

Sistema de refrigeración solar por absorción para la comunidad de Kumay en la provincia de Pastaza

Kumay ayllullaktapak Pastaza markapi inti tsunkashpa chiriychinawan katin llankay

José A. Romero, Tania Carbonell, Celso Recalde

Huellas del Sumaco

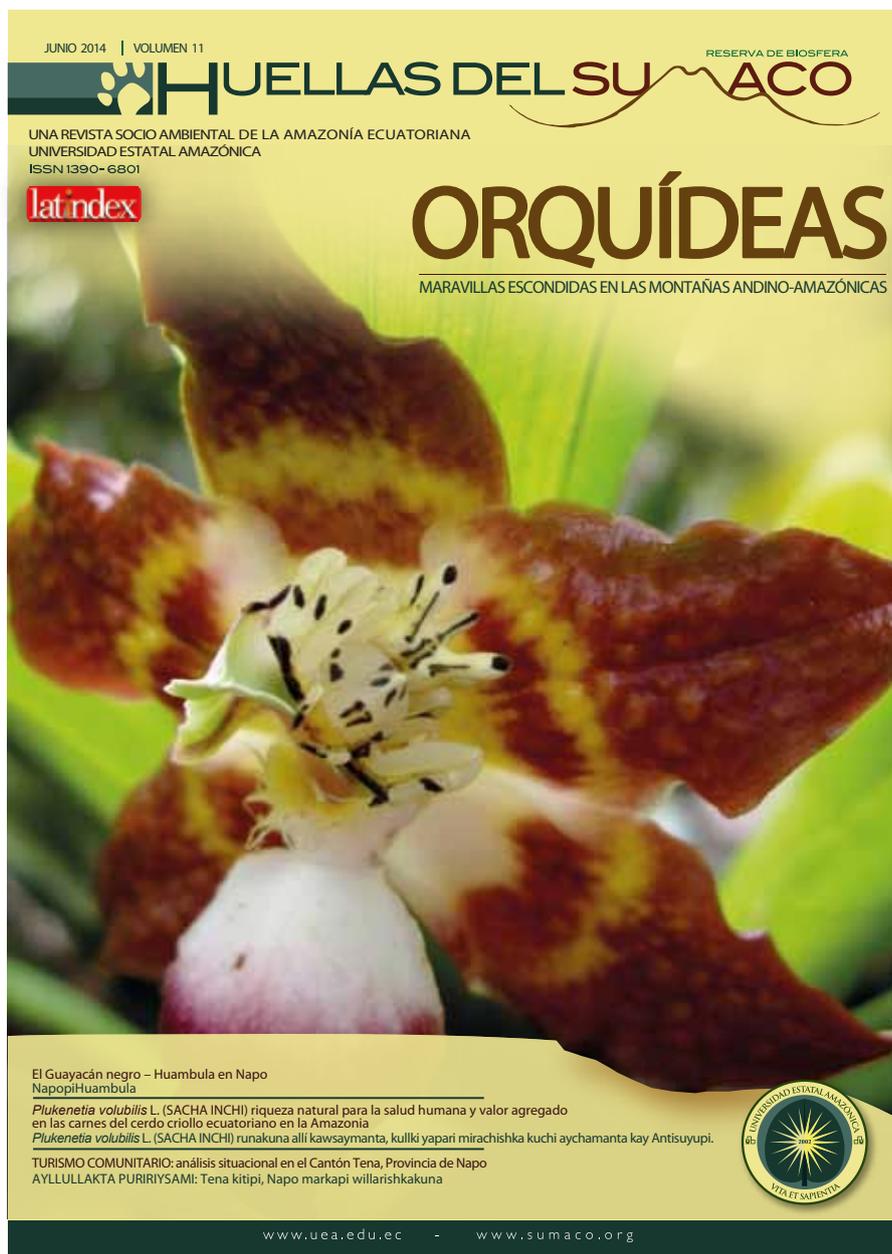
Revista socio ambiental de la Amazonía Ecuatoriana

