	33,22	32,11	32,24
20	34,40	32,44	40,22	35,78	32,92	34,00	33,87	33,22	33,38
25	35,32	33,74	42,35	36,65	34,00	34,87	34,41	34,38	34,56
30	36,10	34,93	44,42	37,51	35,08	35,73	34,92	35,58	35,79
35	36,82	36,05	46,46	38,38	36,16	36,61	35,45	36,79	37,04
40	37,52	37,12	48,45	39,27	37,22	37,51	36,03	38,00	38,30
45	38,22	38,17	50,39	40,19	38,27	38,45	36,68	39,21	39,57
50	38,97	39,22	52,29	41,14	39,29	39,43	37,41	40,42	40,83
55	39,77	40,29	54,13	42,11	40,29	40,43	38,22	41,61	42,08
60	40,63	41,36	55,92	43,09	41,28	41,47	39,10	42,78	43,32
65	41,57	42,45	57,66	44,09	42,25	42,53	40,03	43,94	44,55
70	42,57	43,56	59,34	45,08	43,22	43,61	41,01	45,10	45,76
75	43,64	44,67	60,97	46,07	44,18	44,69	42,02	46,24	46,96
80	44,75	45,78	62,54	47,05	45,14	45,77	43,03	47,37	48,14
85	45,90	46,88	64,08	48,01	46,10	46,85	44,04	48,50	49,30
90	47,08	47,96	65,58	48,95	47,07	47,91	45,04	49,62	50,46
95	48,26	49,01	67,06	49,86	48,06	48,97	46,01	50,74	51,61
100	49,43	50,04	68,53	50,76	49,05	50,00	46,95	51,86	52,76
105	50,58	51,01	70,00	51,64	50,05	51,02	47,85	52,96	53,90
110	51,69	51,94	71,47	52,52	51,06	52,03	48,72	54,07	55,05
115	52,74	52,82	72,97	53,39	52,08	53,03	49,56	55,16	56,20
120	53,73	53,64	74,50	54,27	53,10	54,03	50,37	56,25	57,36
125	54,64	54,40	76,07	55,17	54,13	55,04	51,18	57,32	58,52
130	55,46	55,11	77,66	56,10	55,14	56,06	51,98	58,38	59,69
135	56,19	55,76	79,27	57,06	56,15	57,10	52,79	59,42	60,86
140	56,83	56,37	80,88	58,05	57,15	58,18	53,61	60,44	62,03
145	57,39	56,93	82,46	59,08	58,14	59,30	54,46	61,45	63,19
150	57,86	57,45	83,97	60,14	59,11	60,47	55,34	62,44	64,33
155	58,26	57,94	85,34	61,22	60,08	61,70	56,23	63,42	65,43
160	58,60	58,41	86,49	62,30	61,05	62,97	57,12	64,40	66,48
165	58,90	58,87	87,32	63,35	62,03	64,30	57,99	65,39	67,46
170	59,19	59,31	87,71	64,31	63,03	65,68	58,79	66,41	68,34
175	59,48	59,76	87,50	65,13	64,08	67,07	59,46	67,47	69,09
180	59,82	60,20	86,51	65,73	65,21	68,47	59,92	68,61	69,68

A continuación resumo el promedio de eficiencia y potencia de cada una de las cocinas, en base a los datos obtenidos durante los meses de monitoreo, en la tabla 24.

Tabla 24 Resumen de promedios de Potencia y Rendimiento de las cocinas solares.

COCINAS	POTENCIA (watts)	RENDIMIENTO
COCINA 1	11,11	0,13
COCINA 2	12,31	0,12
COCINA 3	21,36	0,13
COCINA 4	13,51	0,07
COCINA 5	13,95	0,073
COCINA 6	13,94	0,08
COCINA 7	12,77	0,13
COCINA 8	15,61	0,074
COCINA 9	16,68	0,09

