

# Stove Water Heater

# Agua Caliente de Estufa

Final Presentation  
Presentacion Final  
Guatemala 2011



Please ask questions if you have them  
Por favor preguntanos si tiene preguntas

# What we wanted to do

## Lo que quisimos hacer

- Build a functioning system for under \$100
- Shower
- Explore different materials
- Explore different heat exchanger designs
- Explore insulation
- Analyze the thing like crazy
- Create a user manual
- Construir un sistema que funciona por menos de Q 800
- Duchar
- Explorar con materiales diferentes
- Explorar con otros transformadores
- Explorar con insulacion
- Analizarlo como locos
- Crear un manual

# Prototype 1

## Prototipo 1



- Stuck a copper tube down a chimney
- Pusimos un tubo de cobre adentro una chimenea
- Found that there was plenty of heat
- Buscamos que hay bastante calor

# Made a Decision Matrix

## Hicimos una Matrix de Decisiones

- Found threaded steel was better than copper in a decision matrix
- Buscamos que acero es mejor de cobre en una matrix de decisiones

Stove Heater Material Decision Matrix	Weight Pesa	Type L Copper (3/8") Cobre (1cm)	Threaded Steel (1") Acero (2.5cm)	Steel Conduit (1") Acero (2.5cm)
Cost (costo)	2.5	5	6	5
Durability (Durabilidad)	2	6	9	7
Constructability (construible?)	2	5	9	3
thermal conductivity (conductividad de calor)	1.5	10	7	7
freeze tolerance (abilidad baja de temperatura menos de 0 C)	1	2	2	2
max temperature (temperatura maximo)	1	9	10	10
Total		61	<b>74</b>	55

# Made some calculations

## Hicimos calculaciones

- Found threaded steel would also perform better inside a chimney because of the larger surface area
- Buscamos que acero va a funciona mejor adentro de una chimenea porque tiene mas area

<b>Stove Power Potentials</b> <b>Potencial de Poder de una Estufa</b>	<b>Type L Copper (3/8")</b> <b>Cobre (1cm)</b>	<b>Threaded Steel (1")</b> <b>Acero (2.5cm)</b>	<b>Steel Conduit (1")</b> <b>Acero (2.5cm)</b>
<b>dT (*C) (cambio de temperatura)</b>	125	125	125
<b>Heat Transfer Coefficient of Air (W/m^2*C)</b> <b>(Constante del transferir de calor en el aire)</b>	50	50	50
<b>Convection Power</b> <b>P = hA(dT) (W)</b> <b>Poder de Conveccion</b>	561	1495	1495
<b>Conduction Power</b> <b>P=Ak(dT)/L (W)</b> <b>Poder de Conduccion</b>	5046429	540255	747713