Universidad Estatal Amazónica

ISSN 1390 – 6801

Volumen 11

Junio del 2014



Sistema de refrigeración solar por absorción en la comunidad de Kumay provincia de Pastaza

Kumay ayllullaktapak Pastaza markapi inti tsunkashpa chiriya chinawan katin llankay

José A. Romero Paguay, M.Sc.
Docente-investigador UEA
jromero@uea.edu.ec

Tania Carbonell, Ph.D.
Experta Consultora Energía Renovable
Cujae, La Habana, Cuba
taniac@ceter.cujae.edu.cu

Celso Recalde, Dr.
Investigación en Energías
Alternativas ESPOCH
crecalde672000@yahoo.com

Recibido: 4 de mayo del 2014
Aceptado: 31 de mayo del 2014

Huellas del Sumaco Vol. 11, pp 32-36,
ISSN 1390 – 6801, Junio del 2014
Universidad Estatal Amazónica,
Puyo-Ecuador

Ecuador tiene como recursos energéticos primarios a los combustibles fósiles: el 82 % de la energía que se consume en el país proviene del petróleo, un 4% proviene del gas natural, lo que representa que actualmente el 86% de la energía depende de los combustibles fósiles y sólo el 14% proviene de fuentes renovables de energía, con el 8% hidroenergía y 6% biomasa en particular leña y caña (SIEE – OLADE, 2012).

El mapa de radiación solar global del Ecuador muestra que sobre el país se reciben valores significativos de radiación solar, con valores promedios entre 3,6 y 5,7 kW.h/m² (INAMHI, 2012), también se han detectado potenciales significativos de viento y biomasa en diferentes zonas del país.

Por lo antes expuesto y dentro del contexto de incrementar la presencia de fuentes renovables de energía dentro de la matriz energética del Ecuador, resulta interesante pensar en el empleo de tecnologías que aprovechen diferentes fuentes renovables de energía. Se tiene en cuenta “además” que en el Ecuador existen muchas zonas aisladas no electrificadas, sobre todo en la provincia de Pastaza (CONELEC, 2009); donde es necesario llevar a cabo proyectos que involucren tecnologías que empleen fuentes renovables de energía y sistemas de refrigeración por absorción, tendría gran impacto social y ambiental.

Siendo una alternativa para las comunidades aisladas y no electrificadas porque permiten incorporar gran diversidad de fuentes energéticas incluyendo las de origen renovable como la energía solar. La comunidad de Kumay tiene uno de los valores promedio más elevados de radiación solar con 4,8 kW.h/m². Esta comunidad tiene un consultorio médico y una unidad educativa siendo una de las necesidades la climatización del consultorio médico

Ecuadorka kallarik ñawpa hillaykuna unaymanta yachaykunatami charin: 82% patsakyay rupaktami yana allpa wiramanta llankarin, 4% patsayka yanka samaymantami shamurin, kunan pachapi kamakpika 86% patsakyay rupakmi ñawpa samay kan, 14% patsakyayka kutin tupaypaklla rupakmantami kan, 8% patsakyay yaku rupay samimantami kan, 6% patsakyayka yantamanta, wirumanta rupayaymantami kan (SIEE – OLADE, 2012).

Ecuadormanta tukuy intimanta allpasuyu rupayachika rikuchin llakta rayku achka chanirik shinatami inti rupay ninaka kan, kasna kamshkakunawan 3,6 y 5,7 kW.h/m² (INAMHI, 2012), chasnallatami rikunakushka wayramanta, ima sami kushnirimanta llaktapi sumak chanirik kashkata.

Ñawpa rimashkamantaka, Ecuador llaktapi tuparinalla rupakmanta yaparinskami rikurin. Kasnami sumakta yuyarichin amawta yachaykuna llankay samikunapi kasna nina rupakyachishka shinakunawan. Chasnallata Ecuador llaktapi tyanmi mana tukuy kuskapiki sintiyka (energía) tyan, imashina Pastaza markapi (CONELEC, 2009); chaymami hatun llankaykunata yaykunachinkapak, apankapak mutsurin tukuy sami llankaykunata mushukyachishpa charinkapak, chiriya china samimanta llankapika allitami runakunapak, sachakunapak tyanka.