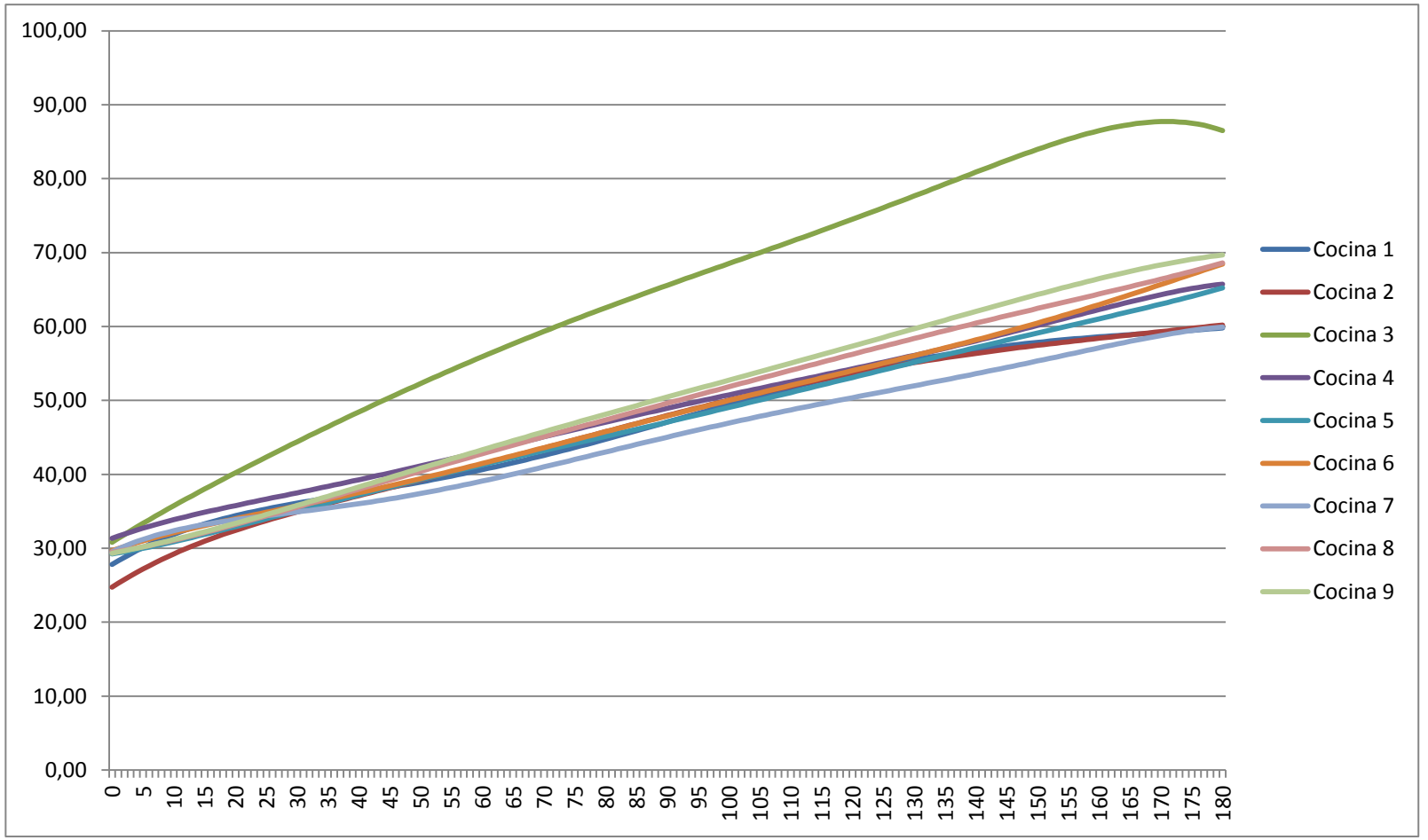


Figura 43 Conjunto de curvas según el polinomio de ajuste de datos (Tiempo – Temperatura en masa de prueba) para las 9 cocinas en estudio

En base a estos resultados podemos determinar que la cocina 3 es la que presenta una mayor pendiente, lo que significa que su calentamiento es más rápido, por lo que alcanza mayores rendimientos. Esta a su vez seguida de la cocina número 9 que se encuentra con una velocidad poco mayor al resto de cocinas.

f.4 GRADO DE RECEPTABILIDAD Y ACEPTABILIDAD DE LAS COCINAS SOLARES TIPO CAJA.

ENCUESTA	SI	NO
1. ¿Le gustó cocinar con las cocinas solares tipo caja?	100%	
2. ¿Le gustaría seguir utilizando las cocinas solares tipo caja para con esto contribuir con el medio ambiente?	100%	
3. ¿Le ayudó con su economía al cocinar con las cocinas solares tipo caja y disminuir el consumo de gas doméstico?	100%	
4. ¿Le gustaría que exista más proyectos con la Universidad Nacional de Loja, para que le ayuden en su economía e indirectamente al medio ambiente?	100%	

De las entrevistas realizadas a las familias que colaboraron en el presente trabajo investigativo se obtuvo los siguientes criterios:

- Antes de este proyecto no conocían lo que era una cocina solar tipo caja.

- Se comprobó que la principal ventaja con el uso de las cocinas solares tipo caja se economizan combustibles. Y la principal desventaja la dependencia del sol.

- Después de realizar el uso de las cocinas solares tipo caja pudieron comprobar que podían cocinar diferentes productos como: arroz, fideo, papa, guineo, plátano, sopas, coladas; y, además las utilizaron para hacer hervir agua para el consumo Familiar, todo esto se pudo lograr en un lapso de 3 horas de exposición al sol de las cocinas, tomando siempre en cuenta los factores principales que ayudan a una buena cocción como: tomar en cuenta el desplazamiento angular desde el sur de la proyección de la radiación emitida sobre el plano horizontal(ángulo azimuth) La localización del ángulo Azimuth debe ser apropiada para el ángulo de aceptación de la cocina, las cocinas tipo caja típicamente requieren ajustes entre 15 y 30 minutos o cuando la sombra aparece en la placa absorbente, otra precaución es rotar la cocina en el plano horizontal esto con el fin de compensar los cambios en el ángulo azimuth (tipo caja) o siguiendo el sol en dos dimensiones así mismo se recomienda limpiar frecuentemente el vidrio porque si esta sucio no habrá una buena reflexión al interior de la cocina. A las personas se les capacitó para que apliquen todos estos principios primordiales, ya que estas cocinas cuentan con la ventaja de que no se queman los alimentos. A continuación resumo en una tabla los productos cocinados en las nueve cocinas

Tabla 25 Alimentos cocinados, y su tiempo de cocción.

COCINA	PRODUCTOS COCINADOS	TIEMPO
1	Arroz, papa, fideo, guineo.	3 h
2	Arroz, pollo.	3 h
3	Arroz, papa, fideo, guineo, coladas, sopas, pollo.	3 h
4	Arroz, papa, fideo.	3 h
5	Arroz, fideo, guineo.	3 h
6	Arroz, papa, fideo, sopas.	3 h
7	Arroz, papa, fideo.	3 h
8	Arroz, papa, fideo, guineo.	3 h
9	Arroz, papa, fideo, carne de res.	3 h

Todas las cocinas coinciden en un lapso de tres horas porque en las pruebas realizadas inicialmente se obtuvo los resultados en un tiempo de 2½ a 3 horas, en cuanto a eso a las personas se las capacitó que durante todo ese tiempo de exposición al sol ellos podrían obtener los resultados deseados, además que deben tener en cuenta que no se debe abrir la tapa de vidrio, caso contrario el calor concentrado se desperdiciaría y tomaría mas tiempo en cocinar sus alimentos. Con todos estos resultados obtenidos, los beneficiarios expresaban su satisfacción con dichas cocinas, comentándose que al salir a trabajar y a su regreso sus alimentos se encuentran cocinados.

- Al final de cada entrevista realizada se hizo la entrega de un folleto en el cual consta la explicación de este proyecto, así como las ventajas y desventajas del uso de las cocinas solares tipo caja. **Ver ANEXO D.**

g.- DISCUSIÓN

De las nueve cocinas solares tipo caja usadas por los habitantes de la parroquia Bolaspamba, barrio Chaquino del cantón Zapotillo de la provincia de Loja, fueron monitoreadas en tiempo continuo, durante las horas de mayor radiación solar diaria (10h00 -14h00), en donde los rayos solares emitidos por el sol fueron reflejados a cada una de los espejos de las cocinas de caja a excepción de la cocina C8 que es una cocina de barro.

La cocina C3, luego del monitoreo y análisis de resultados es la que permite aprovechar los rayos solares, de esta manera es la que mejor eficiencia presenta. Es importante indicar que al masificar la utilización de cocinas solares tipo caja, se lograría disminuir en gran porcentaje el consumo de combustibles y consiguientemente se economiza dinero.

Para el funcionamiento de las nueve cocinas es importante recalcar que se debe tener cuidado que no existan personas o animales muy cerca de la cocina cuando esta esté trabajando.