# Prototype 2

## Prototipo 2

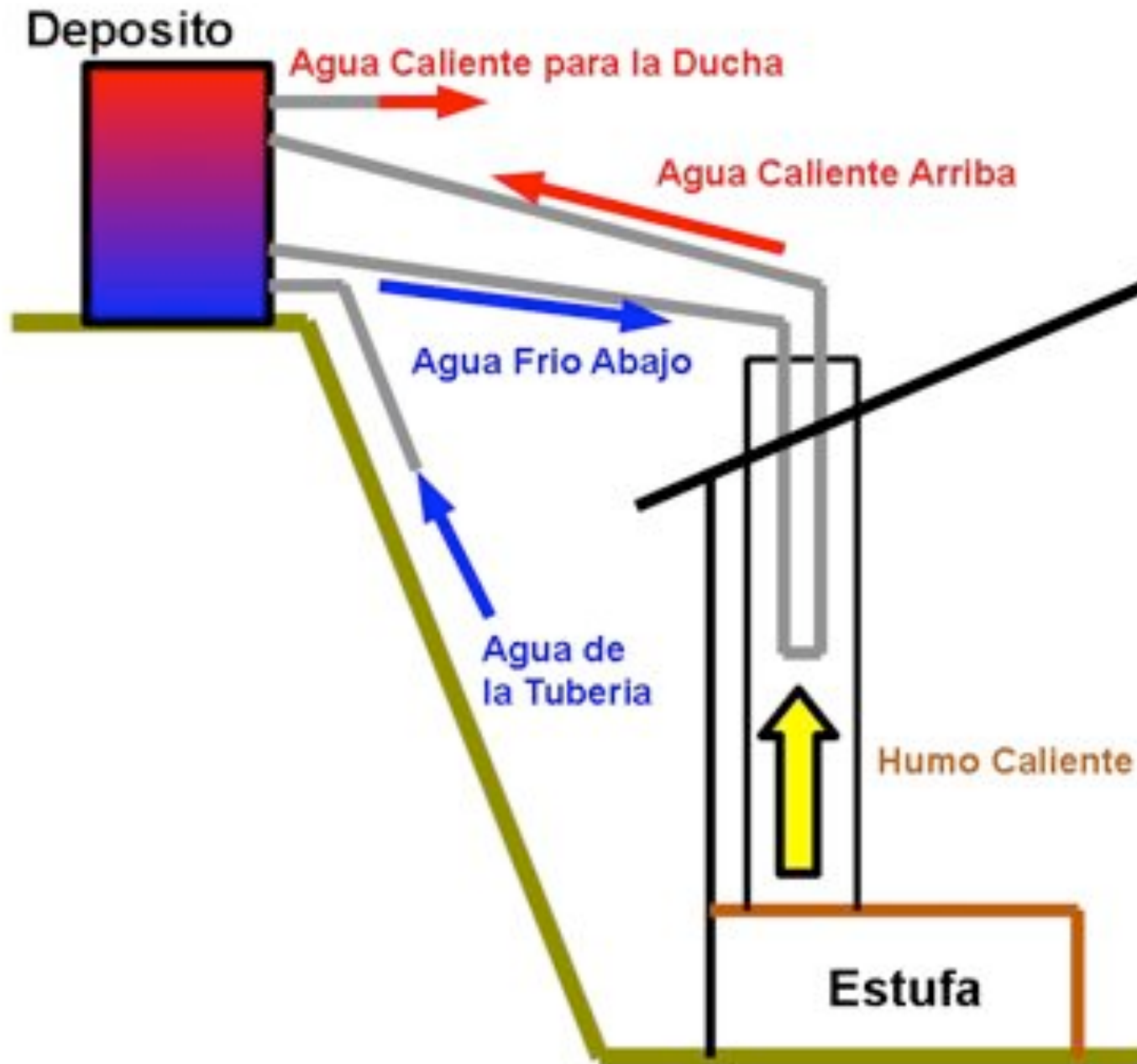


- Built a system
- Construimos un sistema
- Got proof of concept
- Tuvimos que el concepto funciona
- Melted the system
- Derritimos el sistema
- Identified all of the problems
- Identificamos todas las problemas

How does the system work?  
Como funciona el sistema?



# El Plan para el Sistema



# Functions by a Thermosiphon Funciona por un Thermosiphono

Elevated Tank  
Deposito Levantado



Hot water from the chimney  
rises to the tank

Agua caliente de la  
chimenea sube al deposito

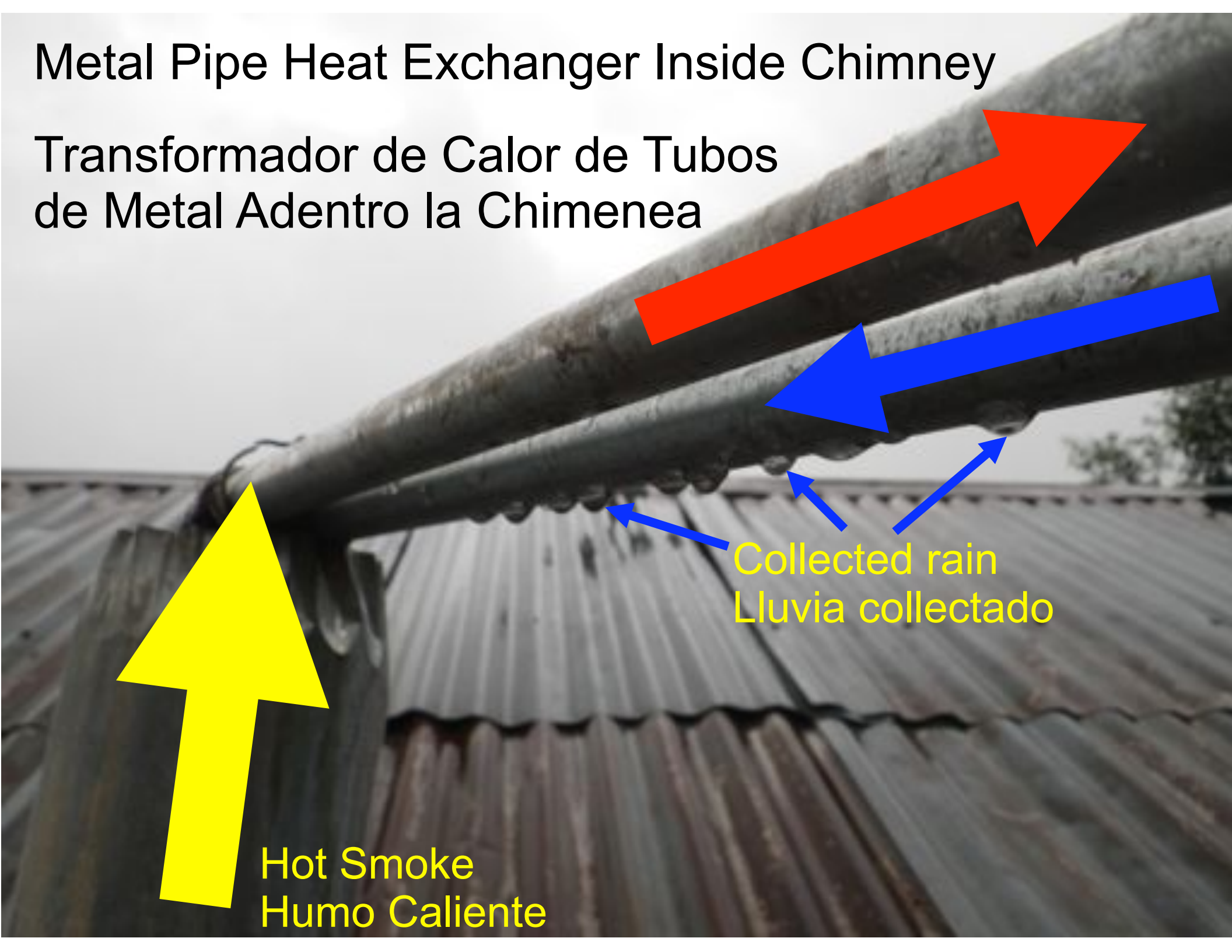
Coldest, densest  
water sinks to the  
chimney