Astawan karu ayllullaktakunapaka sumakmi kan, wasikunapika mana tyabchu sintiykka, chaypimi yaykun sachakunamanta sumak samana wayra, chasnallata intimanta. Kumay nishka ayllullaktaka intimantami achka chanirishka rupaktaka charin 4,8 kW.h/m² tuputa. Kay ayllullaktaka hampirina kuchutami, yachachina kuchutami charin, kay ishkyakunami chay ayllullaktapika sumakta yachashka kan. 1 shuyuyka, rikuchinmi imashina intimanta rupayta aysashpa chiriya chinata charin (López, 2010).

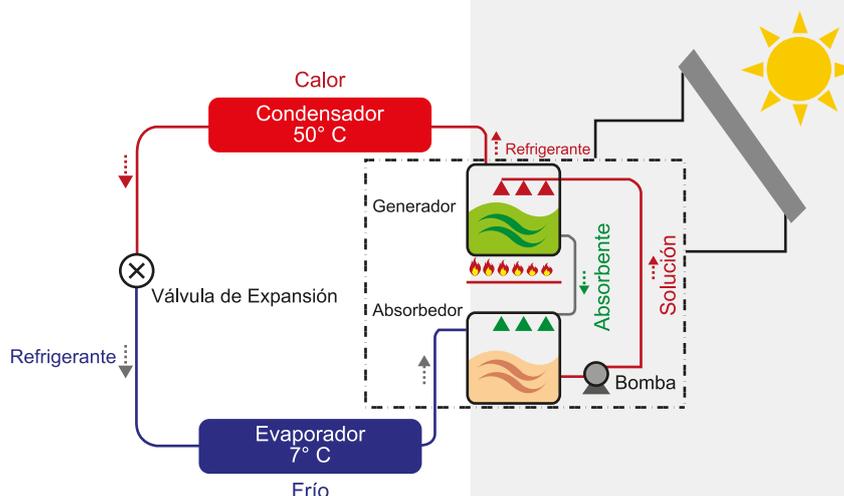


Figura 1. Sistema de refrigeración solar por absorción.
Fuente: Estado del arte de las distintas tecnologías de refrigeración solar (López, 2010)

debido a la importancia que tiene este servicio para la comunidad. La Figura 1, muestra el esquema de un sistema de refrigeración por absorción que emplea energía solar (López, 2010).

El funcionamiento de una máquina de absorción es posible mediante el intercambio de calor con cuatro focos: generador, absorbedor, condensador y evaporador. La máquina de absorción se puede dividir en dos estados de presión: el de baja presión, donde operan el evaporador y el absorbedor; y el de alta presión, donde trabajan el condensador y el generador o desorbedor.

Los captadores al vacío se fabrican típicamente en un diseño de tubo de vidrio, es decir, un absorbedor metálico insertado en un tubo de vidrio evacuado, para resistir la diferencia de presión entre el vacío y la atmósfera. Diagramas esquemáticos de este captador se muestran en la Figura 3.

