

## ENERGÍAS RENOVABLES Y BIENESTAR HUMANO EN LA SIERRA DEL PERU

**Ing. Luciano Ré Riva** – intisolar@bluemail.ch

Misión Belén Immensee, Suiza

**Tec. Roberto Carlos Vera Medina** – cver\_info@yahoo.com

Taller Inti, Espinar, Cusco

### 11. Impacto social, económico y ambiental de las energías renovables

**Resumen.** El Peru es uno de los países que a nivel mundial presenta uno de los más grandes potenciales en Energías Renovables. Sin embargo, según el último informe de Desarrollo Humano del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) del año 2009, escasos índices de densidad del estado (IDE), bajas tasas de asistencia neta a la escuela secundaria, escasa presencia de médicos y puestos de salud como también muchas viviendas que no cuentan con sistemas básicos de agua desagüe y luz eléctrica complican y dificultan un sano desarrollo humano de la población de la sierra peruana. Con índices de desarrollo humano (IDH) entre el 0.44 y 0.56 muchos distritos de la sierra del Peru demuestran múltiples dificultades en temas de salud, educación e ingresos económicos. Paradójicamente, justamente las zonas que demuestran bajos IDH son las que más cuentan con recursos renovables abundantes e inagotables. Con una energía solar que se acerca de los 6[kWh/m<sup>2</sup> día], unas precipitaciones pluviales anuales que rodean los 800[l/m<sup>2</sup>] y un potencial eólico de unos 60[W/m<sup>2</sup>] a 80 metros de altura, como se explican los IDH que se han medido por parte del PNUD?

Justamente estos recursos renovables son los que el Taller Inti en colaboración con diferentes organizaciones y personales locales, nacionales y extranjeros ha ido evaluando y monitoreando durante ocho años de trabajo en Espinar, una de las trece provincias más altas del Cusco. Resultado de este trabajo son nueve tecnologías perfectamente adecuadas a la población andina y su entorno. “La tecnología adecuada, con el justo precio en su lugar propio” es el lema y el análisis bajo el cual han sido analizadas todas tecnologías renovables desarrolladas e implementadas. En una escala de apreciación por parte de la población local encontramos las siguientes tecnologías que son el tema de este artículo: I)Las Viviendas solares activas, II)Los Fogones mejorados, III)Los Sistemas fotovoltaicos, IV)Las Eólicas de eje vertical, V)Los Sistemas de bombeo, VI)Los Invernaderos familiares, VII)Las Duchas solares, VIII)Las Cocinas solares y los Hornos solares.

**Palabras-clave:** Viviendas, Fogones, Energía solar térmica y fotovoltaica, Eólicas, Sistemas hidráulicos,

#### 1. Introducción

La provincia de Espinar es una de las trece provincias de la región Cusco. Además es una de las provincias más alta del departamento Cusco y cuenta con 63'000 pobladores de los cuales unos 36'000 viven en el ámbito rural. La Provincia de Espinar con un IDH de 0.56 se coloca en la posición 114 de 194 provincias que cuenta el Peru. Seis de los ocho distritos de la provincia tienen IDH inferiores a 0.55 quedando entre la posición 1'219 y 1'604 de los 1'828 distritos del Peru. Bajos IDH significa desnutrición, escasa higiene, mortalidad infantil elevada; significa también vivir en una vivienda sin agua, sin desagüe, sin luz eléctrica y ningún tipo de confort, el segmento de la población que más sufre de esta situación son los niños, las mujeres y las personas de edad avanzada.

Hace más de ocho años hemos empezado un proyecto de desarrollo sostenible trabajando con las bondades que nos regalan las Energías Renovables. En Espinar mismo tenemos una de las irradiaciones solares más fuertes del mundo, medimos diariamente entre 5 y 7[kWh/m<sup>2</sup> día]. Desde hace ocho años trabajamos con diferentes tipos de viviendas, fogones mejorados, sistemas de electrificación fotovoltaicos, sistemas de bombeo, invernaderos familiares, duchas solares, hornos y cocinas solares y ahora ultimo eólicas de eje vertical. Los conocimientos básicos de estas tecnologías se han ido difundiendo a través de cursos de introducción a las Energías Renovables y otros talleres prácticos-teóricos. Después de haber capacitado y formado miles de personas en las diferentes tecnologías estamos seguros que sí el uso de las ER puede mejorar la calidad de vida y puede desarrollar movimientos económicos. Cientos de hornos, duchas, cocinas solares, invernaderos y decenas de paneles fotovoltaicos instalados nos demuestran que estos cambios están en camino.

Los ocho años de experiencia en la zona altoandina del Peru nos han demostrado que los recursos renovables son presentes en cantidad y calidad, solo falta implementar las tecnologías adecuadas en el justo lugar, con el justo precio y siempre en coordinación con la población local. Pensamos que todos tipos de proyectos de desarrollo deben de tener un tiempo importante de trabajo con las bases, se debe de invertir mucho tiempo en la formación de conciencias y por supuesto pensar bien en los temas de empoderamiento de las personas. Con una sana política de prevención podemos evitar que cada año las

regiones de la Sierra del Peru sean declaradas en emergencia y vidas humanas paguen por la falta de algunas tecnologías. Actualmente existen en casi todas municipalidades distritales oficinas de Medioambiente pero en la mayoría de los casos el personal de estas oficina no está formado en temas de desarrollo y ER. A nuestro modo de ver la experiencia del Taller Inti debe ser vertida como politica publica y cada municipio debería de tener su equipo de técnicos que ofrecen servicios a la población en temas de ER como “Service Public”, como por ejemplo la oficina de agua potable y saneamiento básico, reservandole el respectivo presupuesto entre 1 y 5% del presupuesto municipal. Por supuesto estas oficinas serán implementadas tambien a nivel provincial, regional y nacional dentro del ministerio de Medioambiente. Logros y fracasos nos han indicado uno de los posibles caminos que hay que tomar en el ámbito rural del Peru a fin de mejorar las condiciones de vida utilizando las ER y creemos que ya llegó la hora de que las autoridades locales tomen cartas en el asunto y sean los entes que fomenten esto tipo de desarrollo a nivel local regional y nacional.

En seguida un resumen de las nueve tecnologías renovables que debería de implementarse a nivel distrital:

## I.) LA VIVIENDA SOLAR ACTIVA

### I.I) Introducción

El cuerpo humano se siente bien, “cómodo”, entre 18[°C] y 28[°C] con una humedad relativa que varía entre los 20[%] y 50[%]. El aire no debe de moverse a más de 0.1[m/s] para no provocar sensaciones de frío por de bajo de los 25[°C]. Una casa del siglo XXI debe de contar con los servicios básicos:

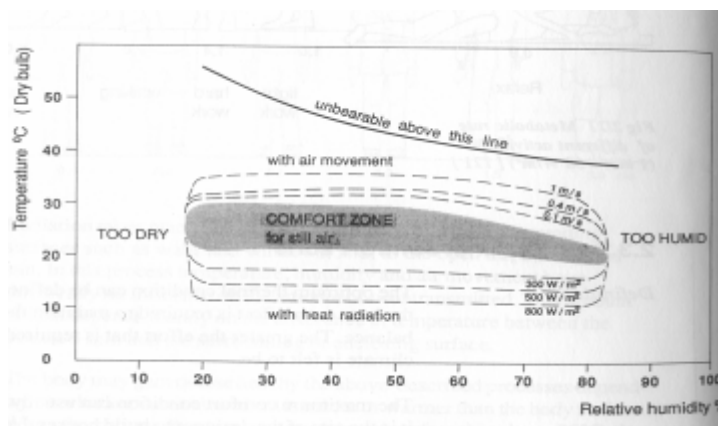
- Agua potable las 24horas del días
- Desague controlado
- Sistema de cocción y calefacción
- Electricidad
- Sistema de agua templada

Mejorar así la dinámica familiar al interior de la casa, cosechar y almacenar la energía del sol en el adobe trabajando a través de tragaluces activos, uno en cada cuarto. El involucro habitativo debe ser bien aislado con aire y paja. Podemos alcanzar temperaturas entre 22[°C] y 12[°C] día y noche con temperaturas externas que llegan hasta los -20[°C]. Con materiales sencillos, biodegradables, barro, paja, esteras, madera, piedras. Existen también modelos de construcciones antisísmicas en adobe (UNSA Arequipa).