Agua mas frio y de  
mas densidad baja  
a la chimenea



# Metal Pipe Heat Exchanger Inside Chimney

Transformador de Calor de Tubos de Metal Adentro la Chimenea



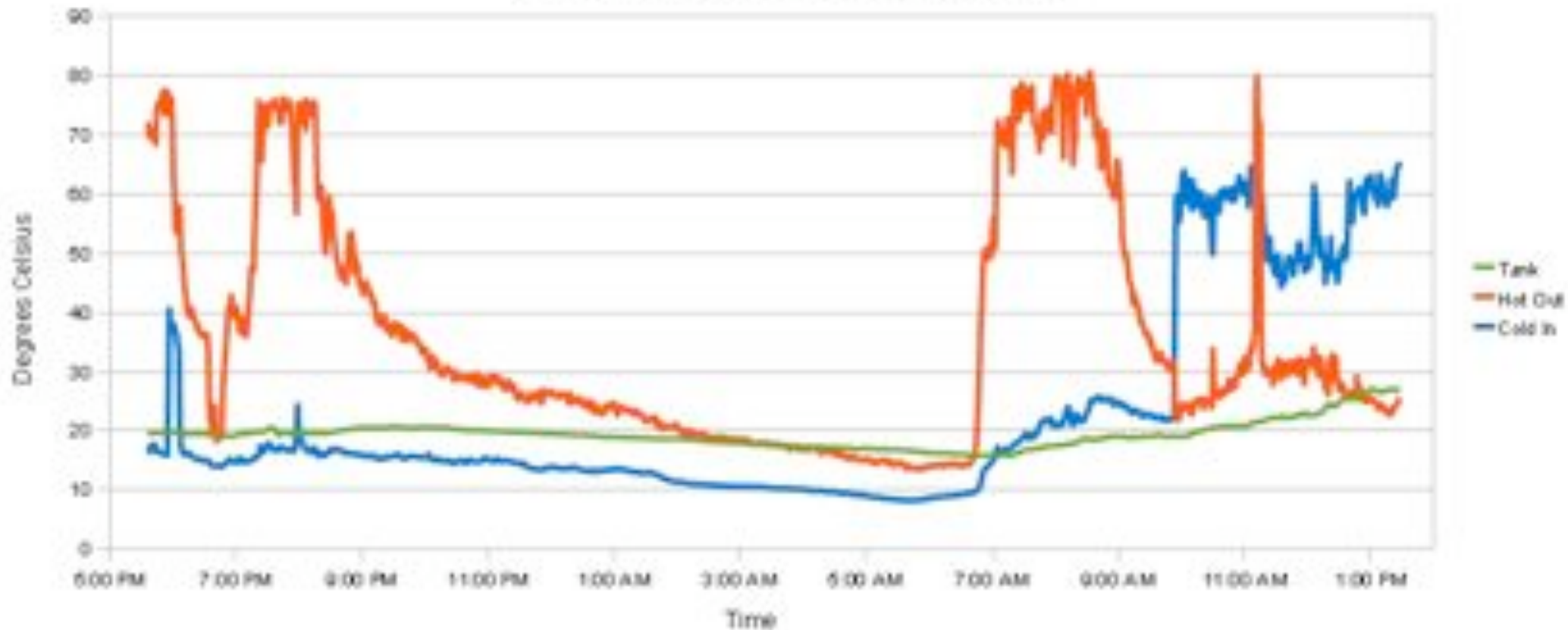
Hot Smoke  
Humo Caliente

Collected rain  
Lluvia collectado

# Why did it melt? Porque derritir?

- The thermosiphon reversed!
- El thermosiphono reverso!