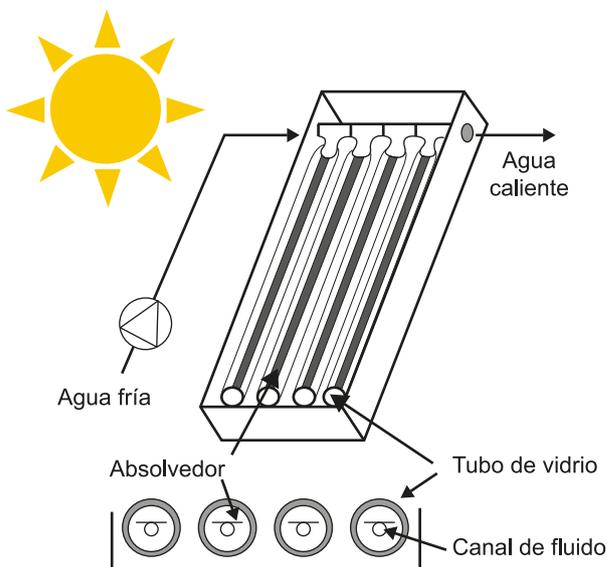


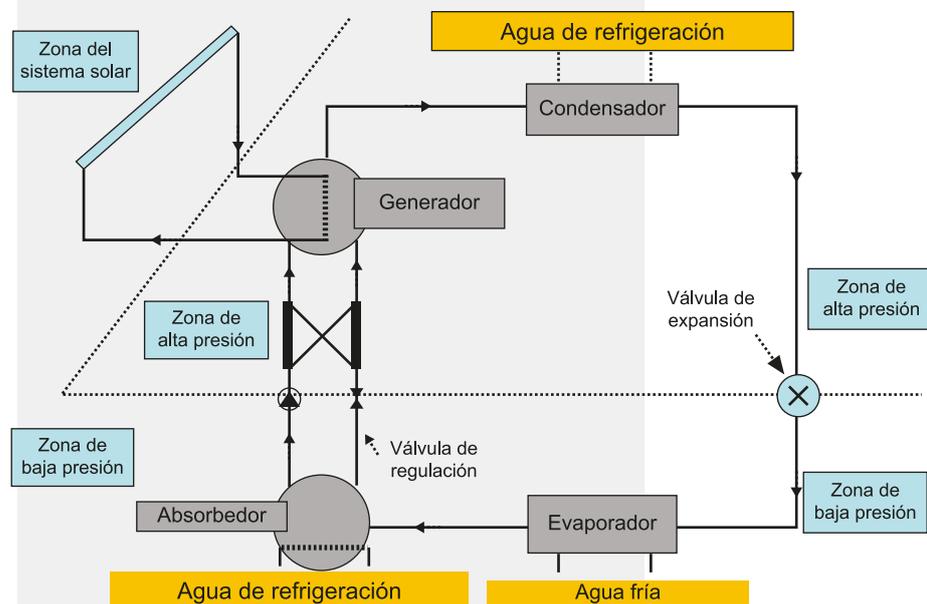
Figura 3. Captador solar de tubos al vacío
Fuente: 31 Jornada de refrigeración (Kim and Ferreira, 2008)

Para conocer la necesidad de frío del consultorio médico es necesario realizar el cálculo de la carga térmica. Para esto se utilizó el programa informático Carrier; los valores de coeficientes globales fueron tomados de (Carrier, 2007), para introducirlos al software. Se tiene que considerar las condiciones exteriores y las interiores. En la Tabla 1, se puede observar el resumen de las condiciones exteriores de cálculo introducidas en el programa.

Dentro de las condiciones interiores se debe tomar en cuenta que el consultorio médico a climatizar tiene una extensión total de 54 m², distribuidos en una planta, cuenta con cinco ambientes: recepción (19,38 m²), enfermería (8,75 m²), atención médica (8,75 m²), sala de observación (14,00 m²) y baño (3,12 m²); la altura de las paredes en el interior del consultorio médico tiene 2,4 m.

Willashkaman aysakkunaka rurarinmi shuyushpa kishpi (vidrio) puysu (tubo) rurashka, rimakpika shuk aysak antachik (metal) yaykuchishka puysuwan, shinchi aysachikwami shinchiyachinka kay willakwan, hawa wayrawan. Kasna yachanata rurashkatami kimsa (3) shuyuyupi rikuna ushankichi.

chirimanta mutsurishpa riksinkapak, hampirina kuchumanta mutsurina ruray tyanmi kipukamayuk yachay kamayka. Kasna rurankapakmi Corrier yachachina llankaywan rurashka kashka, tukuypak kinri niki chanichishkami hapishka kashka (Carrier, 2007), software nishkaman yaykuchinkapak. Pakllapi, ukuypi tyakunatami usharin charinkawan. Kay 1 kaspipika, rikuna usharinmi pakllapi kipukamayuchishpa yaykuchishkata, kasna



En la figura 2, aparecen todos los componentes de una máquina de simple efecto.