#### El mapa bioclimatico (Bioclimatic Chart):

Los cuatro factores más importantes que definen el confort de un ambiente son:

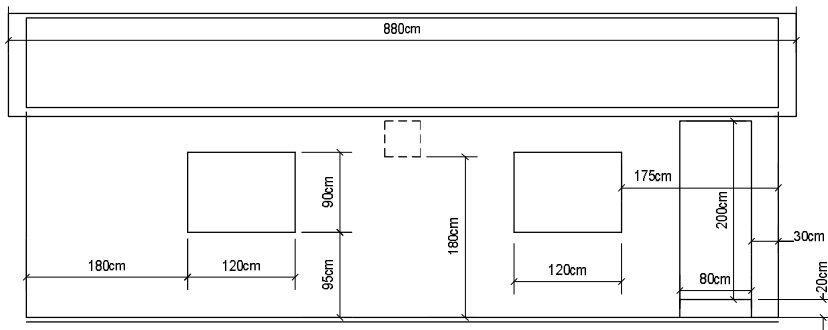
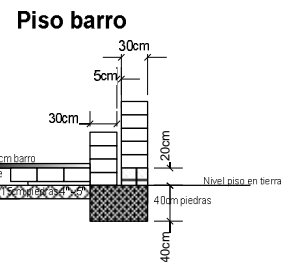
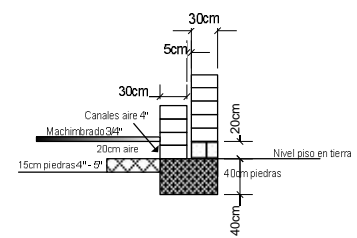
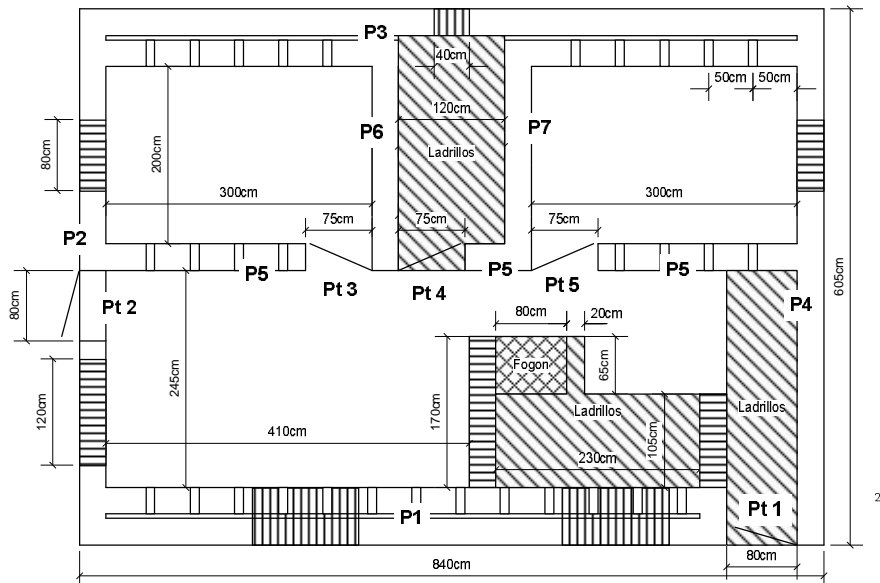
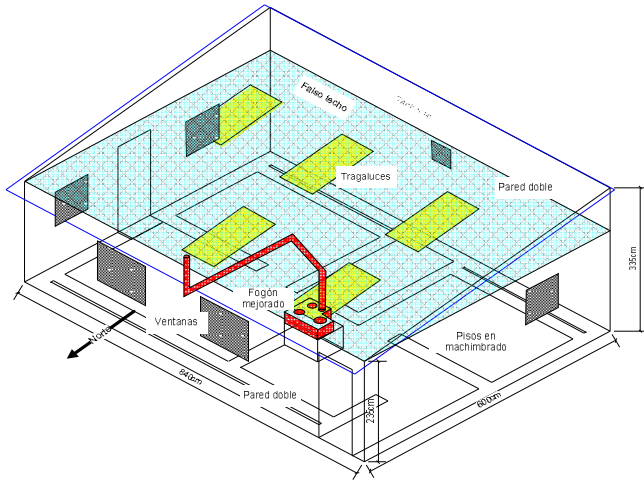
- Temperatura del aire
- Temperatura de las superficies
- Humedad relativa
- Velocidad del aire

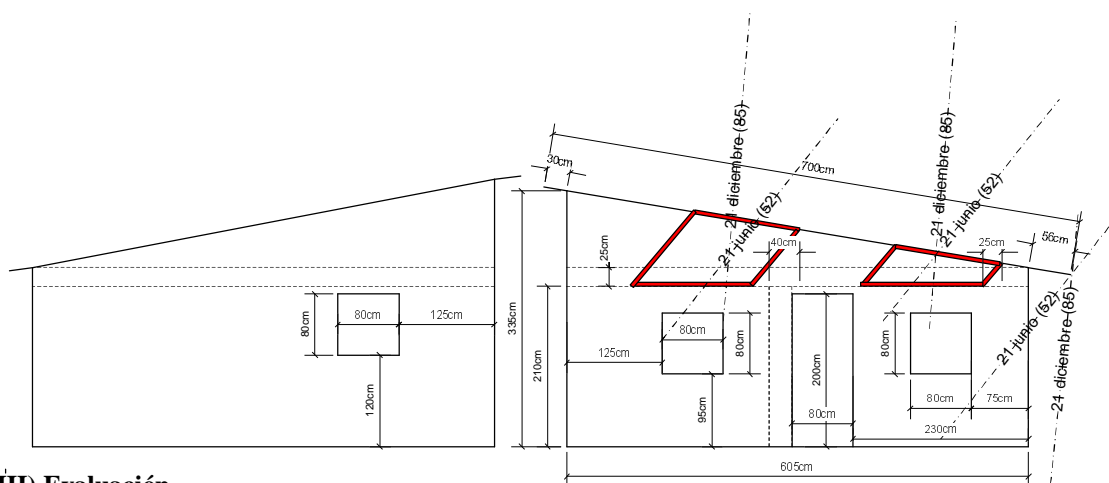


### I.II) Construcción

Para crear un ambiente de vida confortable durante las 24 horas del día tenemos que cosechar la energía solar a través de un involucro semi-transparente de día y bien aislado para el transcurso de la noche. La vivienda solar que presentamos es una vivienda “solar activa” asi definida porque se deben de efectuar algunas acciones para que el sistema de calefacción solar funcione. A través de tragaluces que se quedan abiertos durante el día recibimos la energía solar y la almacenamos en las paredes de adobe. Al ocultarse el sol los tragaluces se cierran con planchas de Technopor de 50[mm] e impiden que se escape la calor o bien que se produzca una “catarata” de aire frío. El adobe es un material muy interesante, almacena la calor y al mismo tiempo regula la humedad, absorbe la humedad que abunda en el aire y la devuelve si el aire se seca; se dice también que el adobe “respira”. Los Andes peruanos se encuentran cerca de la línea del ecuador, es decir que el sol durante el día muy rápidamente sube a un ángulo de incidencia relativamente importante, entre los 52[°] y los 85[°] respecto a la línea horizontal así que a través de las ventanas puestas en las paredes verticales logramos muy poca ganancia solar. Las ventanas no deben ser demasiado grandes para limitar las pertas térmicas pero sí deben dar una sensación de bienestar. El involucro o volumen habitativo lo hemos aislado con aire. El aire es un aislante termico bastante bueno y sobretodo no contaminante y barato. Las paredes norte y sur comportan dos filas de adobes con un espacio de 5[cm] de aire entre ellos. Por debajo del techo de calamina tenemos un “falso techo” que comporta una estructura en sándwich compuesta por la parte inferior de esteras cubiertas por 2[cm] de paja y 2[cm] de barro para impedir el intercambio de aire. Por encima del barro tenemos otros 40 hasta 60[cm] de paja para lograr el efecto aislante deseado y un coeficiente K de 0.174[W/m2K]. El piso

consiste en un vaciado de 40[cm] con 20[cm] de piedras y 20[cm] de aire para impedir el efecto capilar de la humedad. Las tablas de madera (machimbrado) que componen el piso descansan en cima de listones sujetos en amarres de cemento. Los pisos del baño y de la cocina tienen una estructura similar a los pisos de madera, simplemente en cima de las piedras tenemos 10[cm] de piedras finas (hormigón) y ladrillos de arcilla cocida. Solo las paredes este y oeste que tienen superficies relativamente pequeñas no están aisladas, se componen de una fila simple de adobes de 40[cm]x30[cm]x15[cm]. Estas paredes quedan simples en vista de una futura ampliación de la superficie habitativa. En la construcción misma de la casa solo se utilizaron 18 bolsas de cemento, el tarrajeo interno para no “ahogar” los adobes se ha efectuado con una mezcla de 60% de barro y 40% de arena y hasta el momento no se encuentra ningún tipo de rajadura en las paredes.





### I.III) Evaluación

Para la construcción de la casa solar hemos decidido utilizar materiales ecológicos, biodegradables, de bajo costo y de baja carga medio ambiental. En la estructura principal hemos trabajado con adobes, palos rollizos en eucaliptos de la zona, paja y esteras teniendo en cuenta que el costo completo de la casa incluidas las horas de trabajo no debe de pasar los 3'000.-USD. Un análisis de las pertas de calor nos muestra que las pertas mayores se encuentran en las paredes a causa de la fuerte superficie acumulada. La segunda causante de pertas de calor son las ventanas y se ha evaluado la posibilidad de instalar ventanas dobles, posibilidad descartada por su alto costo y se ha optado por la instalación de cortinas de tela bastante gruesa. Las puertas de metal para resistir a las inclemencias de la naturaleza, también nos daban pertas relativamente elevadas así que con una inversión moderada hemos decidido forrar las puertas con 5[cm] de Technopor reduciendo así de casi un 80[%] las pertas de calor a través de las puertas.