Cabe resaltar que cuando se está cocinando en estas cocinas no se debe retirar la tapa de vidrio en ningún momento, sino únicamente cuando ya esté cocinado los alimentos.

Entre las desventajas de la utilización de estas cocinas es que necesita la presencia del sol, además se necesita dirigir el espejo antes y después del medio día con dirección al sol.

De acuerdo a las prácticas realizadas se determina que las cocinas tipo caja tuvieron una mayor acogida que la de barro.

El criterio de las personas que intervinieron en este proyecto es de que la Universidad Nacional de Loja, sea la que impulsen la utilización de este tipo de cocinas solares; pero siempre y cuando exista la predisposición de las personas para que hagan uso de la cocina solar tipo caja.

h.- CONCLUSIONES

- Luego de sistematizar la información obtenida en la carrera de Ingeniería Electromecánica (UNL) sobre el estado del arte de las cocinas tipo caja, se concluye, que existe información suficiente de diseño e investigación experimental tanto a nivel de pregrado (proyectos de módulo) como a nivel de tesis de ingeniería, lo que permitió desarrollar y fundamentar sólidamente la forma de uso, metodología de análisis, estimación de rendimiento y eficiencia energética del presente proyecto.

- La base de datos sobre radiación solar obtenida del sector destinado a la transferencia de tecnología, es una fuente importante de información, lo cual permitió el desarrollo de las distintas fases de análisis de energía y eficiencia de cada cocina. Estableciéndose múltiples resultados sobre el recurso, como por ejemplo el mes de mayor radiación (Noviembre con 884 W/m²) y la Radiación promedio del sector (655 W/ m²).

- El estudio comparativo sobre el funcionamiento de las distintas cocinas tipo caja, bajo similares condiciones de radiación solar que brinda el sector localizado denominado ¨Chaquino¨, permitió evidenciar las diferencias funcionales y poder distinguir la cocina de mayor eficiencia, siendo esta la cocina #3, cuyo rendimiento promedio fue del 13%.

- Tomando en cuenta el aspecto económico de los residentes del sector, los costos de construcción de este tipo de cocinas, la forma de operación, la durabilidad y el servicio de las mismas, se puede concluir que el grado de aceptabilidad y receptibilidad son altos, esto se puede evidenciar gracias a las encuestas y entrevistas realizadas a los beneficiarios del proceso de transferencia de tecnología, además están en la capacidad de construir sus propias cocinas de caja por la iniciativa que han tomado algunos pobladores de hacerlo.

i.- RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones, se recomienda remplazar el papel aluminio que se utiliza en las paredes internas de las cocinas, y en las tapas reflectantes por algún otro material más duradero y que proporcione mayor reflexión, ayudando así a mejorar el rendimiento de las mismas.

- Capacitar de forma adecuada a los beneficiarios de la transferencia de tecnología sobre el uso de los recursos suministrados, ya que en el caso de las cocinas solares tipo caja, su rendimiento se ve afectado enormemente por factores básicos, como la orientación, hora de uso, entre otros.

j.- BIBLIOGRAFÍA

LIBROS:

- ✓ CINER. Segundas Jornadas de actualización en Energías Renovables. Cochabamba - Bolivia, Septiembre 1997, 180pag.
- ✓ MORILLO, ETHELVINA. 1995. Cocinando con el sol Edit., Educa. Costa Rica 93pag.

TESIS:

- ✓ Picoita, Cristian ; Pacheco, Fabián 2010, ¨EXPERIMENTACION Y VALORACION MATEMATICA DE COCINAS SOLARES TIPO CAJA¨, (Tesis de Ingeniería Electromecánica), Loja – Ecuador, Universidad Nacional de Loja, Área de Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, Carrera Ingeniería electromecánica, I y II.

SITIOS WEB:

- ✓ libre, L. e. (s.f.). *Wikipedia*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2010, de http://es.wikipedia.org/wiki/Cocina_solar
- ✓ Aalf, M. (s.f.). *Inter Natura*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2010, de http://www.internatura.org/estudios/energias/ccsolar.html
- ✓ Street. (s.f.). *The Solar Cooking Archive*. Recuperado el 22 de SEptiembre de 2010, de http://www.solarcooking.org/espanol/minspan.htm
- ✓ Wapedia. (s.f.). *Cocina Solar*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2010, de http://wapedia.mobi/es/Cocina_solar

k.- ANEXOS

ANEXO A

Fotos de monitoreo de cocinas solares tipo caja.

Figura 44 Socialización de las cocinas solares en la comunidad de chaquino.

Figura 45 Monitoreando cocina de caja C1.

Figura 46 Monitoreando cocina de caja C2.

Figura 47 Monitoreando cocina de caja C3.

Figura 48 Monitoreando cocina de caja C4.

Figura 49 Monitoreando cocina de caja C5.

Figura 50 Monitoreando cocina de caja C6.

Figura 51 Monitoreando cocina de caja C7.

Figura 52 Monitoreando cocina de caja C8.

Figura 53 Monitoreando cocina de caja C9.

Figura 54 Resolviendo la encuesta.

Figura 55 Firmando la encuesta.

Figura 56 Sensor de Radiación.

Figura 57 Sensor de temperatura.

Figura 58 Termocupla del sensor de Temperatura.

Figura 59 Descargando la información del Mac Solar.

ANEXO B

Encuestas realizadas a familias del proyecto de cocinas solares tipo caja.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

PROYECTO "EVALUACIÓN TÉRMICA DE COCINAS SOLARES TIPO CAJA Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN EL CANTÓN ZAPOTILLO PARROQUIA BOLASPAMBA BARRIO CHAQUINO"

Encuesta para determinar el grado de receptibilidad y aceptabilidad de las cocinas solares tipo caja a la Comunidad de Chaquino – Parroquia Bolaspamba- Cantón Zapotillo

1. ¿Le gusto cocinar con las cocinas solares tipo caja?
   SI ..X.. NO .....
2. ¿Le gustaría seguir utilizando las cocinas solar tipo caja para con esto contribuir con el medio ambiente?
   SI ..X.. NO .....
3. ¿Le ayudo con su economía al cocinar con las cocinas solares tipo caja y disminuyendo el consumo de gas doméstico?
   SI ..X.. NO .....
4. ¿Le gustaría que exista más proyectos con la Universidad Nacional de Loja, para que le ayuden en su economía e indirectamente al medio ambiente?
   SI ..X.. NO .....