Stove Water Heater Prototype 1 Test Run





The PVC tubes melted when the thermosiphon reversed

Cuando el thermosiphon reverso, los tubos de PVC derrito

# Problems with Prototype 2

## Problemas de Prototipo 2

- Cannot have any high points in the tubing
- Cannot have lots of corners in the tubing
- Isolation valves are unnecessary
- Must raise the tank and have it closer
- Must use heat resistant materials
- No queremos puntos altas en los tubos
- No queremos muchas esquinas en los tubos
- Chorros no son importantes
- Necesitamos poner el deposito mas alta y cerca
- Necesitamos usar materiales durables



# Prototype 3

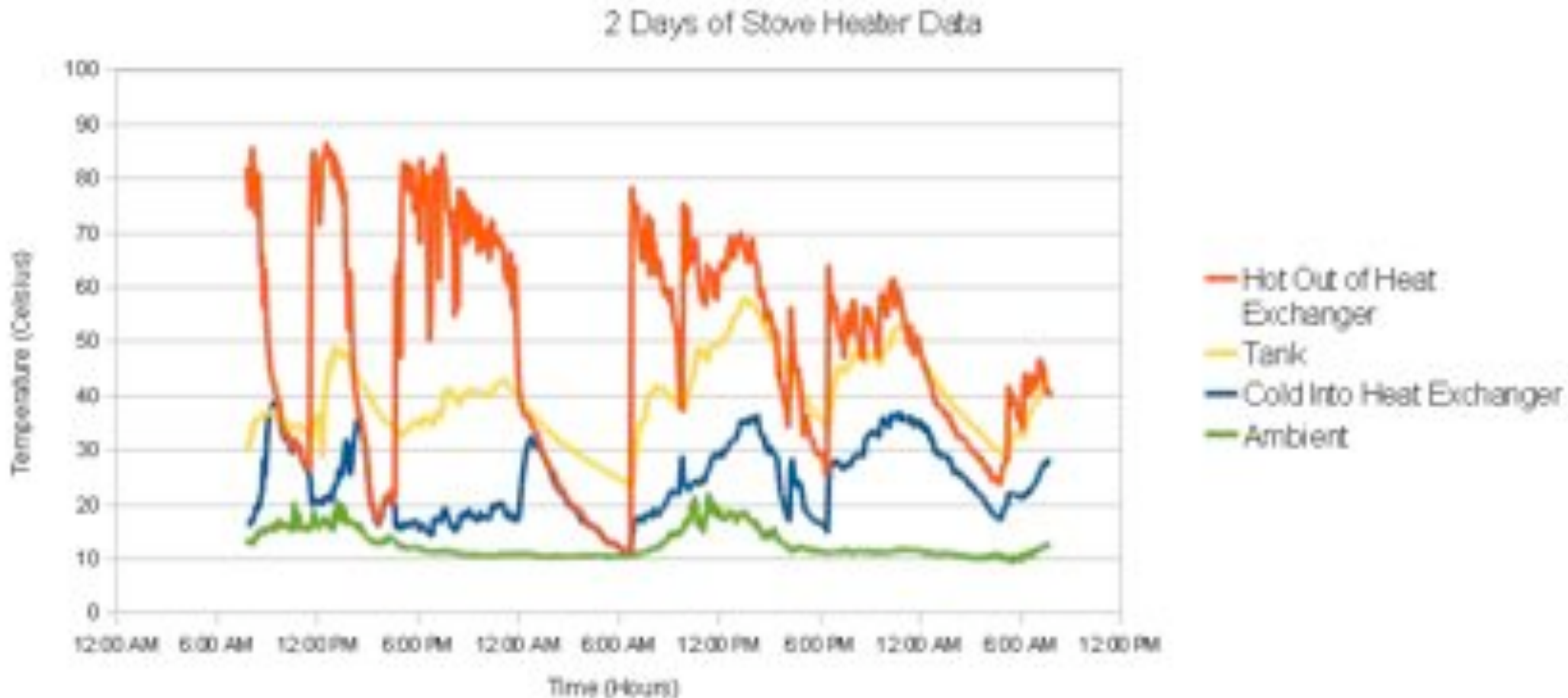
## Prototipo 3



- Built a functioning system
- Construimos un sistema que funcionando
- Remedied all problems with prototype 2
- Correctamos todas las problemas con prototipo 2
- Took data
- Colectamos datos

- Stove is on 75% of time
- Hot water in exchanger still gets close to boiling
- Ambient is relatively constant
- Average tank temp is 104F

- Estufa esta funcionando 75% del tiempo
- Agua caliente esta cerca a transformar a vapor
- Ambiente esta relativo constante
- La temperatura promedio del deposito esta 40C