A fin de evaluar las pertas de calor y las ganancias que tenemos que lograr con una calefacción alternativa hemos evaluado la casa solar con una temperatura interna de 18[°C], una temperatura del aire externa de -5[°C] y una temperatura del suelo de 4[°C]. Teóricamente, teniendo en cuenta las características térmicas de los diferentes componentes hemos logrado los diferentes datos:

<b>Exemplo :</b>	Temp. Interna	18	[°C]		
	Temp. Externa	-5	[°C]	Diff. Temp.	23 [K]
	Temp. Suelo	4	[°C]	Diff. Temp.	14 [K]

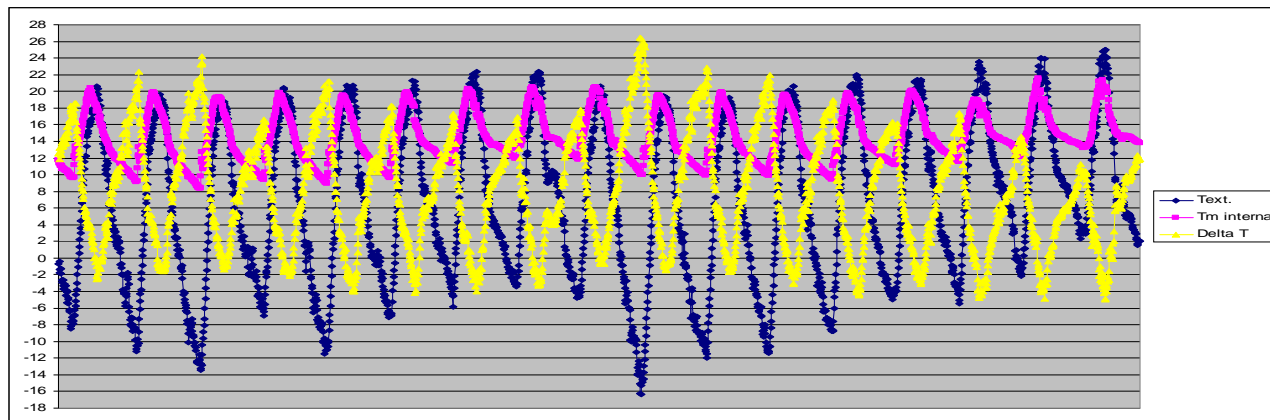
<b>Perdidas relativas</b> [W/K]	Objeto	Pérdidas
		[W/K]
	Paredes	75.0
	Ventanas	26.9
	Ventanas dobles	11.1
	Puertas	14.9
	Puertas aisladas	3.2
	Techo aislado	4.9
	Tragaluces	5.2
	Piso	16.9
	<b>Total estandar</b>	<b>143.8</b>
	<b>Total mejorado</b>	<b>116.3</b>

<b>Perdidas reales</b> [W]	Objeto	Pérdidas
		[W]
	Paredes	1'726.0
	Ventanas	618.7
	Ventanas dobles	255.3
	Puertas	342.2
	Puertas aisladas	73.1
	Techo aislado	112.4
	Tragaluces	120.6
	Piso	387.8
	<b>Total estandar</b>	<b>3'307.7</b>
	<b>Total mejorado</b>	<b>2'675.1</b>

Teóricamente, para lograr y mantener una temperatura interna de 18[°C] con una temperatura externa de -5[°C] es suficiente desarrollar una potencia calorífica de alrededor de 3'000[W], lo que vamos a lograr con el fogón mejorado quemando un kilo de leña por hora durante las tres o cuatro horas de la noche antes de ir a la cama (de 18.00 a las 22.00).

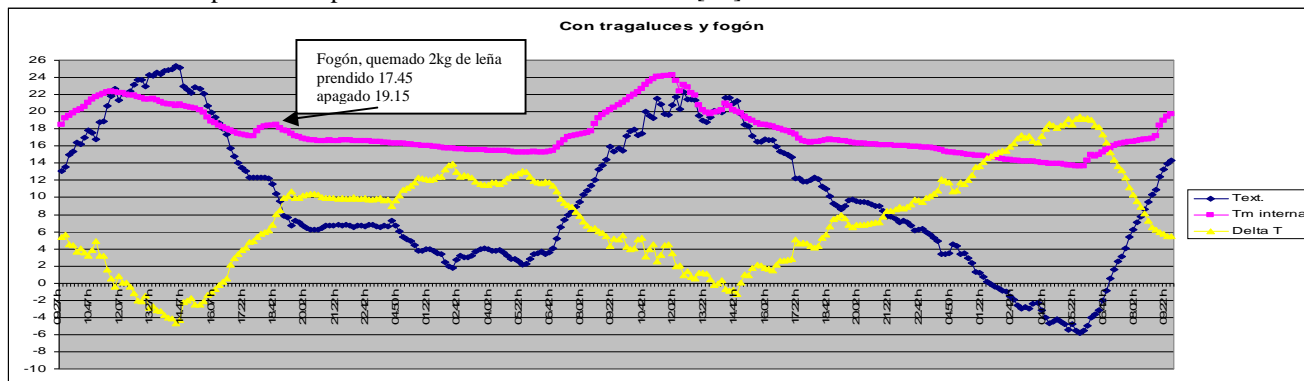
Para poder efectuar una evaluación en tiempo real de la casa solar hemos instalado siete sensores de temperatura y hemos tomado las temperaturas cada minuto evaluando así cada diez minutos un promedio de las medidas el todo gracias a un datalogger. En cada cuarto se instaló un sensor por un total de cuatro. Bajo el techo de calaminas se instalaron otros dos

sensores y al exterior se tomó también la temperatura del aire externa. De las cuatro temperaturas internas se hizo un promedio definido como “Tm interna”. Las medidas han sido tomadas durante 17 días seguidos. Los primeros siete días los tragaluces se quedaron siempre abiertos y los restantes diez días se abrían los tragaluces a las 08.00 de la mañana y se serraban a las 17.00 de la tarde.



El grafico nos muestra como en los primeros días, sin el uso de los tragaluces, la temperatura máxima interna se queda entre los 19 y 21[°C]. La temperatura mínima interna oscila entre los 8 y 12[°C]. Utilizando los tragaluces la temperatura máxima se queda entre los 19 y los 22[°C]. La temperatura mínima oscila entre los 9 y los 13[°C]. Un dato relevante es que durante una noche la temperatura exterior bajó a -16[°C] mientras la temperatura interna se quedó en los 10[°C] es decir que con esta construcción podemos tener hasta 26[K] de diferencia entre interior y exterior. Otro dato interesante es que la temperatura interna utilizando los tragaluces no baja tan rápidamente como cuando no se utilizan los tragaluces.

En el próximo grafico vemos como influye el fogón en el desarrollo de la temperatura media interna. Quemando 2[kg] de leña hemos logrado aumentar la temperatura media de toda la casa de 17 a 18.5[°C] durante casi dos horas. Lo interesante es también que la temperatura mínima no bajó por de bajo de los 15[°C] y al día siguiente la temperatura exterior no fue demasiado elevada pero la temperatura interna subió hasta los 24[°C].



Estos datos nos dan la certidumbre que si la casa solar sería habitada normalmente y que cada noche se quemarían unos dos kilos de leña, es decir la cantidad usual de energía para cocinar la cena, se puede lograr un clima interno totalmente acogedor. Dato importante, hasta la hora de acostarse, al rededor de las 21.00 / 22.00 la temperatura interna de la casa se queda en unos 17[°C].

## II.) EL FOGÓN MEJORADO

### II.I) Introducción

De acuerdo al “XI Censo de población y VI de vivienda 2007”, se refleja en todo el Perú que 2’036’901 hogares (30.2 %) utilizan la leña para cocinar sus alimentos; 282’660 hogares (4.2 %) utilizan la bosta y 170’643 hogares ( 2.5 %) utilizan el carbón. Además en el área rural el 77.4 % utiliza leña y de toda esta cantidad solo el 15.1 % tiene chimenea en sus cocinas (405’475 hogares). La casa, o vivienda en el medio rural no es el ambiente más adecuado para el encuentro de sus integrantes, donde se pueda compartir lo ocurrido durante el día; primordialmente por, a) la falta o escasa iluminación y ventilación en la cocina, b) excesiva presencia de humo que afecta la salud de la familia, c) la mala ubicación del fogón tradicional.

La investigación se realizó en la provincia de Espinar, región Cusco entre los años del 2006 al 2010. En el 2005 hemos empezado con el proyecto de una vivienda solar activa, o vivienda bioclimatizada, la misma que es adecuada al medio rural de la sierra peruana. En ella se considera la importancia de tener un sistema de cocción central, limpio y eficaz. El 2007 se trabaja técnicamente un **“Fogón mejorado” o “Cocina mejorada”**, con un objetivo general de mejorar el bienestar de la familia andina, que implica mejorar las condiciones de preparación de alimentos; mejorar el estado de salud familiar, e integrar en forma armónica a los componentes de la familia al entorno de esta tecnología.

Los objetivos específicos de este estudio son:

- a) Reducir las emisiones de humo que afectan la salud de la familia,
- b) Reducir la utilización de combustible (leña y/o bosta) hasta en un 50%,
- c) Reducir el tiempo de cocción de alimentos,
- d) Disponer de agua tibia para uso doméstico,
- e) Optimo manipuleo de recipientes de cocción de alimentos,
- f) Propiciar un calentamiento del ambiente interior a través de la calor que emite la chimenea,
- j) Acondicionar el fogón mejorado con un horno

Respirar continuamente el humo que se encierra en las cocinas provoca alergias oculares, problemas de sinusitis y altos riesgos de contraer otras enfermedades obstructivas y crónicas como enfisemas y bronquitis, así como infecciones respiratorias agudas, en especial la neumonía, que es la causa de muchas muertes en niños menores de 5 años y ancianos, sin olvidar el alto riesgo de quemaduras. Bernd Hafner en su libro Solar Kocher, manifiesta que una mujer que utiliza una cocina artesanal o fogón tradicional; a diario inhala tanto humo como si estaría fumando entre 20 y 200 cigarrillos. Frente a estos problemas muchas entidades privadas y programas sociales del estado han venido difundiendo la construcción de fogones mejorados con escasos análisis y evaluaciones térmicas y técnicas y con la única finalidad de mejorar la seguridad. De ahí que en julio del 2009 el Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) elaboró un “Reglamento para la evaluación y certificación de la cocina mejorada”, el cuál fue aprobado el 19 de agosto del 2009. Muchas familias campesinas han optado construir su “fogón tradicional” a la intemperie para evitar los excesos de humo, atentando la armonía familiar entre otros.