María Dolores Medina

0705259984

Figura 60 Encuesta de aceptabilidad Familia 1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

PROYECTO "EVALUACIÓN TÉRMICA DE COCINAS SOLARES TIPO CAJA Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN EL CANTÓN ZAPOTILLO PARROQUIA BOLASPAMBA BARRIO CHAQUINO"

Encuesta para determinar el grado de receptibilidad y aceptabilidad de las cocinas solares tipo caja a la Comunidad de Chaquino – Parroquia Bolaspamba- Cantón Zapotillo

1. ¿Le gusto cocinar con las cocinas solares tipo caja?
   SI X NO .....
2. ¿Le gustaría seguir utilizando las cocinas solar tipo caja para con esto contribuir con el medio ambiente?
   SI X NO .....
3. ¿Le ayudo con su economía al cocinar con las cocinas solares tipo caja y disminuyendo el consumo de gas doméstico?
   SI X NO .....
4. ¿Le gustaría que exista más proyectos con la Universidad Nacional de Loja, para que le ayuden en su economía e indirectamente al medio ambiente?
   SI X NO .....

Germania Sánchez

Germania Sánchez
0703823633.

Figura 61 Encuesta de aceptabilidad Familia 2

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

PROYECTO "EVALUACIÓN TÉRMICA DE COCINAS SOLARES TIPO CAJA Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN EL CANTÓN ZAPOTILLO PARROQUIA BOLASPAMBA BARRIO CHAQUINO"

Encuesta para determinar el grado de receptibilidad y aceptabilidad de las cocinas solares tipo caja a la Comunidad de Chaquino – Parroquia Bolaspamba- Cantón Zapotillo

1. ¿Le gusto cocinar con las cocinas solares tipo caja?
   SI X NO .....
2. ¿Le gustaría seguir utilizando las cocinas solar tipo caja para con esto contribuir con el medio ambiente?
   SI X NO .....
3. ¿Le ayudo con su economía al cocinar con las cocinas solares tipo caja y disminuyendo el consumo de gas doméstico?
   SI X NO .....
4. ¿Le gustaría que exista más proyectos con la Universidad Nacional de Loja, para que le ayuden en su economía e indirectamente al medio ambiente?
   SI X NO .....

.....

1104738044

Lidia Villalta

Figura 62 Encuesta de aceptabilidad Familia 3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

PROYECTO "EVALUACIÓN TÉRMICA DE COCINAS SOLARES TIPO CAJA Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN EL CANTÓN ZAPOTILLO PARROQUIA BOLASPAMBA BARRIO CHAQUINO"

Encuesta para determinar el grado de receptibilidad y aceptabilidad de las cocinas solares tipo caja a la Comunidad de Chaquino – Parroquia Bolaspamba- Cantón Zapotillo

1. ¿Le gusto cocinar con las cocinas solares tipo caja?
   SI ..X.. NO .....
2. ¿Le gustaría seguir utilizando las cocinas solar tipo caja para con esto contribuir con el medio ambiente?
   SI ..X.. NO .....
3. ¿Le ayudo con su economía al cocinar con las cocinas solares tipo caja y disminuyendo el consumo de gas doméstico?
   SI ..X.. NO .....
4. ¿Le gustaría que exista más proyectos con la Universidad Nacional de Loja, para que le ayuden en su economía e indirectamente al medio ambiente?
   SI ..X.. NO .....

Vilma Sánchez

Vilma Mercedes Sánchez Rogel
1703485562-7

Figura 63 Encuesta de aceptabilidad Familia 4

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

PROYECTO "EVALUACIÓN TÉRMICA DE COCINAS SOLARES TIPO CAJA Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN EL CANTÓN ZAPOTILLO PARROQUIA BOLASPAMBA BARRIO CHAQUINO"

Encuesta para determinar el grado de receptibilidad y aceptabilidad de las cocinas solares tipo caja a la Comunidad de Chaquino – Parroquia Bolaspamba- Cantón Zapotillo

1. ¿Le gusto cocinar con las cocinas solares tipo caja?
   SI X NO .....
2. ¿Le gustaría seguir utilizando las cocinas solar tipo caja para con esto contribuir con el medio ambiente?
   SI X NO .....
3. ¿Le ayudo con su economía al cocinar con las cocinas solares tipo caja y disminuyendo el consumo de gas doméstico?
   SI X NO .....
4. ¿Le gustaría que exista más proyectos con la Universidad Nacional de Loja, para que le ayuden en su economía e indirectamente al medio ambiente?
   SI X NO .....

Rosa Antonia Rogel Ortiz

Rosa Antonia Rogel Ortiz

1102344 11-4

Figura 64 Encuesta de aceptabilidad Familia 5

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

PROYECTO "EVALUACIÓN TÉRMICA DE COCINAS SOLARES TIPO CAJA Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN EL CANTÓN ZAPOTILLO PARROQUIA BOLASPAMBA BARRIO CHAQUINO"

Encuesta para determinar el grado de receptibilidad y aceptabilidad de las cocinas solares tipo caja a la Comunidad de Chaquino - Parroquia Bolaspamba- Cantón Zapotillo

1. ¿Le gusto cocinar con las cocinas solares tipo caja?
   SI X NO .....
2. ¿Le gustaría seguir utilizando las cocinas solar tipo caja para con esto contribuir con el medio ambiente?
   SI X NO .....
3. ¿Le ayudo con su economía al cocinar con las cocinas solares tipo caja y disminuyendo el consumo de gas doméstico?
   SI X NO .....
4. ¿Le gustaría que exista más proyectos con la Universidad Nacional de Loja, para que le ayuden en su economía e indirectamente al medio ambiente?
   SI X NO .....

.....

Nancy Sánchez

Figura 65 Encuesta de aceptabilidad Familia 6

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

PROYECTO "EVALUACIÓN TÉRMICA DE COCINAS SOLARES TIPO CAJA Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN EL CANTÓN ZAPOTILLO PARROQUIA BOLASPAMBA BARRIO CHAQUINO"

Encuesta para determinar el grado de receptibilidad y aceptabilidad de las cocinas solares tipo parabólicas a la Comunidad de Chaquino – Parroquia Bolaspamba- Cantón Zapotillo

1. ¿Le gusto cocinar con las cocinas solares tipo caja?
   SI X NO .....
2. ¿Le gustaría seguir utilizando las cocinas solar tipo caja para con esto contribuir con el medio ambiente?
   SI X NO .....
3. ¿Le ayudo con su economía al cocinar con las cocinas solares tipo caja y disminuyendo el consumo de gas doméstico?
   SI X NO .....
4. ¿Le gustaría que exista más proyectos con la Universidad Nacional de Loja, para que le ayuden en su economía e indirectamente al medio ambiente?
   SI X NO .....