Astawan imashina ukuypi riparanami kan hampirina kuchuka kunukyachinkapak charinami kan 54 m² pampata shuk wasipi rakirishka shina, chaypimi 5 chaskina kuchuna tyan (19,38 m²), hampirichina kuchhu (8,75 m²), hampina kuchu (8,75 m²), rikuna kuchu (14,00 m²), ishpana-ismana kuchu (3,12 m²); hampirina kuchupi tyak kinchakuna charinmi 2,4 m tatkikunata. Chaypi llankak runakunaka kimsa purami kanun, shuk chaskik, shuk hampirichina warmi, shuk hampik, paykunami 8 sayllakunata karan puncha llankankuna, kasna sami llankaypika kay chaskina kuchupika 12 runakunami tyana ushanun hampirinata munashpaka. Hampirina kuchu ukupika 24°C rupakmi tyana kan, chasnallata 60% patsakyay chiri kuchukunapi tyana kan.

Tabla 1. Condiciones exteriores de cálculo

Localidad	Kumay– Pastaza
Altitud	953 msnm
Latitud	0°59'1"
Velocidad del viento	1,9 m/s
Temperatura seca exterior máxima	30°C
Humedad relativa	65%

El personal de trabajo está constituido por tres personas, una recepcionista, una enfermera y un médico, los cuales trabajan ocho horas diarias, para este caso se estima un número máximo de 12 personas en la recepción para recibir atención médica. En el consultorio médico se desea mantener una temperatura en su interior de 24°C con 60% de humedad relativa en los ambientes.

Se calcula la carga sensible total y la carga latente total, la suma de estas dos cargas es la carga total existente en el local, según la ecuación (1).

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{latente}} + Q_{\text{sensible}}$$

Los resultados obtenidos en el proceso de cálculo de carga del consultorio médico, se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados del cálculo de carga

Descripción del sistema	Consultorio médico
Carga sensible total del sistema (kW)	5,9
Carga latente total del sistema (kW)	3,2
Carga total (kW)	9,1
Carga total (TR)	2,6

En el Consultorio Médico la carga total a vencer es de 9,1 kW, lo que equivale a 2,6 toneladas de refrigeración (TR). Se seleccionó el colector (captador) de tubos de vacío Thermomax modelo Solamax 30; este tipo de captadores permiten llegar a temperaturas de hasta 120 °C. Empleando este tipo de captador solar el sistema de refrigeración puede alcanzar un coeficiente de desempeño (COP) alrededor de 0,76. Para calcular la cantidad de colectores que se necesita, se calcula el área de los colectores solares, empleando la ecuación (2).

$$Ac = \frac{QE}{ncxGxCOP_{\text{maquina}}}$$

Donde:

QE = calor extraído del evaporador (kW).
nc = eficiencia de los colectores solares.
G = irradiación estándar para Ecuador (625 W/m²).
COP = coeficiente de funcionamiento de la máquina de refrigeración.

Tariparinmi tukuy yaachaywaklla samita, chasnallata tukuy riparaywaklla samita, ishkaytikta yapakpika yacharinmi tukuy llashay tyaymanta, imshina tyaymanta (1).

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{latente}} + Q_{\text{sensible}}$$

Tupashkakunaka kanmi yupashka shina llashay ñampi hampirina kuchupika, rikuchinmi 2 kaspi.