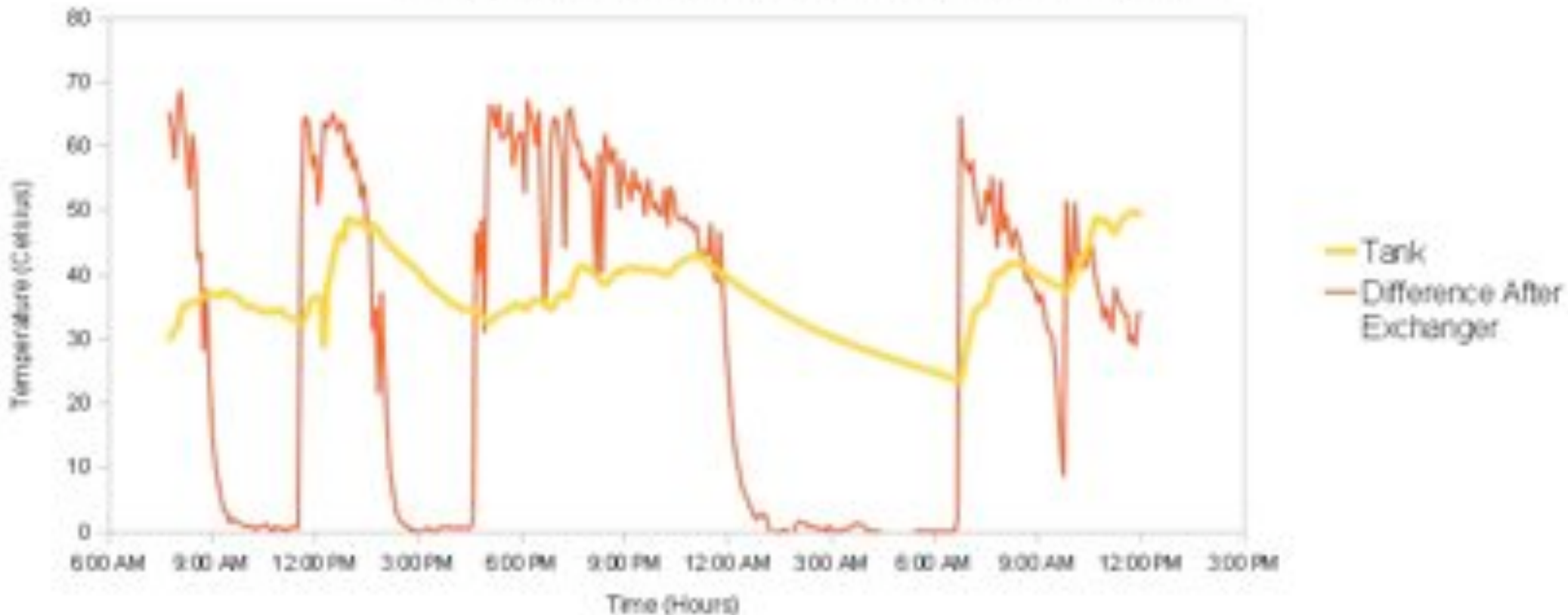


# Identified Tank Response

## Identificamos el Responde del Tanque

- When temperature difference is high, tank temperature rises
- Cuando la diferencia de temperatura esta grande, la temperatura del deposito sube
- When  $dT = 0$ , tank temp falls
- Cuando  $dT=0$ , Ttank baja