.....

Wuillian Rodrigo Villalta Gómez

Figura 66 Encuesta de aceptabilidad Familia 7

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

PROYECTO "EVALUACIÓN TÉRMICA DE COCINAS SOLARES TIPO CAJA Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN EL CANTÓN ZAPOTILLO PARROQUIA BOLASPAMBA BARRIO CHAQUINO"

Encuesta para determinar el grado de receptibilidad y aceptabilidad de las cocinas solares tipo caja a la Comunidad de Chaquino – Parroquia Bolaspamba- Cantón Zapotillo

1. ¿Le gusto cocinar con las cocinas solares tipo caja?
   SI X NO .....
2. ¿Le gustaría seguir utilizando las cocinas solar tipo caja para con esto contribuir con el medio ambiente?
   SI X NO .....
3. ¿Le ayudo con su economía al cocinar con las cocinas solares tipo caja y disminuyendo el consumo de gas doméstico?
   SI X NO .....
4. ¿Le gustaría que exista más proyectos con la Universidad Nacional de Loja, para que le ayuden en su economía e indirectamente al medio ambiente?
   SI X NO .....

Manuel Benigno Sánchez R.

1100750783

Figura 67 Encuesta de aceptabilidad Familia 8

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

PROYECTO "EVALUACIÓN TÉRMICA DE COCINAS SOLARES TIPO CAJA Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN EL CANTÓN ZAPOTILLO PARROQUIA BOLASPAMBA BARRIO CHAQUINO"

Encuesta para determinar el grado de receptibilidad y aceptabilidad de las cocinas solares tipo caja a la Comunidad de Chaquino – Parroquia Bolaspamba- Cantón Zapotillo

1. ¿Le gusto cocinar con las cocinas solares tipo caja?
   SI X NO .....
2. ¿Le gustaría seguir utilizando las cocinas solar tipo caja para con esto contribuir con el medio ambiente?
   SI X NO .....
3. ¿Le ayudo con su economía al cocinar con las cocinas solares tipo caja y disminuyendo el consumo de gas doméstico?
   SI X NO .....
4. ¿Le gustaría que exista más proyectos con la Universidad Nacional de Loja, para que le ayuden en su economía e indirectamente al medio ambiente?
   SI X NO .....

.....
1100 75078-3
Manuel Sanchez Rogel

Figura 68 Encuesta de aceptabilidad Familia 9

ANEXO C

Fichas de visitas a los monitoreos de las cocinas solares tipo caja.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

PROYECTO "DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR"

Visita Técnica a la Comunidad de Chaquino – Parroquia Bolaspamba- Cantón Zapotillo

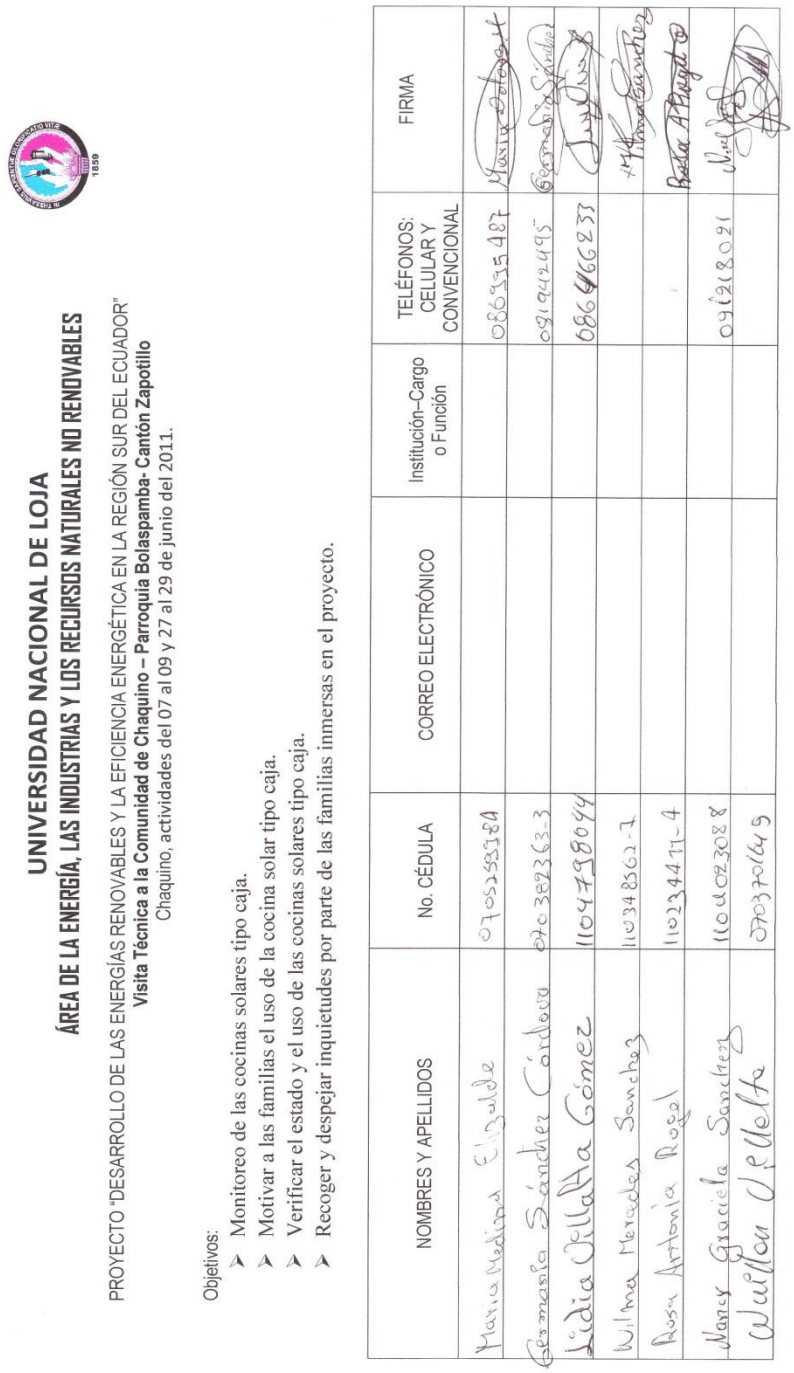
Chaquino, actividades del 04 al 06 y 25 al 27 de mayo del 2011.