## II.II) Construcción

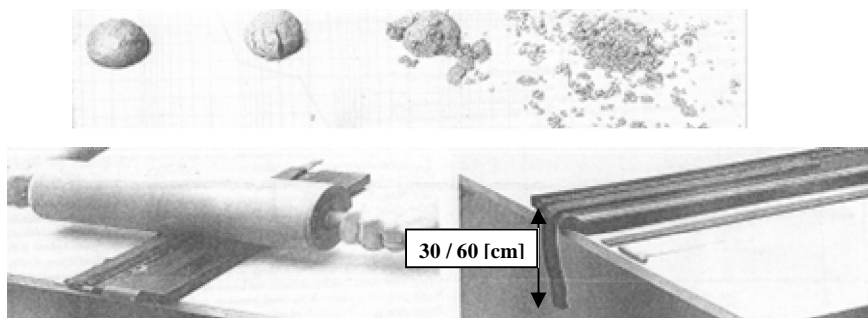
Cada persona, cada familia del ámbito rural es conocedora de la mejor calidad de tierra y mezclas a utilizar de acuerdo al destino que le va a dar como por ejemplo: para elaborar adobes, elaborar ladrillos o tejas, elaboración de ollas, construcción de fogones, etc. Para la construcción del fogón y el horno se utiliza un preparado de “barro” compuesto por tierra, arena, estiércol, aserrín y paja en proporciones técnicas.

En este caso se requiere:

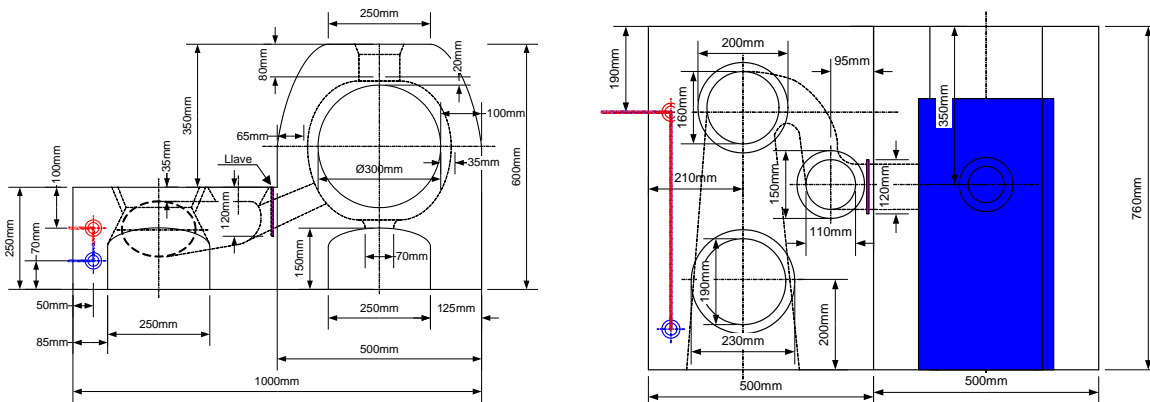
Materiales	Cantidad	Equivalencia	%
Adobes 30 x 40 x 15 cm. ó Ladrillos estándar (kin kong)	30 Unidades 50 Unidades		
Cemento	21 kilos (1/2 bolsa)		
Hormigón	50 kilos		
Tierra tipo arcilla triturada y tamizada	220 kilos	10 baldes	53
Arena fina	50 kilos	02 baldes	12
Estiercol mullido y remojado	25 kilos (seco)	5 baldes	6
Paja picada (5 cm. de largo)	6 kilos	6 baldes	1.5
Aserrín	8 kilos	2 baldes	2
Agua	10.8 kilos	6 baldes	25.5



Para determinar la buena cohesión de la mezcla y el “punto” para su utilización se realizaron la “prueba de cohesión” y la “prueba de la pelota” según el Forschungslabors für Experimentelles Bauen (FEB).



Dibujos del fogón mejorado combinado “Taller Inti”



La salida de humo por la chimenea se gradúa siempre a través de un regulador (mariposa) la misma que está ubicada en la base de la chimenea encima del horno, lo que permite un mejor ahorro del combustible. En principio se gradúa la velocidad de salida de los humos a través de la chimenea.

**II.III) Evaluación**

Según procedimiento de certificación SENCICO  
Energía teórica para la ebullición 5 litros de agua a 4'000msnm

m	5	[Kg]
c	4.187	[KJ/Kg K]
Tinicial	12.5	[°C]
Tfinal	86.8	[°C]
ΔT	74.3	[K]
Q optimal	1,555.47	[KJ]



**Resultados de las pruebas térmicas:**

Primera fase:  
Se quemaron:  
Poder calorífico de la madera de eucalipto:  
Teóricamente en total con una combustión al 100 % se produjeron:

Alto poder (inicio frío)  
0.7 kilos de leña de eucalipto  
10,500 [KJ/Kg]  
7,350 [KJ]

Detalles	masa de agua	T inicial	T final	ΔT	Q absorbida	Eficiencia
Nro. de olla	[Kg]	[°C]	[°C]	[K]	[KJ]	[%]
Olla 1 (O1)	2	12.5	86.8	74.3	622.19	8.47%
Olla 2 (O2)	2	12.5	58.3	45.8	383.53	5.22%
Olla 3 (O3)	1	12.5	36.5	24	100.49	1.37%
<b>Tot.</b>					<b>1,106.21</b>	<b>15.05%</b>

Tiempo transcurrido desde que se ha iniciado el fuego: 23 [min]  
 Potencia neta absorbida por el agua: 801.60[W]  
**Nota :** SENCICO otorga al máximo puntaje con una eficiencia de 8.6 [%]  
 Temperatura de combustión de la leña de eucalipto : 260 [°C]

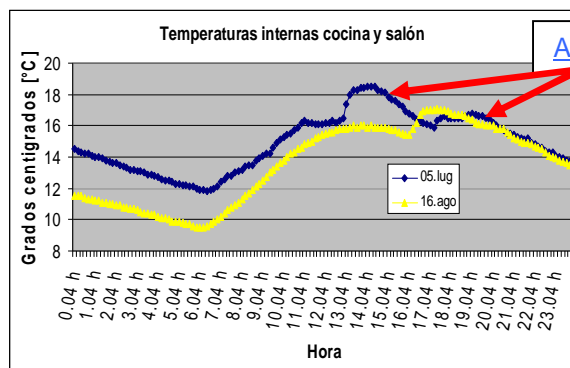
### Temperaturas internas de la casa con aporte de un fogón mejorado

En el caso a evaluar se prendió el fogón mejorado para cocinar alimentos como meta y no la calefacción de los ambientes. Se han quemado 2[Kg] de leña. Con mira a la calefacción de los ambientes el aporte en materia combustible puede ser mayor.

Vivienda con paredes en adobe tarrajado con cemento, piso en mayólicas, falso techo en triplay de 4mm aislado con Tecnopor (polietileno expando) de 5cm.

Superficie interna calentada por el fogón mejorado:  $5,3[m] \times 9,3[m] = 49,3[m^2]$

Volumen interno calentado por el fogón mejorado:  $49,3[m^2] \times 2,3[m] = 113,4[m^3]$



Aporte térmico del fogón

Lectura del cuadro:

- Las 02 curvas muestran las temperaturas internas medidas en fechas diferentes.
- A partir de las 19 hrs. las T° descienden en forma paulatina .
- Al prender el fogón a las 16 hrs. la T° del ambiente comienza a incrementar.

Temperatura externa nocturna mínima: -18[°C]

## III) LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

### III.I) Introducción

En nuestros días es casi común la afirmación de que “la energía es la sangre de la economía” y que la energía es una de las llaves más importantes para el desarrollo. Sin acceso a la energía eléctrica es muy difícil lograr un desarrollo y elevar los IDH. En el campo nos encontramos con índices de desarrollo humano muy bajos y los logros educativos nos dejan en uno de los últimos lugares a nivel continental. Gracias a un Sistema Fotovoltaico Domiciliario (SFD) sencillo con un costo actualmente no superior a los 1'000.-USD completamente instalado, podemos tener luz eléctrica casi gratuita durante muchos años. Si dividimos la inversión inicial por los años de vida de los diferentes componentes, no superamos los 12.- Nuevos Soles por mes. La luz eléctrica nos permite de encender diferentes tipos de artefactos como televisor, DVD y radio que nos permiten informarnos para formar una conciencia ciudadana, sin olvidar aparatos productivos como cercos eléctricos, esquiladoras, sistemas de bombeo etc. Gracias a la luz eléctrica se puede mejorar el hábito de lectura de los niños y de los adultos. Con un SFD no hay ningún peligro de producir incendios.