Tank Temperature Response to Heat Exchanger Performance

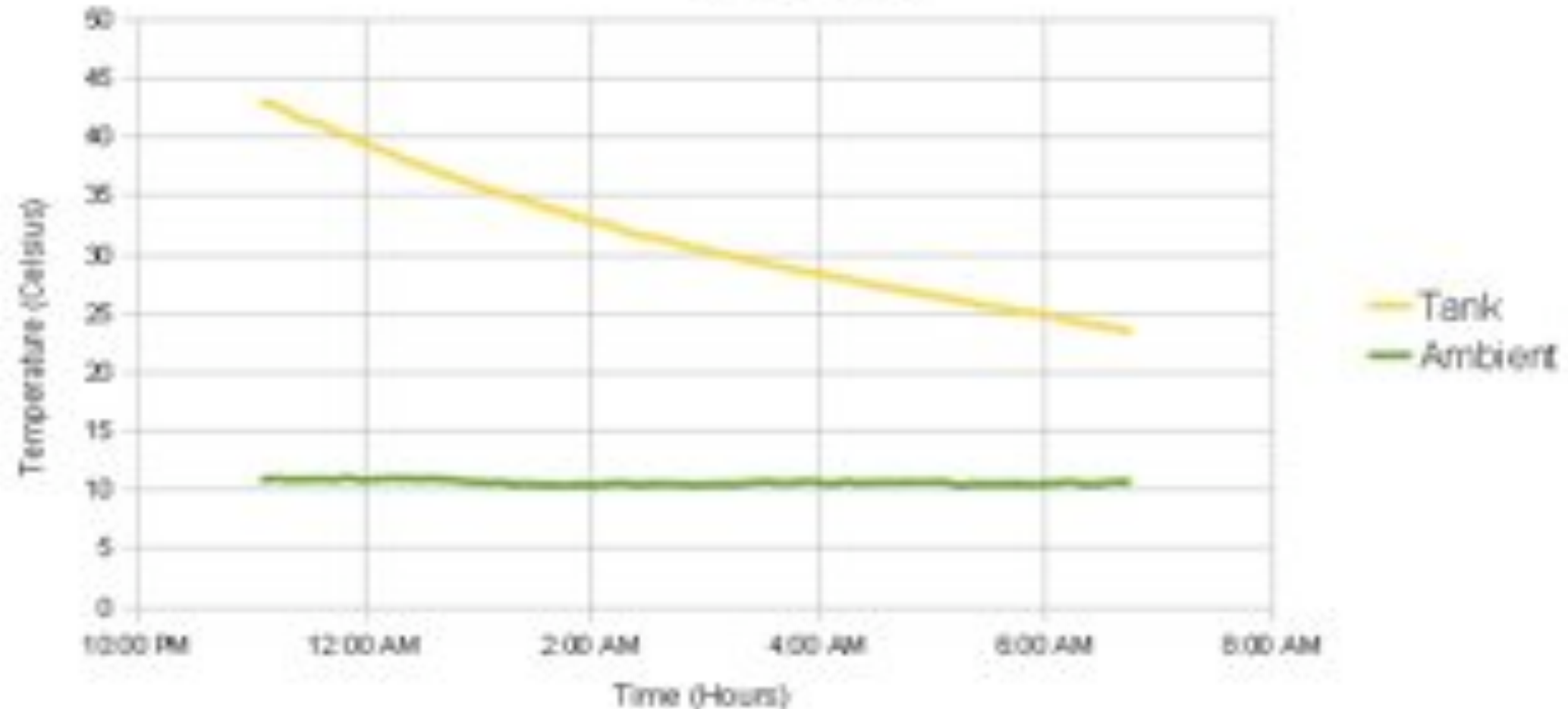


# Identified Energy Lost

## Identificamos Energia Perdida

- $15\text{C}/6\text{h} = 2.5\text{C}/\text{h} = \mathbf{130\text{ W}}$

Tank Losses



# What is 130 W?

## Que es 130 W?

- 130 W = 130 **Watts**
- Watts are a unit of **Power**
- Power is **how fast** you use **Energy**
- Some incandescent lights use **100 Watts** of **electrical energy**
- Our tank loses **thermal energy** at a rate of **130 Watts**
- 130 W = 130 **Vatios**
- Vatios son un unidad de **Poder**
- Poder es como rapido usa **Energia**
- Algunas luces incandecentes usan **100 Vatios** de **energia electrical**
- Nuestro deposito perdo **energia de calor** a razon de **130 Vatios**

# So should we insulate the tank?

## Entonces, necesitamos insular el deposito?

- If we want showers in the morning before breakfast
- If we want the following calculations to be relevant
- If we want to use a smaller heat exchanger
- If we use the stove less
- Si queremos duchar en la mañana antes de desayuno
- Si queremos las calculaciones siguientes estaran pertinente
- Si queremos usar una transformador de calor mas pequena
- Si usamos la estufa menos

# We Calculated the Energy In Over 2 Days

## Calculamos la Energia Adentro de 2 Dias

- 3.1 kWh/d = electronic shower on for 40 minutes per day
- 3.1 kWh/d = ducha electronica por 40 minutos cada dia

Energy In Over 2 Days	
Mass Flow Rate (kg/h) (Fluye del agua)	6
Total Time (h) (Tiempo Total)	48
Percent Time Flowing (Por ciento tiempo fluyedo)	0.75
Time Flowing (h) (Tiempo fluyendo)	36
Heated Mass (kg) (Masa de agua calento)	216
Average Temperature In (*C) (Promedio temperatura adentro)	24
Average Temperature Out (*C) (Promedio temperatura afuera)	48.8
Average dT (*C) (Promedio cambio de temperatura)	24.8
Q=mc(dT) (kJ) (Equucaion de la cantidad de la energia de calor)	22445
Energy (kWh) (La cantidad de energia de calor)	<b>6.2</b>

# Which Means... Que Significa...

- 6 showers in 12 hours (if we insulate the tank)
- 6 duchas en 12 horas (si insulamos el deposito)