Objetivos:

- Inicio del monitoreo de las cocinas solares tipo caja.
- Motivar a las familias el uso de la cocina solar tipo caja.
- Indicar como es el funcionamiento y como se debe utilizar.
- Realizar una cocción poniendo a prueba las cocinas solares tipo caja.
- Enseñar las normas de protección de las cocinas solares.

NOMBRES Y APELLIDOS	No. CÉDULA	CORREO ELECTRÓNICO	Institución–Cargo o Función	TELÉFONOS: CELULAR Y CONVENCIONAL	FIRMA
Marcia Medina Elizalde	0705259984			0869954187	
Germania Sanchez Cordero	0703823683			0819422495	
Lidia Villalta Gómez	1104798044			0867766233	
Wilma Fernandez Sanchez					
Rosa Antonia Rogel				0994983353	
Nancy Graciela Sánchez	1104023088			0912180211	
Willian Villalta	0703740449				

Figura 69 Ficha # 1 de visitas a monitorear.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

PROYECTO "DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR"

Visita Técnica a la Comunidad de Chaquino – Parroquia Bolaspamba- Cantón Zapotillo

Chaquino, actividades del 07 al 09 y 27 al 29 de junio del 2011.

Objetivos:

- Monitoreo de las cocinas solares tipo caja.
- Motivar a las familias el uso de la cocina solar tipo caja.
- Verificar el estado y el uso de las cocinas solares tipo caja.
- Recoger y despejar inquietudes por parte de las familias inmersas en el proyecto.

NOMBRES Y APELLIDOS	No. CÉDULA	CORREO ELECTRÓNICO	Institución–Cargo o Función	TELÉFONOS: CELULAR Y CONVENCIONAL	FIRMA
Maria Medina Elizalde	0703595988			0867355487	
Germania Sánchez Cárdenas	0703892633			0919442495	
Lidia Villalta Gómez	1104798044			0867466233	
Wilma Mercedes Sanchez	1103485621				
Rosa Antonia Rogel	1102344711-4				
Nancy Graciela Sanchez	1104078308			0912818021	
Wuillan Villalta	0703701649				

Figura 70 Ficha # 2 de visitas a monitorear.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

PROYECTO "DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR"

Visita Técnica a la Comunidad de Chaquino – Parroquia Bolaspamba- Cantón Zapotillo

Chaquino, actividades del 04 al 06 y 20 al 22 de julio del 2011.

Objetivos:

- Monitoreo de las cocinas solares tipo caja.
- Verificar el estado y el uso de las cocinas solares tipo caja.
- Instalar la estación meteorológica.

NOMBRES Y APELLIDOS	No. CÉDULA	CORREO ELECTRÓNICO	Institución–Cargo o Función	TELÉFONOS: CELULAR Y CONVENCIONAL	FIRMA
Marta dolores Medranda Elizalde	0705259984			086955487	
Germania Sánchez Córdova	0703823633			081941295	
Lidia Villalta Gómez	1104798044			086466233	
Wilma Mercedes Sanchez	1103485627				
Rosa Antonia Rogel	1102344114				
Nancy Graciela Sánchez	1104023038			091218021	
Ukillon Villalta	0703701649				

Figura 71 Ficha # 3 de visitas a monitorear.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

PROYECTO "DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR"

Visita Técnica a la Comunidad de Chaquino – Parroquia Bolaspamba- Cantón Zapotillo

Chaquino, actividades del 01 al 03 y 22 al 24 de agosto del 2011.

Objetivos:

- Monitoreo de las cocinas solares tipo caja.
- Verificar el estado y el uso de las cocinas solares tipo caja.

NOMBRES Y APELLIDOS	No. CÉDULA	CORREO ELECTRÓNICO	Institución–Cargo o Función	TELÉFONOS: CELULAR Y CONVENCIONAL	FIRMA
Maria Dolores Medina Elizalde	0703579089			0869354821	
Germania Sánchez Cordova	0703823613			0819420195	
Lidia Villalta Gómez	1104798044			0864662333	
Wilmer Mendez Sanchez	1103486023				
Rosa Antonia Rogel	1102399111-4				
Maria Graciela Sánchez Villalta	1100423032			0912180211	
	0703740649				

Figura 72 Ficha # 4 de visitas a monitorear.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

PROYECTO "DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR"

Visita Técnica a la Comunidad de Chaquino – Parroquia Bolaspamba- Cantón Zapotillo

Chaquino, actividades del 05 al 07 y 26 al 28 de septiembre del 2011.

Objetivos:

- Monitoreo de las cocinas solares tipo caja.
- Verificar el estado y el uso de las cocinas solares tipo caja.

NOMBRES Y APELLIDOS	No. CÉDULA	CORREO ELECTRÓNICO	Institución–Cargo o Función	TELÉFONOS: CELULAR Y CONVENCIONAL	FIRMA
Maria Dolores Medina Ciriaco	0705353384			0863354 87	
Germania Sánchez Cordova	0703823363-3			0810424 95	
Lidia Villalta Gómez	1104798044			0864662333	
Wilma Mercedes Sanchez	1103485027				
Rosa Antonia Rosal	1103349411-4				
Nancy Graciela Sánchez	1104023088			0912198021	
Luis Alau Villalta Gomez	0703701649				

Figura 73 Ficha # 5 de visitas a monitorear.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

PROYECTO "DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR"

Visita Técnica a la Comunidad de Chaquino – Parroquia Bolaspamba- Cantón Zapotillo

Chaquino, actividades del 03 al 05 y 24 al 26 de octubre del 2011.

Objetivos:

- Monitoreo de las cocinas solares tipo caja.
- Verificar el estado y el uso de las cocinas solares tipo caja.
- Recoger y despejar inquietudes por parte de las familias inmersas en el proyecto.

NOMBRES Y APELLIDOS	No. CÉDULA	CORREO ELECTRÓNICO	Institución–Cargo o Función	TELÉFONOS: CELULAR Y CONVENCIONAL	FIRMA
Maria Dolores Helina Elizalde	0705599884			0869954987	
Germania Sánchez Cordero	0703823363			0819424495	
Lidia Villalta Gómez	1104788044			0964662333	
Wilma Mercedes Sandoya	1103485027				
Rosa Antonia Ruiz	1102344491-4				
Nancy Graciela Sánchez	1100023088			0912138021	
Wei Mon Villalta Gómez	0703701649	www.//lanredrigo@yahoo.es	UCOOP Promotor		

Figura 74 Ficha # 6 de visitas a monitorear.