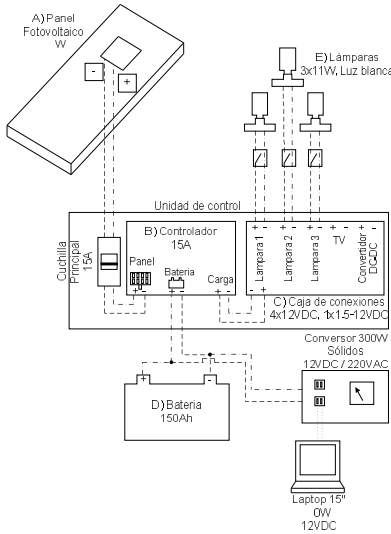
### III.II) Construcción

En temas de Sistemas Fotovoltaicos (SF) como también en casi todas tecnologías renovables, es difícil encontrar un estándar que “calze para todos”. Cada familia, cada persona o grupo de personas, tienen diferentes exigencias dependiendo de sus conocimientos y de sus actividades. Podemos decir que un Sistema Fotovoltaico Domiciliario para la Sierra, en general está compuesto por un panel de 50[Wp] o mejor 85[Wp] para no tener problemas de abastecimiento eléctrico durante la estación de lluvia entre noviembre y abril. En la entrada a la vivienda siempre se prevé una cuchilla principal que el usuario puede bajar para evitar daños en caso de fuertes tormentas eléctricas. Un regulador de 8[A] hasta 25[A] normalmente es suficiente para controlar la carga y la descarga de la batería. En el ámbito rural todavía se encuentran algunas instalaciones que trabajan sin regulador lo que es totalmente incorrecto. Para el almacenamiento de la energía en la zona de la Sierra han dado muy bueno resultado las batería de arranque con capacidades entre los 55[Ah] y los 150[Ah] conectadas en paralelo para capacidades superiores de almacenamiento. Una caja de conexiones con cuatro salidas de 12[VDC] protegidas cada una por un fusible de hasta 2[A] y una salida modulada entre 1.5[V] y 9[V] con un fusible de 1[A] el todo completado por una pantalla digital que muestra permanentemente el voltaje de la batería ha demostrado buena

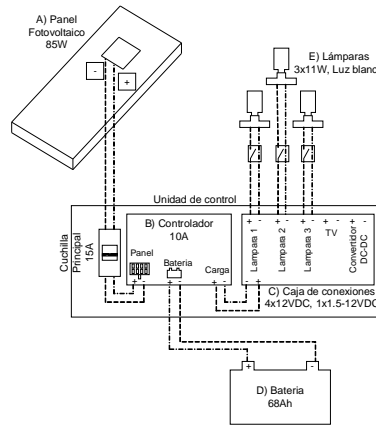


acogida y duración de trabajo. Por la parte de los utilizadores las lámparas fluorescentes están mostrando una buena calidad de luz y duración. El cableado normalmente se ejecuta con cable vulcanizado de 2[mm<sup>2</sup>] entre el panel, la cuchilla el regulador y la batería y la distribución se efectúa con un cable mellizo de 16AWG lo que corresponde a 1.3[mm<sup>2</sup>], el cual tiene una capacidad de 3.7[A].

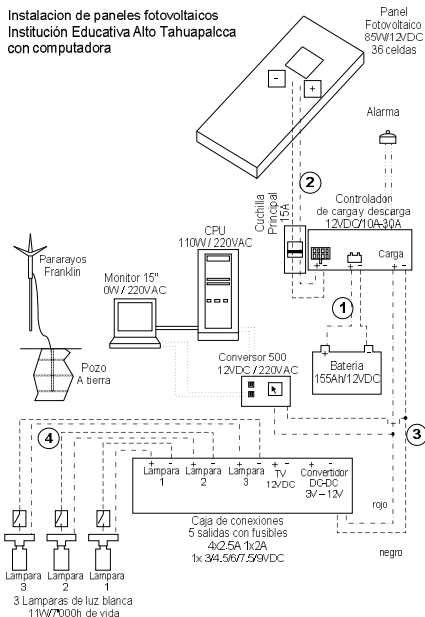
**Sistema Fotovoltaico para IE con Laptop**



**Sistema Fotovoltaico Domiciliario (SFD)**



**Instalación de paneles fotovoltaicos Institución Educativa Alto Tahuapalcca con computadora**



**III.III) Evaluación**

Casi siempre una familia que obtiene un SFD aumenta sus necesidades energéticas y un panel no sirve solo para remplazar las velas, el mechero o la lámpara a petróleo si no más bien da la posibilidad de hacer funcionar aparatos mediáticos como radio, televisor y en muchos casos un lector de DVD's. En este tema de demanda y oferta energética queda la importante tarea del técnico que dimensiona la instalación que haga un balance energético correcto entre el panel que produce la energía durante el día, la batería que debe de acumular toda esta energía y las necesidades energéticas de los consumidores. Vale la pena resaltar que actualmente los gobiernos distritales y provinciales a veces apostan para la energía fotovoltaica mientras que desde el gobierno central se sigue la política del cableado con líneas de mediana y baja tensión que son muy sujetas a las tormentas eléctricas y tomando en cuenta la escasez energética que se vive en el Perú muchas veces el servicio eléctrico por cableado es muy caro y de muy baja calidad con apagones que pueden durar algunos días.

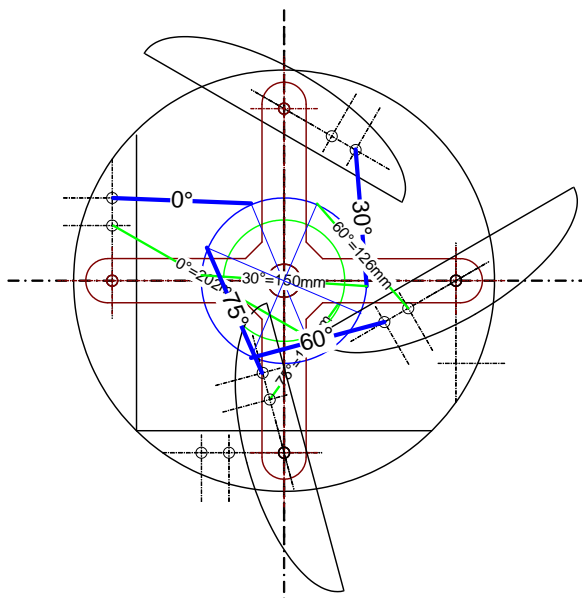
## IV) EÓLICA DE EJE VERTICAL

### IV.I) Introducción

El Peru, a parte de un fuerte potencial en energía solar y de biomasa, cuenta con zonas que reciben una fuerte influencia por parte de los vientos. El mapa eólico del Peru nos muestra claramente estas zonas a lo largo de toda la costa y a lo largo de la Sierra. En particular en la Sierra conocemos la época de los “ventarrones” entre junio y octubre en donde las diferencias de temperaturas entre el día y la noche pueden tener un recorrido termico de hasta 55[K]. Este fuerte recorrido termico y respectivo calentamiento de fuertes masas de aire provocan fuertes vientos prácticamente todos los días a partir de las doce del mediodía. La dificultad en el manejo de estos vientos en la Sierra del Peru son principalmente dos, la velocidad en pocos segundos varía entre los 0[m/s] y los 30, hasta 40[m/s] a 2[m] del suelo. Una segunda particularidad de los vientos en la Sierra es la dirección en la cual soplan. En pocos segundos esta dirección puede variar dificultando así el aprovechamiento de esta energía. En el Peru uno de los recursos renovables más fáciles de explotar queda seguramente la energía solar. El problema pero de esta tecnología está en su elevado costo por Watio y la imposibilidad de producir artesanalmente y localmente los paneles fotovoltaicos. Casi siempre la tercera parte del costo de una instalación de paneles, lo que corresponde al costo de las mismas celdas, se va al extranjero. En el caso de una eólica, un taller de mecánica equipado de las maquinarias básicas como un torno, una dobladora y una soldadora puede producir localmente mariposas de hasta unos 800[Wp] de potencia. El costo de un panel fotovoltaico actualmente rodea los 6.-[USD/Wp] mientras una mariposa construida localmente no supera en ningún caso los 2.-[USD/Wp].

### IV.II) Construcción

Las fuertes variaciones de velocidad del viento y los cambios en su dirección nos han motivado a desarrollar una mariposa de eje vertical con ángulo de ataque variable según la frecuencia de rotación.

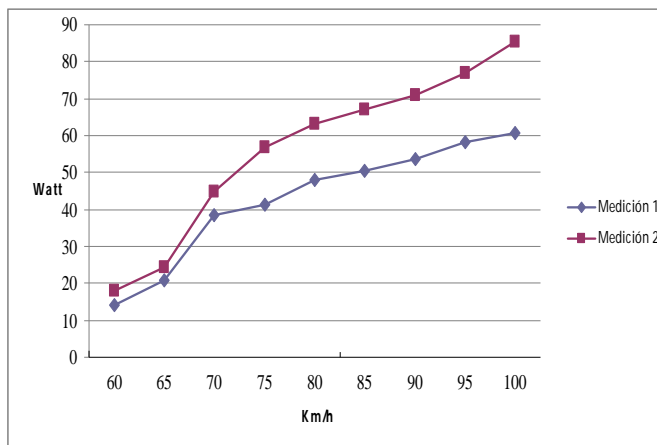


En un primer intento hemos construido una eólica tipo Darrieus modificada con un diámetro de 380[mm] y una altura de 412[mm]. La construcción es completamente de acero, en un futuro se puede pensar en una construcción más liviana, en aluminio para disminuir el momento de arranque.



### IV.III) Evaluación

Las evaluaciones de campo se han efectuado amarrando la mariposa en cima de una camioneta y variando las velocidades de traslado entre 0[km/h] y 100[km/h]. A diferentes velocidades se han registrado los valores de tensión e intensidad de corriente medidos a un motor DC acoplado al eje principal de la mariposa. Vale resaltar que la mariposa en funcionamiento sin carga demuestra una frecuencia de rotación prácticamente constante alrededor de las 150[n/min] en todo el recorrido de velocidades.