Energy Required per Tank Energia necesitada cada deposito	
Starting Water Temp (*C) (Temperatura primero)	20
Ending Water Temp (*C) (Temperatura despues)	40
Mass of Water (kg) (Masa del agua)	45
Specific Heat of Water (kJ/kg*C) (Constante de calor de agua)	4.19
Change in Temp (*C) (cambio de temperatura)	20
$Q=mc(dT)$ (kJ) (Equacion de la cantidad de la energia de calor)	3771
Energy (kWh) (Energia cada deposito)	<b>1.0</b>

Showers (Duchas	
Number of Tanks Heatable per Day (Numero de depositos podemos calentar en un dia)	3
Average Time to Heat 1 Tank (h) (Promedio tiempo para calentar un deposito)	8.1
Showers per Tank (Duchas cada deposito)	4
Average Time to Heat 1 Shower (h) (Promedio tiempo para calentar una ducha)	2
Showers Heatable in 12 Hours (Duchas podemos calentar en 12 horas)	<b>6</b>

We also calculated efficiency  
Tambien calculamos eficacia

Potential Power =  $hA(dT)$  (W)  
(Poder potencial)

1495

Power During Stove Activity (W)  
(Poder en realidad)

173

**Efficiency = 0.12**  
**(Eficencia)**

# What does this mean in terms of CO2?

## Que signica el sistema de CO2?

- We calculated the embodied CO2 of our system
- Calculamos el CO2 que estaba necesario para crear nuestro sistema

Stove Heater CO2	Total	Steel Tubes (Tubos Aceros)	PVC Couplings (Coplas de PVC)	Steel Clamps (Abrasaderos)	Radiator Tubing (Manguera)	More (Mas)
Mass (kg) (Masa)		4.2	0.25	0.2	4.8	More
CO2 Footprint, Primary production (kg/kg) (CO2 creado cuando el material fue creado)		2.48	2.39	2.48	5.63	More
Embodied CO2 for New Parts (kg) (CO2 para partes nuevos)	<b>61.5</b>	10.42	0.60	0.50	27.02	More
Expected Part Lifespan (years)		5	2	5	5	More
Embodied CO2 per Year (kg/year)	14.0	2.08	0.30	0.10	5.40	More
Total CO2 per Year (kg/year) (CO2 cada ano)	<b>14.0</b>					
Total CO2 Over 30 Years (kg) (CO2 despues de 30 anos)	<b>419</b>					