ANEXO D

FOLLETO DE COCINAS SOLARES TIPO PARABÓLICAS.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
Universidad Nacional de Loja

TÍTULO:

FOLLETO PRÁCTICO DE:

EVALUACIÓN TÉRMICA DE COCINAS SOLARES TIPO CAJA Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN EL CANTÓN ZAPOTILLO, PARROQUIA BOLASPAMBA, BARRIO CHAQUINO.

TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO

AUTOR: Jorge Manuel Correa Martínez

DIRECTOR: Ing. Thuesman Estuardo Montaño Peralta

FECHA: 21 de Marzo del 2012

Loja-Ecuador

Cocinar con el Sol

Las cocinas solares son un medio para aprovechar la energía superabundante del Sol y convertirla en alimentos cocinados. Las formas de cocción tradicionales utilizan la energía solar de forma indirecta, a través de la madera o el carbón de leña. En cambio, la cocina solar aprovecha la luz del Sol directamente: está diseñada para interceptar los rayos solares y convertirlos en calor que calienta la comida para que sea apta para el consumo. Y cuando la cocción de estos alimentos se realiza a velocidad pausada, se reservan e incluso incrementan sus propiedades nutritivas.

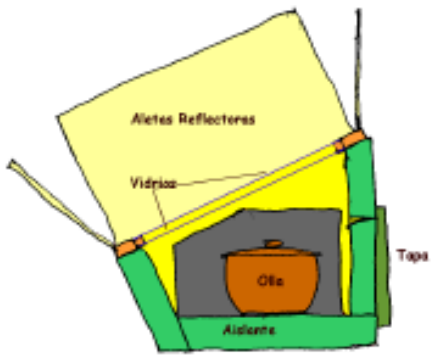
La caja caliente u horno solar

Éste es el tipo más popular y extendido de cocina solar. Consiste en una caja o recinto revestido de material térmico aislante por todos los lados menos por el frontal, el que queda orientado al Sol, y tapado con un material transparente. Dentro de la caja se colocan los recipientes para cocinar. En el interior de esta caja, la energía solar queda atrapada por efecto invernadero y, transformada en energía térmica, puede alcanzar con facilidad los 100 ºC en las ollas y recipientes de dentro de la caja solar. Si se añaden sistemas de captación solar, como reflectores de aluminio que amplíen el área de captación de los rayos del Sol, estos hornos solares pueden alcanzar los 140 ºC fácilmente. El buen funcionamiento en eficiencia energética de un horno solar está en la calidad del aislamiento de modo que tengan la mínima pérdida de la energía solar que almacenan en su interior.

Introducción

En este documento damos las indicaciones básicas acerca de como hacer una cocina solar sencilla. El diseño que se presenta también puede ser mejorado. Por lo tanto con ello queremos ayudarles a iniciar un fascinante experimento con la cocción solar.

Algunas de las ideas que aquí se presentan también servirán para realizar experimentos. Se autoriza la reproducción total de este documento, como también la reproducción parcial, citando la fuente de la información.
La cocina que vamos a presentar es de tipo **HORNO**. Existen tres tipos de cocinas
Solares, la tipo **horno** y las que **concentran** la radiación solar y las de tipo **panel**.



1. Esquema de Cocina Solar

Ventajas de cocinar con el sol
Facilidad de uso.
No contaminan nada y son muy ecológicas.
No es necesario electricidad, ni combustible.
Favorecen el uso de las energías renovables.
Se ahorra dinero en la cocción de alimentos.
Los conocimientos necesarios de fabricación son muy simples.
Facilidad de conseguir los materiales de fabricación.
Los materiales de fabricación son muy baratos.
La cocina solar presenta un alto grado de limpieza.
Es una buena solución en lugares donde el clima permite su uso cotidiano.

Para que la cocina sea exitosa, es **indispensable** cuidar los **detalles.** Una correcta atención a los detalles hace que la cocina funcione bien. En cambio una realización descuidada va a significar que la cocina funcionará mal o no funcionará.

El diseño que vamos a dar es el básico. Usted puede mejorarlo. Además indicamos algunos aspectos en los cuales se puede mejorar.

El Corazón del Diseño:
Una cocina solar es simplemente una **caja bien aislada** por cuya parte superior ingresa la radiación solar por una cubierta transparente (vidrio). En el interior de la cocina hay una plancha **negra** que absorbe la energía solar y la transforma en **calor.**
La cocción parte a unos 60ºC, pero mientras más temperatura levante la cocina, mejor.
Los modelos que hemos hecho en el Cajón del Maipo sobrepasan los 200ºC.
Una buena cocina debe ser capaz de levantar más de 130ºC sin carga en un día asoleado. Para que la comida quede dorada (asados, papas, queques) es indispensable que esto sea así.

Para que funcione bien, la cocina debe estar bien **aislada** y además no **tener fugas de aire.** Si el sellado es defectuoso, el calor se escapará por las rendijas y la cocina funcionará mal.
En la primera figura vemos una cocina solar en corte. La energía penetra por los vidrios, entra al horno donde calienta la plancha negra y el aire dentro de la cocinas.
Así que los alimentos que están dentro de la olla reciben calor desde todas las direcciones.

¿De que tamaño la hacemos?
Puede ser desde unos 20x20 centímetros interiores en la base hasta tamaños mucho más grandes. Un buen tamaño es algo similar a lo que tiene una bandeja de horno.

¿Cuales son los materiales adecuados?
Hay cocinas hechas desde cartón hasta metal. Pero los aspectos básicos son:

La caja: el ideal es que la estructura se haga de madera de pino de 2x1" o 3x1" con la que se hacen marcos. Esta madera debe ser **seca** y **cepillada.** Esto para facilitar el montaje. Los marcos se forran en cholguán por ambas caras. La base es bueno hacerla en terciado marino de unos 4 a 6 mm de espesor (más resistente).

Siempre existe la alternativa de fabricarla con otros materiales. No tengan miedo de experimentar. El Trupan (MDF) **no** funciona bien, pues es poroso al vapor de agua y se disgrega con humedad y temperatura. Por lo tanto solo sería aceptable para una experimental. Pero en ese caso el cholguán vale lo mismo y es excelente. Total, en el peor de los casos funcionará mal. Pero cualquier material debe:

a) Tener una resistencia razonable a la intemperie.
b) Soportar temperaturas mayores de 150ºC (los plásticos normales quedan descartados).
c) Tener buena resistencia mecánica.