Hampirina kuchupi yallina tukuy llashaka kanmi 9,1 kW kamay, kaymi kasna 2,6 chanirin achka llashakayayta chiryana samipika (TR). Akllarishkami puyshukunata willashkamanta akllak Thermomax modelo Solamax 30 nishka; kaysami akllakunami kasna 120 °C paktana rupakkaman ushachin. Kay sami intimanta aysakta llankashpami kipa chiryay samima rurarin (COP) kasna 0,76 nikikaman. Aysak pallaykunata nikiyachishpa kamankapakmi mutsurin imashina mayanta aysak pallaykuna rurashkata tupunkapak, nkjikikuna samikunawan tinkuchishpa (2).

$$Ac = \frac{QE}{ncxGxCOP_{\text{maquina}}}$$

Maypi:

QE = kushniyaymanta rupakta llukchishka (kW).
nc = intimanta aysak samita kikin ruray.
G = Ecuadorka kikin achikyachik (625 W/m²).
COP = chiryachina hillantata kuyurichina.

Hampirina kuchupi imashina chiryachina mutsurishkami, chasnallata ima shina tupuna kullu tupaykuna hillantata akllanami kanka 10 kW yachay-samiwan, imashina kay 3 kaspikunawan katuna rantina wasipi shukllayachishka shina.

Kamupi kamshkapika achka sami intimanta chiryachinakunaka llankarinmi Climate Well hillantawan kay 34% patsakyay ruraywan kasna tukuy katuy ranti kuskapi (Mugnier, 2010)

Intimanta rupayta aysana pampaka mutsurinmi chay hillanta kuyurichun nishpa, kamashka 2 niki tinkuchiwan, karkami 30,3 m² tatkuyay, rimakpika 30 m² takti. Puyshukunata aysakkunaka Solamax 30 willashkaman, charinunmi 3,05 m² taktita, tukuyapak shinaka mutsurinmi 10 aysak kamashkakunata.

Tabla 3. Máquinas de absorción de simple efecto de baja potencia

Fabricante	Producto	Q _E (kW)	Disolución	T _G (°C)	COP	Dimensiones (L x D x H) (m)	Peso (kg)
Phoenix	-	10	LiBr/H ₂ O	85/95	0,70	-	-
ClimateWell	ClimateWell 10	10	LiCl/ H ₂ O	90	0,70	1,20 x 0,80 x 1,60	875
Sonnenklima	Suninverse 10	10	LiBr/ H ₂ O	65/75	0,77	1,13 x 0,80 x 1,96	550

De acuerdo a la necesidad de enfriamiento en el consultorio médico y según los resultados obtenidos de la carga térmica, se pueden seleccionar las máquinas de absorción de simple efecto de baja potencia de 10 kW que están operando actualmente en el mercado como se resumen en la Tabla 3.

Según estudio bibliográfico la mayoría de las instalaciones de refrigeración solar utilizan la máquina ClimateWell ocupando el 34% del total del mercado (Mugnier, 2010).

El área de los captadores solares requerida para que funcione dicha máquina, calculada por la ecuación (2), fue de 30,3 m², es decir 30 m². Los captadores de tubo al vacío Solamax 30, tienen un área de absorción de 3,05 m² requiriéndose un total de 10 captadores con estas especificaciones.

El esquema del sistema de refrigeración solar por absorción propuesto se indica en la Figura 4.

El sistema de enfriamiento solar que se ha propuesto para la comunidad de Kumay está compuesto por: una máquina de refrigeración por absorción, simple efecto, el campo de colectores solares, un intercambiador de calor y un sistema de distribución de aire. Siendo el corazón la máquina de refrigeración ClimateWell 10 y el sistema de captación de energía solar.

Debido a que la comunidad de Kumay está asentada en la cuenca amazónica, que es una región extremadamente sensible desde el punto de vista ambiental, pues está llena de recursos (agua, flora, fauna, biodiversidad, petróleo, minería entre otros) y con una biodiversidad autóctona e inigualable, emplear tecnologías limpias o de bajo impacto y sobre todo que empleen fuentes renovables de energía tiene gran importancia para el desarrollo de esta zona y es de interés del gobierno ecuatoriano promover proyectos de este tipo, pues se encuentra inmerso en aumentar la presencia de las fuentes renovables de energía en su matriz energética.