## V) SISTEMAS DE BOMBEO

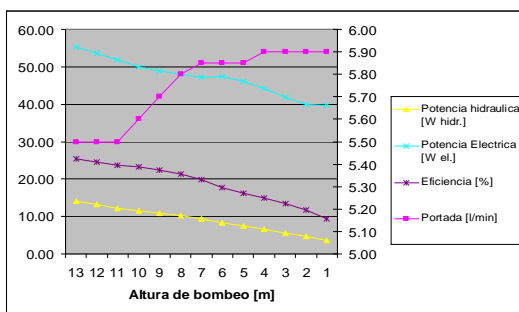
### V.I) Introducción

Una de las necesidades básicas que siempre se debe de priorizar en una vivienda es el abastecimiento de agua, sin agua no hay vida. El agua, junta con el sol, son las únicas fuentes de vida en este mundo. Sin agua y sin sol no hay ningún tipo de vida. El agua, utilizada en cantidad correcta permite el desarrollo de cultivos, hortalizas, animales que permiten la alimentación de los seres humanos. El cuerpo humano está compuesto en un 75% de agua. Los seres humanos reciben diferentes cantidades de líquidos a través de los alimentos que ingieren. Cada persona para vivir en buena salud debe también de tomar entre uno y tres litros de líquidos adicionales a sus alimentos sólidos. En este mundo unas dos mil millones de personas no tienen acceso al agua potable. En el Perú, doce cuencas del versante Pacífico entre otras Rimac, Chillón y Lurín que son las más pobladas del país viven en estrés hídrico con menos de 1'000[m<sup>3</sup>/año persona]. Los pueblos y las ciudades más grandes de este mundo siempre se han desarrollado cerca de fuentes de agua, ríos o lagunas. Desde que el hombre a empezado a habitar la tierra siempre ha tenido que pensar en el transporte del agua a su domicilio y a los campos de cultivo. Este transporte se hizo a través de diferentes técnicas de transporte, manualmente, mecánicamente o con canales y tuberías. El transporte manual aun viene siendo practicado por miles de millones de personas y puede abastecer lo que es el consumo domestico de una familia. Durante la historia del hombre se han construido miles de kilómetros de canales, túneles y tuberías para transportar el agua potable. Estas obras siempre han necesitado mucha mano de obra y para que funcionen, requieren un sistema de gestión más o menos sofisticado. Con un sistema de ductos normalmente no se pueden tener pendientes inferiores al 1‰ es a decir que para ganar un metro de altura se deben construir como mínimo 1'000 metros de canales o tuberías. Los sistemas de bombeo mecanizados son más o menos costosos y necesitan energía para que funcionen. Los sistemas más conocidos funcionan a gasolina, petróleo o energía eléctrica, energías muy caras, costos que en los próximos años subirán fuertemente.

### V.II) Construcción

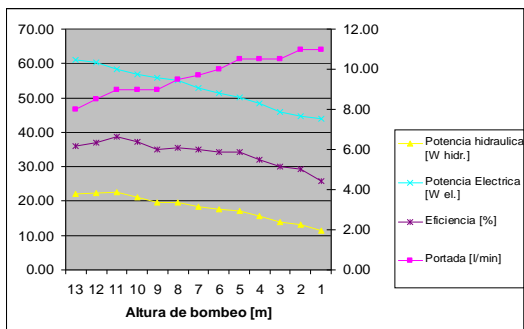
Para los sistemas de bombeo familiares tomamos dos sistemas como adecuados a la Sierra del Perú. Las bombas eléctricas a pistones con membrana que trabajan en 12[VDC] y las bombas de ariete. Las primeras se utilizan en el caso que el agua a bombear esté a un nivel cero o más abajo respecto al lugar en donde se quiere bombear, normalmente en un manante o una laguna, sin posibilidad de producir una caída. La segunda tecnología desarrollada es la de las bombas de ariete que funcionan cuando el agua está en movimiento, es a decir se puede desarrollar una caída de un mínimo de 20[cm]. Las bombas eléctricas en 12[VDC] de superficie, no sumergibles, bombean hasta un máximo de 10[l/min] a una altura de unos 30[m] con tuberías de 1/2" hasta 3/4". Las bombas de ariete que hemos desarrollado tienen un tamaño de 1" hasta 4" e dependiendo de la caída a la entrada bombean hasta a 60[m] de altura unos 2[l/min].

### V.III) Evaluación



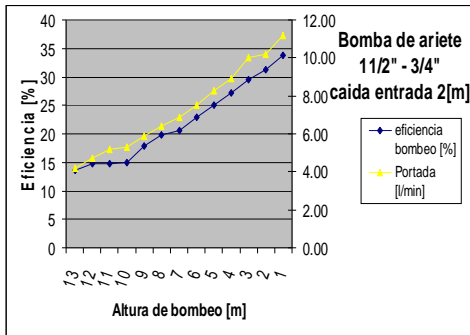
#### Características de la bomba a pistones Shurflo:

Lo interesante de este tipo de bombas es que variando la altura de bombeo casi no varía su flujo entre los 5.5 y 5.9[l/min]. La eficiencia aumenta hasta un 25% con una altura de bombeo de 13[m]. Esta bomba está indicada para trabajar hasta 50[m] de altura. Con este tipo de bomba de baja potencia no necesitamos el apoyo de un panel fotovoltaico, el bombeo durante todo un día se puede efectuar con una batería de 68[Ah] bien cargada.



#### Características de la bomba a pistones Flojet:

La bomba Flojet bombea entre 8 y 11[l/min] utilizando casi la misma potencia eléctrica de la Shurflo. La eficiencia es casi constante en un 35% por diferentes alturas de bombeo. La bomba Flojet está indicada para trabajar con una altura de bombeo de hasta 25[m].



**Características de la bomba de ariete:**

La bomba de ariete de 2" nos permite bombear hasta 5[l/min] a una altura de 13[m] con a la entrada una caída de 2[m]. La gran ventaja de una bomba de ariete es que no necesita el suministro de ningún tipo de energía externa. El aspecto negativo de este tipo de tecnología es la escasa cantidad de agua que se logra bombear. Hasta un 85% del agua se queda en la parte inferior y sirve para producir la energía cinética que alimenta la bomba y produce el golpe de ariete.



**VI) EL INVERNADERO FAMILIAR**

**VI.I) Introducción**

La papa, el chuño y la moraya siguen siendo la comida mas común en los Andes peruanos. En realidad son tubérculos muy nutrientes, se pueden almacenar por un largo tiempo y evitar temporadas sin comida. Ahora el problema es que comiendo únicamente chuño, moraya y carne no es todo lo que necesita nuestro organismo, el necesita una comida variada para desarrollarse mejor. La mayoría de las enfermedades que se encuentran en la zona (tuberculosis, diarrea, resfrios, desnutrición...) se pueden combatir con una buena alimentación balanceada. El invernadero permite generar un microclima adecuado a los cultivos. Al interior de la construcción en adobe se producen temperaturas entre los 1 [°C] y los 35[°C] día y noche dependiendo del tipo de cultivo y el manejo de las ventanas que nos permiten airear el sistema. La humedad relativa se queda siempre entre 20% y 60%, regulada automáticamente por el adobe que funciona como esponja, absorbiendo la humedad en exceso y devolviendo la humedad en caso de aire seco. El invernadero proporciona una protección eficaz frente a las heladas, granizadas, fuertes lluvias y vientos. Con una gotera artesanal es posible la recolección de agua de lluvia en un reservorio rústico. Acordemonos que en la Sierra en la temporada de lluvia caen cerca de 800[l/m2]. En el invernadero es posible cosechar una gran variedad de hortalizas y frutas por encima de los 4'000msnm. En principio el invernadero sirve para autoconsumo, para mejorar la dieta familiar. La sobreproducción nos permite la venta a mercados de espinaca, lechuga, porros, acelga, zanahoria, cebolla, ajo, rocoto, tomate, fresas, awaymanto (physalis), mora, rubarbro, cedrón, laurel, romero, orégano, flores, hasta biocombustibles como la Jatropha Curcas etc. En un invernadero familiar de 22[m2] se han manejado hasta 35 diferentes cultivos.

¿Que desventajas tiene el fitotoldo?