Otro aspecto básico es el **aislante**. El ideal es utilizar **lana de vidrio** (no lana mineral, lana de vidrio, la cual es amarilla). Para una cocina demostrativa, de no muy larga duración, se puede aislar con planchas de aislapol. Pero el aislapol se derrite más allá de unos 70C, por lo cual a la larga se va "achuñuscar" dentro de los marcos, haciendo que la aislación no sea tan efectiva. Sin embargo, las famosas cocinas de **Villaseca** en la IVª Región usan aislamiento de aislapol y llevan funcionando más de 10 años. Claro que una falla en la aislación hace que la cocción se haga más lenta. En el norte, poco importa pues las temperaturas ambientes son suaves y la radiación solar maravillosa.

El mínimo razonable de aislante es 50 mm (5 cm). Un espesor mayor permitirá retener mejor el calor, pero no tiene sentido ir más allá de los 8 a 10 cm de aislante.

Se han construido cocinas con otros aislantes. Para efectos demostrativos se puede utilizar cartón corrugado. Pero si se quiere hacer algo sencillo, lo mejor es utilizar aislapol (poliestireno expandido). Es muy barato y funciona. Pero se va destruyendo con el tiempo.
El cholguán es muy buen material para costados y exterior. Pero debe pintarse cuidadosamente con un muy buen óleo o esmalte para protegerlo del agua y vapor de agua. Alternativa mente se puede utilizar metal. Por ejemplo cinc o planchas delgadas de aluminio. Son mucho mejores desde el punto de vista de durabilidad, pero el costo y complejidad de fabricación aumenta.

2. La Base

3. Armando los lados

Para la cubierta se utilizan dos vidrios separados por unos 10 milímetros con listones de madera de 10x10 mm o un termopanel. Los vidrios se pegan con silicona a los listones y el termopanel así hecho se pega sobre la cocina. No olvidar dejar espacio para que el vidrio se dilate. También es importante que quede un pequeño marco por fuera del vidrio para que sobre él se atornillen las aletas.
Importante: es frecuente que el vidrio interior se pueda rajar por "shock" térmico.
Esto sucede cuando hacemos una cocina muy bien aislada y se deja que la temperatura suba en su interior a más de 180ºC. Para evitarlo, no dejar la cocina expuesta a pleno sol por más de 30 minutos (abierta) y al abrir la tapa hacerlo **lentamente** para dejar escapar el vapor de agua y hacer que el vidrio interno se enfríe no muy rápido.

La tapa de atrás debe hacerse (idealmente) de terciado marino de unos 20 mm. En un apuro se puede usar Macisa o Trupán. Pero estos materiales se van destruyendo con la combinación de calor y humedad.

3. Poniendo el Aislante

4. La Estructura Armada

También una parte esencial es la pieza en "U" pintada de negro que sirve para convertir la energía del sol en calor. Esta conviene hacerla de plancha lisa de fierro galvanizado de 0,6 a 0,8 mm de espesor.

5. Aquí se ve plancha en "U"

Para **sellar** vamos a usar cola fría de carpintero en muchísimas partes (sella bien y resiste la temperatura, el Agorex no sirve, pues más allá de los 60 a 70º se despega).
Además la silicona para el sellado fino y sellar la unión de vidrios con cocina. El sellado es esencial, pues evita que escape el calor que hemos capturado dentro de la cocina.

Como Construir:
La cocina tiene las siguientes partes fundamentales: el fondo, los lados, la parte delantera, la parte trasera, la tapa, la cubierta de vidrio y las aletas reflectoras.

Todas las piezas deben ser hechas de los perfiles de madera, rellenados totalmente con el aislante y luego forradas por las dos caras con el cholguán. El ideal es atornillar las piezas, pero optativamente se pueden usar clavitos.

En general no nos gustan los clavos, pues con el tiempo se aflojan.
Construya primero los marcos de fondo, lados y tapas, luego forre por un lado (sellando con cola fría), rellene el espacio que queda totalmente con el aislante (sin apelotonar, pero que no queden espacios vacíos) y forre el otro lado. Los costados no los forre por fuera hasta tenerlos instalados en la cocina.

Construya primero el fondo, dejando que la base asome por los dos lados para fijar luego los costados. Una vez instalados los marcos frontal, trasero y laterales, ponga aislación y forre (cuidando sellar con cola fría).
Es recomendable sellar las piezas entre sí con silicona. Esto para que no queden rendijas.

La **tapa** también lleva un marco interior aislado. Este marco debe tener un bisel, para que abra y cierre bien. Use buenas bisagras. Para cerrar la tapa, utilice una buena **tranca**, pues es esencial para un buen sellado. En el **Anexo** se muestran algunos detalles constructivos de diversos modelos.
Una vez armada la estructura de la cocina, se debe **pintar** cuidadosamente. El interior píntelo con pintura de **aluminio** y el exterior píntelo con buen esmalte u óleo resistente a la intemperie de algún color que les agrade.

En forma separada pinte la tapa. Una vez pintada y seca, ponga burlete de goma en el interior, de manera de sellar cuando la tapa cierra. Para una cocina más sencilla, puede reemplazar el burlete de goma por espuma de poliuretano (como la que se usan en los colchones) de unos 20 mm de espesor. Pero el ideal es el burlete, pues sella mejor.

A continuación redactaremos unas ventajas y desventajas de las cocinas con las que se trabajo este proyecto.

VENTAJAS

- Una de las ventajas que se pudo constatar es que la comida no se quema y no necesita continua supervisión, permitiendo dedicar tiempo a otras tareas.
- Conservan mejor los nutrientes de los alimentos.
- Ayuda con el ecosistema ya que estas no contaminan, como lo hacen las cocinas de GLP.
- Son seguras ya que no pueden causar incendios.
- Al ser solar, no produce humo, y se evitan riesgos en el enfoque que concierne a la salud, especialmente en ojos y pulmones.
- La comida permanece caliente varias horas después de haber sido cocinada.
- Son fáciles de utilizar, ya que cualquier persona lo podrá hacer.

DESVENTAJAS

- Se cocinan los alimentos en tiempo estimado de tres horas mientras que en las cocinas de GLP es mas rápido la cocción
- Que si no hay presencia de sol no cocina y deja los alimentos crudos.
- Depende de las condiciones del tiempo para poder cocinar. No es posible en invierno con días nublados o con lluvia.
- Cocinan alimentos suaves como Pollo, fideo, papa, guineo, etc.
- En estas cocinas no se puede freír.
- Solo se puede ocupar de día.