Inti katin aysak chiriyachik churashkaka rikuchinmi 4 nikipi.

Kumay ayllullaktapak inti katin chiriyachina rimashkakami shuk hillantawan chapushka kan chiri aysankapak, inti rupayta pallaykuna pampami kan, chasnallata rupayta turkachikuna, wayrata chikanyachikuna. Kasna kashpami kikin hillanta shunku chiriyachina shina ClimateWell 10kan, katin inti rupay shinata.

Imashina Kumay nishka ayllullakta tuparinmi Antisuyu mayukuna llukshishkapi, kasnami achka sami rikucrik sumak kawsaywaklla sachakuna kan, kasnami tapakta ima samikuna tyan (yaku, yurakuna, wiwakuna, tawkakawsay, allpa wira, hillatkuna, rimajpika ima samikuna) kaykunamanta imakuna mana paktaywakchu kan, chasna kashkamantami alli amawta yachay llankaykunawan rurana kanchi kasna alli kawsaykunata ama waklichinkapak, imakunata llankashpaka kutin sachayaywaklla llankayta charina kanchi, kasnami Ecuadormanta apukka allita kushiyachina kan tukuy runakunata sumakta llankashpa kawsankapak, alli llukshik sachamanta rupakkunawan llankay kawsay charinkapak.

Kay llankaypimi tuparin katin aysashpa chiriyachikta inti rupaywan ima shina hampirina kuchuta kunukyachinkapak kay Kamuy nishka ayllullaktapi, Ecuador Pastaza markapi. Chayllaytami katin chiriyay aysaytaka intimanta rurashka kan, kasna rurankapakka shuk hillanta chiriyachina aysakwan llankana kan, ClimateWell 10 nishkawan, kasnami 10 kW kamak shinchiyay shina kan, chaypimi ishkayay litio kachi, yaku shinawan llankashka kan tsunkarik shina, 10 katin willak puyshu shinakunawan katurishkakuna kay Thermomax, modelo Solamax, katin shinalla yanapaykunawarawashkawan.

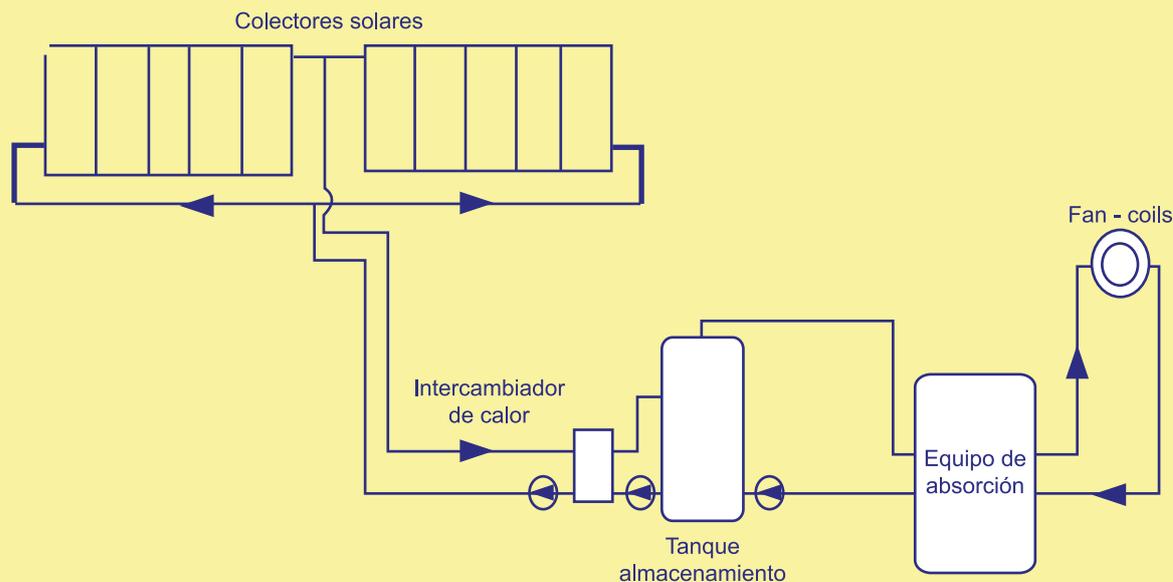


Figura 4. Sistema de refrigeración solar por absorción.