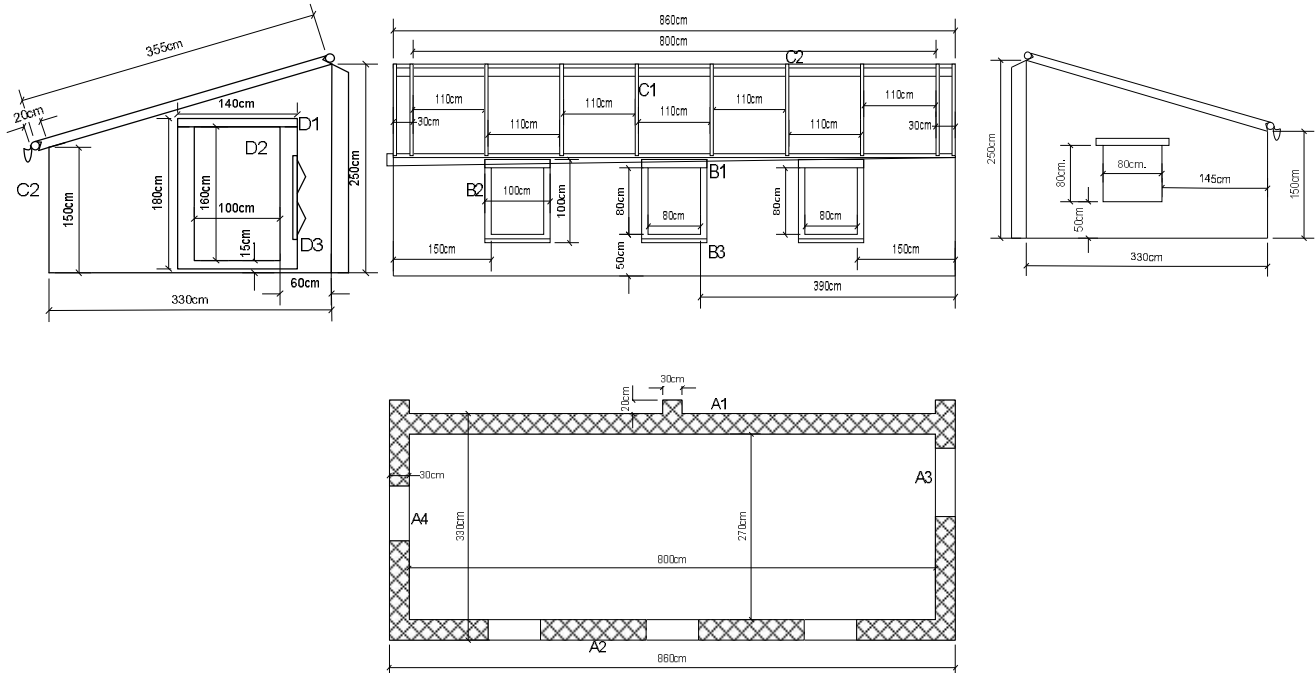
No funciona sin trabajo y sin agua. Normalmente hay que regar cada dos o tres días. Se tiene que acostumbrar a controlar diariamente la temperatura abriendo o cerrando las ventanas en plástico Agrofilm.

Tablas de temperaturas	
Cultivo	Temperaturas requeridas
Tomate	25-30°C
Papa	10-17°C
Lechuga	14-18°C
Acelga	18-22°C
Espinaca	15-18°C
Apio	18-25°C



## VI.II Construcción

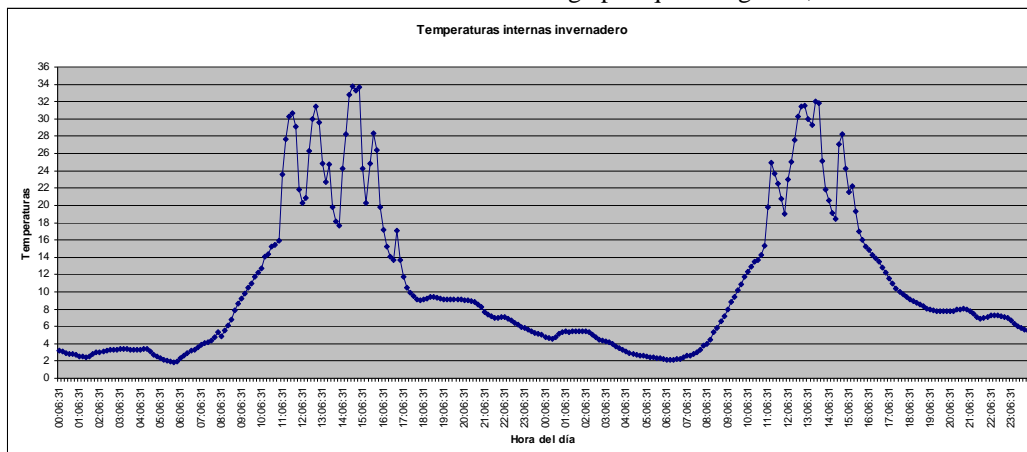
La construcción en adobe de 32[m<sup>2</sup>] es relativamente sencilla con un techo a media agua en Agrofilm (PE con aditivos para resistir a la fuerte radiación UV). La construcción puede ser pegada a la casa para calentar la vivienda a través de aperturas que comunican el invernadero con ambientes de la vivienda. La construcción debe realizarse en un terreno nivelado, rico en materia orgánica y con buen drenaje. El techo debe de mirar al norte, donde se encuentra el sol al mediodía. Se pueden aceptar variaciones de unos 90°Este, 90° Oeste. Debe haber agua disponible todo el año para un riego permanente. El terreno debe de estar protegido para evitar la invasión de animales domésticos (vacunos, ovinos, equinos, gallinas, etc.). El terreno debe tener una buena iluminación solar, lejos de sombras producidas por muros, cerros, viviendas, árboles, etc. En zonas con muchos vientos es indispensable una muy buena barrera de árboles rompevientos que no sombreen directamente al techo del fitotoldo.



## VI.III Evaluación

El Invernadero, nos permite cultivar cualquier tipo de fruta y verdura dándole así a nuestro cuerpo vitaminas, proteínas y minerales en cantidad y calidad para fortalecerlo. Actualmente las familias se ven obligadas a ocupar muchas horas y gastar mucho dinero en pasajes para ir a las ciudades y comprar allí frutas y verduras que vienen de lejos y muchas veces están en malas condiciones y han perdido mucho de su valor nutritivo.

Después de ocho años de trabajo con fitotoldos con techo de Agrofilm en los últimos años nos hemos motivados en trabajar con invernaderos con techo móvil protegidos por una malla que de noche protege los cultivos y de día se abre y se dejan los cultivos bajo la incidencia directa de la luz solar. Las medidas del galpón quedan iguales, solo cambia el techo.





Las temperaturas internas del invernadero han sido medidas durante dos días. La temperatura externa mínima registrada ha sido de  $-8[^\circ\text{C}]$ . Estas gráficas nos permiten demostrar que un invernadero de techo móvil protegido por una malla protege los cultivos de las heladas de manera eficaz y permite de prolongar de unos dos a tres meses el tiempo de cultivo, además protege los cultivos de las heladas que caen de sorpresa entre enero y mayo. A futuro con los efectos del cambio climático proponemos que lentamente se piense en proteger los cultivos en campo abierto como la papa con este tipo de tecnologías.

## VII) LA DUCHA SOLAR

### VII.I) Introducción

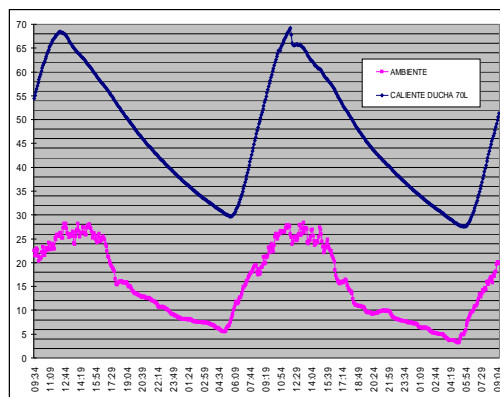
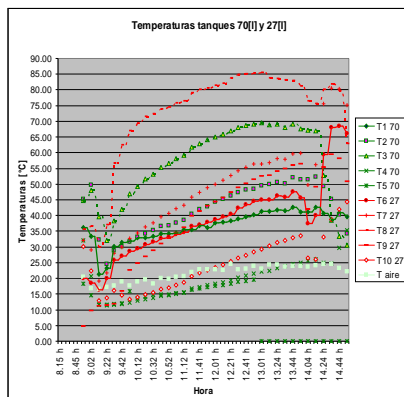
La falta de aseo o una forma de aseo inadecuado es la causante principal de muchas enfermedades en el ámbito rural de la Sierra. Con agua cerca del punto de congelamiento proveniente de los manantiales o de los ríos seguramente es mejor cerrar un ojo sobre el aspecto de higiene corporal. A nuestro modo de ver un sistema sencillo de agua caliente debe ser parte integrante de una casa del siglo XXI. La bosta sigue siendo la fuente de energía más importante para la gente de la zona. Las familias se ven obligadas a ocupar cada vez más horas al día para recolectar bosta ya que no tienen la posibilidad de pagar el alto valor de los combustibles. Por el contrario, la energía solar es gratuita, abundante y eficaz. La bosta debe ser utilizada como fertilizante en la chacra para que las hortalizas y los pastos crezcan mejores en calidad y tamaño. Con esta ducha solar de unos 70 litros pueden bañarse hasta 6 personas al día con agua caliente, siempre que hayan unas cinco horas de sol. El calor se mantiene unas tres horas después que se oculte el sol. También se puede aprovechar el agua caliente para lavar las ropas y los platos. Con agua tibia no se malogra las manos como en el agua fría y la ropa se conserva mejor. Además se gasta menos detergente. El colector solar es un diseño artesanal de bajo costo empleando materiales comunes y la labor del mismo usuario.

### VII.II) Construcción

La ducha solar es una construcción sencilla hecha de una base o plataforma de madera en cima de la cual descansa un tanque de acero galvanizado soldado con estaño. La plataforma y el mismo tanque están forrados en la base con Technopor y a los costados con lana de vidrio porque las temperaturas al interior del colector pueden superar los  $90[^\circ\text{C}]$ . Toda la construcción está protegida por una hoja de plancha galvanizada y encima se pone un vidrio triple de  $6[\text{mm}]$  de espesor resistente a las fuertes lluvias y el granizo. El efecto invernadero calienta el agua y la mantiene caliente casi las 24 horas del día. Actualmente en el taller tenemos a disposición diferentes modelos de duchas con 70 hasta  $126[\text{l}]$  de capacidad y con coberturas de Polietileno o bien vidrio dependiendo de las necesidades de los beneficiarios.

### VII.III) Evaluación

Las evaluaciones han demostrado que si bien las duchas son de construcción bastante sencilla ofrecen un buen nivel de confort con agua caliente o por lo menos tibia durante las 24 horas del día. La eficiencia energética, es decir el producto de la energía solar incidente en la ducha dividida por la energía transmitida al agua llega a un 58%. En la grafica de la izquierda podemos apreciar las temperatura en dos duchas, una de 70 litros y una de 26 litros con cobertura de Polietileno y vemos como la temperatura del agua sube en el tanque de 26 litros hasta los  $85[^\circ\text{C}]$  (temperatura máxima de ebullición a  $4'000\text{msnm}$ ) y en el tanque de 70 litros la temperatura máxima del agua logra llegar a casi  $70[^\circ\text{C}]$  con una irradiación solar de  $1'000[\text{W}/\text{m}^2]$  alrededor de las 13.00 de la tarde. En ambos casos ya desde las 9.30 de la mañana el agua logra temperaturas cómodas para el aseo personal ou el lavado de ropas, platos, fibras etc. En la gráfica de la derecha podemos apreciar la evolución de la temperatura externa y del agua al interior de una ducha solar con cobertura de vidrio. Se nota claramente que durante el día la temperatura máxima del agua logra los  $68[^\circ\text{C}]$  y en la mañana, alrededor de las seis de la mañana la temperatura del agua no baja por de bajo de los  $28[^\circ\text{C}]$  con una temperatura del aire que se acerca a los  $0[^\circ\text{C}]$ .



## VIII) LA COCINA SOLAR PARABOLICA Y EL HORNO SOLAR

### VIII.I) Introducción

El horno y la cocina parabólica son equipos domésticos portátiles para cocinar o hornear alimentos. Estos equipos permiten de ahorrar en promedio unos 4[kg] de bosta, 0.5[kg] de gas o 2[kg] de leña por día y por familia. El horno ULOG necesita de un precalentamiento de 15 minutos y llega a temperaturas de 160-200[°C]. La cocina parabólica SK12 llega casi instantáneamente a temperaturas entre 300 y 350[°C] y permite cocinar en ollas de hasta 20litros. Ambos artefactos son producidos localmente. Es importante usar ollas negras o al menos de un color oscuro.

Consideraciones a tener en cuenta para cocinar con el horno solar:

1. En casos de preparaciones con carne fresca (pollo, res, cordero, etc.) es importante rogarlas en aceite (puede ser el aderezo), para evitar que la preparación tenga un color desagradable (negruzca o rojiza por la sangre que la carne generalmente contiene).
2. Para cocinar carne, pollo o pescado, es preferible ponerlas en agua caliente o refritas para evitar oscurecimiento de la sopa.
3. En caso de preparaciones con granos secos (maíz, trigo, cebada, etc.), o menestras (como frijoles, habas, lentejas, etc.) es necesario remojarlas en agua por 24 horas antes, es decir, de un día para el otro, esto con la finalidad de que se cocinen bien.
4. En casos de preparaciones “secas” como el arroz graneado, use menos agua de lo que usaba normalmente. Una taza de agua por cada taza de arroz.
5. Para cocinar verduras use poca agua para cocinarlas, esto acelerará la cocción, además que permite mayor conservación de vitaminas.

### VIII.II) Construcción

La cocina parabólica consta de un armazón en platina de acero y una construcción elíptica forrada con espejos en aluminio pulido que reflejan la luz del sol en un punto central en donde se coloca la comida a cocinar. La cocina parabólica tiene unos 1.7[m<sup>2</sup>] de superficie así que entre las 10.00 de la mañana y las 14.00 del mediodía se pueden concentrar unos 1'700[W] de luz solar en el foco central. El horno solar es principalmente una caja en triplay forrada internamente con lana de vidrio con en el medio un contenedor de metal doblado en donde se colocan los alimentos para cocinar. El horno está cerrado herméticamente con dos vidrios en la parte superior y a los costados para aumentar la superficie receptora de rayos solares se les ha colocado tres reflectores de aluminio pulido alcanzando así una superficie receptora de unos 0.45[m<sup>2</sup>].

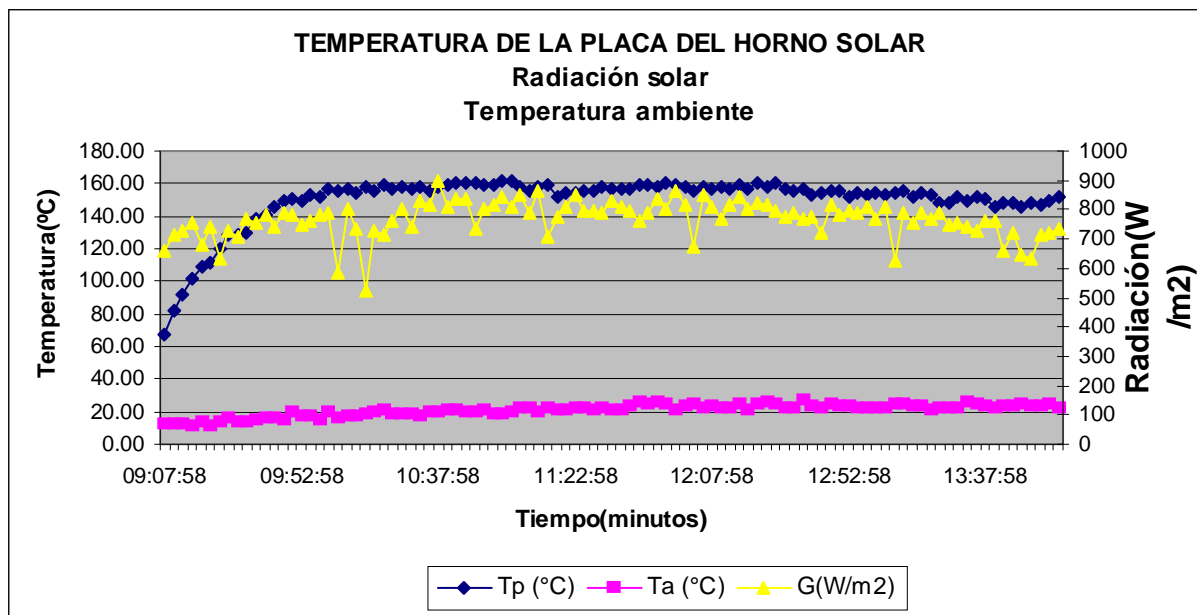
### VIII.III) Evaluación

Tabla de cocinar para un horno solar

Alimentos	Cantidad en [kg]	Tiempo de cocción en [h]
Papas enteras sin agua	2 – 4	1 ½
Papas en agua	2 – 4	2
Arroz graneado	1 – 2	3/4 – 1
Queque	1 – 2	1 ½ - 2 ½
Menestras	½ - 1	1 ½ - 2 ½
Galletas	½ - 1	½ - 1
Huevos fritos	2-10 unidades	5 minutos



Una evaluación termica del horno solar nos ha dado los siguientes resultados:



Vale resaltar que a 4'000msnm el agua hierve a unos 83 – 85[°C] así que después de unos diez hasta quince minutos de precalentamiento es posible cocinar practicamente cualquier tipo de comida. Con una temperatura máxima de 160[°C] queda tambien fácil el horneado de alimentos.

Los tiempos de cocción para una cocina parabólica con cielo despejado son muy similares a los tiempos de cocción que se obtienen en una cocina a leña o a gas.

### IX) CONCLUSIONES Y AGRADECIMIENTOS

Una vez más, queda impresionante el potencial en Energías Renovables que presenta el Peru. El Estado debería de fomentar mucho más el utilizo de estos recursos para el bien de todos. Ya se instalaron las oficinas de Medioambiente en prácticamente todos los distritos del pays. Si bien estas oficinas hacen un trabajo importante falta fortalecer estas oficinas en temas de Energías Renovables. En todo el pays a través de la Asociación Paruana de Energía Solar (APES) ya se tiene una red consolidada de especialistas en ER que ya ofrecen sus servicios a la población y pueden apoyar en institucionalizar el tema para llegar más fácilmente a los recursos públicos que muchas veces no son invertidos bien por parte de las autoridades locales y regionales. El trabajo de Taller Inti en Espinar, Cusco demuestra que se pueden hacer cambios importantes con las tecnologías desarrolladas localmente y adecuadas a cada clase social. Con el utilizo de las ER y en especial modo las nueve tecnologías validadas nos podemos preparar mejor a los cambios climáticos que ya están en camino y muestran sus peligros. En futuro las energías NO renovables que siempre han sido en las manos de pocos y que han sido las causas de tantos daños a nuestros ecosistemas se van agotando. Retomando las políticas de estado de algunos payses europeos se pueden crear miles de puestos de trabajo y proteger al mismo tiempo nuestra tierra. Las tecnologías presentadas tienen impactos ambientales muy limitados y permiten a cada persona de ser dueña de su propio futuro, de esto se trata cuando hablamos de desarrollo. El desarrollo es el proceso de ampliación de las opciones para las personas y el mejoramiento de sus capacidades y libertades. Si apostamos a las ER apostamos al desarrollo.

Agradezco a todos los miembros del APES para los esfuerzos que hacen para llevar adelante el tema de las ER en el Peru. Agradezco a todo el equipo de Taller Inti por los arduos trabajos llevados adelante en estos últimos ocho años a favor de la población andina que tanto necesita nuestro apoyo y dedicación.

Agradezco a mi esposa y mis hijas por toda la paciencia y cariño que me regalan y me motivan en estos trabajos.

Ing. Luciano Ré, Espinar 30 de julio de 2010