En este trabajo se muestran a los sistemas de refrigeración por absorción con energía solar como a una alternativa para climatizar el consultorio médico de la comunidad de Kumay de la provincia de Pastaza en el Ecuador. En el mismo se propone un sistema de refrigeración por absorción con energía solar, compuesto por una máquina de refrigeración por absorción, marca ClimateWell 10, simple efecto con 10 kW de potencia, la misma utiliza el par cloruro de litio y agua, como absorbato y absorbente, un sistema de 10 colectores de tubo al vacío comercializados por la firma Thermomax, modelo Solamax y los sistemas auxiliares.

Con este sistema se mejorará la calidad de vida de los habitantes de la Comunidad de Kumay, pues se generarán empleos, se incrementará el confort y la calidad de los servicios médicos que se prestan en esta instalación. También se generarán nuevos conocimientos en la población por la divulgación y capacitación sobre el empleo de estos sistemas, sobre las fuentes renovables de energía y su empleo que deberá llevarse a cabo en la Comunidad. Desde el punto de vista ambiental estos sistemas se encuentran entre los catalogados como de bajo impacto ambiental.

Bibliografía

- SIEE – OLADE. 2012. Estructura de la Oferta de Energía Primaria. Consulta el 10 de septiembre del 2012. Disponible en: www.ceda.org.ec/descargas/publicaciones/matriz_energetica_ecuador.pdf.
- INAMHI. Irradiación solar global anual promedio en el Ecuador. Enero 2010. Consulta: 17 de septiembre del 2012. Disponible en: www.inamhi.gob.ec/index.php/paute.
- CONELEC. Plan Nacional de Electrificación 2009 – 2020, en Cobertura eléctrica nacional a nivel parroquial. Enero 2009. Consultado el 10 de septiembre del 2012. Disponible en: www.conelec.gob.ec.
- López, J. 2010. Integración de sistemas de refrigeración solar en redes de distrito de frío y de calor, Tarragona, España. Universitat Rovira I Virgili. Junio 2010. Consultado el 24 de septiembre del 2012. Disponible en: www.tesisenxarxa.net.
- Carrier, L. 2007. Manual de refrigeración y aire acondicionado. Editorial Marcombo S.A. 2007 ISBN 9788426714992.
- Mugnier, D. 2010. Solar cooling economics. En: The Task 38, Solar Air Conditioning and Refrigeration Workshop, SHC, Orlando. 2010. Consultado el 17 de junio del 2013 Disponible en: http://www.rhcplatform.org/fileadmin/2013_RHC_Conference/Presentations/Tuesday_23rd_April/Session_E/1/Daniel_Mugnier.pdf.
- Kim, D.; Ferreira, I. 2008. Solar refrigeration options a state of the art review. En: The International Journal of refrigeration, vol.31. 2008. Consultado el 15 de febrero del 2013. Disponible en: <http://www.journals.elsevier.com/international-journal-of-refrigeration/>.

Kasna llankaywanmi alliyanka kay Kumay nishka ayllullaktapi kawsak runakuna, kasna rurakpimi ima sami llankaykunaka tuparinka, chasnallata yaparinkami sumak kawsay, unkushka runakuna chayi allita hampirishpa katinkapak. Chasnallata yaparinkami ayllullaktapi mushuk riksinakuna yuyaykunata willarishpa, kamachinakunata sumakta uyasha chaskishpa alli llankaykunata tupankapak, imashina llukshik rupakkunamanta, ima tunu llankaypash ayllullaktamantami kallarinaka paktalla killkayachishka paktalla sacha rikuri samikuna.