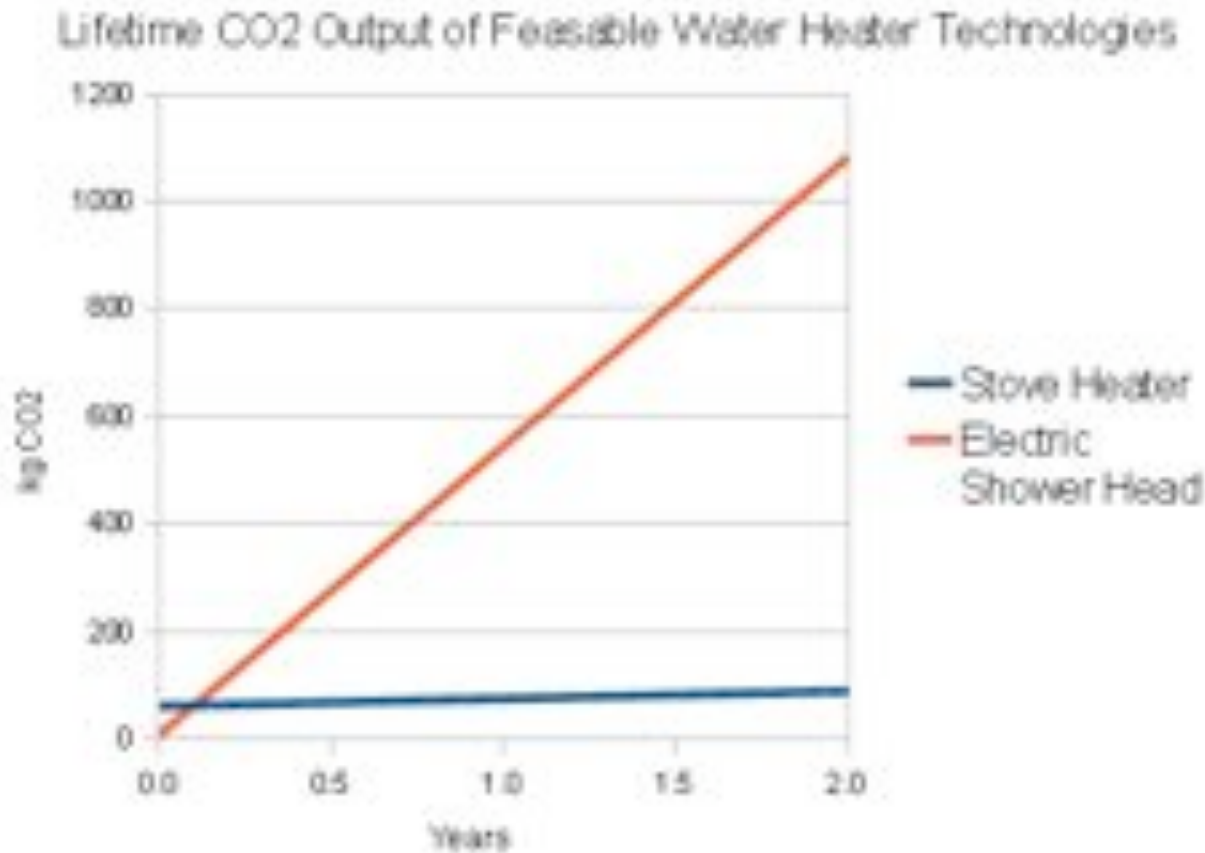


# And the total CO2 of an electronic shower... Y el CO2 de una ducha electronica...

Electric Shower Head	Total	Plastic Parts	Metal Parts
Mass (kg) (Masa)		2	2
CO2 Footprint, Primary production (kg/kg)		2	2.5
Embodied CO2 for New Parts (kg)	<b>9</b>	4	5
Expected Part Lifespan (years)		2	2
Embodied CO2 per Year (kg/year) (CO2 de los partes)	<b>4.5</b>	2	2.5
Power Rating (kW) (Especificacion de Poder)	4.5		
Time Used per Shower (h/shower)	0.1		
Showers per Day (shower/day)	3		
Time Used per Day (h/day)	0.3		
Energy Used per Day (kWh/day) (Energia cada dia)	1.35		
Energy Used per Year (kWh/year) (Energia cada ano)	493		
Energy Used per Year (MJ/year)	1774		
CO2 Intensity of Coal (gCO2/MJ) (Cantidad de CO2 creado cuando combusta carbon)	90		
Conversion Efficiency (Eficencia de la planta)	0.3		
CO2 Intensity of Electricity (gCO2/MJ)	300		
Electric CO2 Use per Year (kg/year) (CO2 de la electricidad)	<b>532.2</b>		
Total CO2 per Year (kg/year) (Total CO2 creado cada ano)	<b>536.7</b>		

# Which boils down to a CO2 payback of...

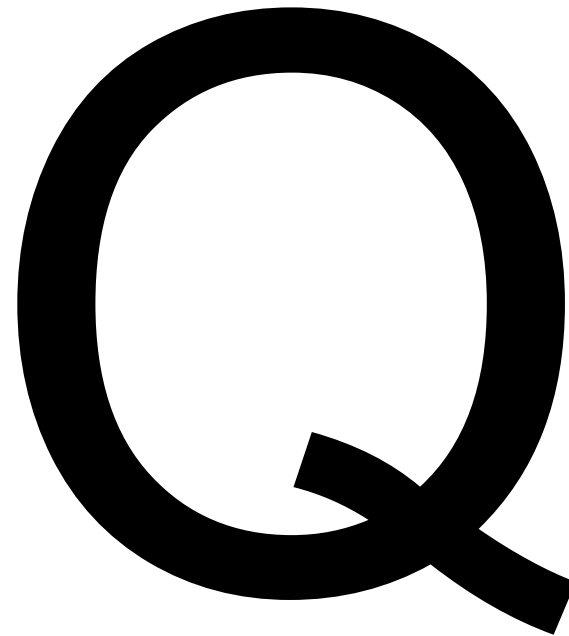
## Que significa equilibria de CO2 en...



CO2 Payoff	
Total CO2 per Year of Stove Heater (kg/year)	14
Total CO2 per Year of Electric Heater (kg/year)	537
Yearly CO2 Offset (kg/year)	523
Initial Embodied CO2 of Stove Heater (kg)	62
Initial Embodied CO2 of Electric Heater (kg)	9
Initial Embodied CO2 Difference (kg)	53
Time to Break CO2 Even (years) (Tiempo en anos)	<b>0.10</b>

But people don't really care about CO (and that is sad)  
Pero la gente no piensan de la cantidad de CO2 (y esto es triste)

- They really care about:
- En realidad piensan de:

A large, bold, black dollar sign (\$) symbol, centered on the left side of the slide.A large, bold, black capital letter Q, centered on the right side of the slide.

# So what does Guatemala pay for electricity? Cuanto paga Guatemala para electricidad?

- 1.8 Q/kWh is payed to the electric company
- But 0.5Q/kWh is payed by the government as an electricity subsidy
- So Guatemaltecos only pay 1.3 Q/kWh
- 1.8 Q para cada kWh esta pagando a la empresa de electricidad
- Pero el gobierno de Guatemala paga 0.5 Q para cada kWh
- Entonces los Guatemaltecos pagan solamente 1.3 Q para cada kWh

And so we analyzed the economic costs of  
the stove heater

Entonces analizamos los costos economicos  
del calentador de la estufa

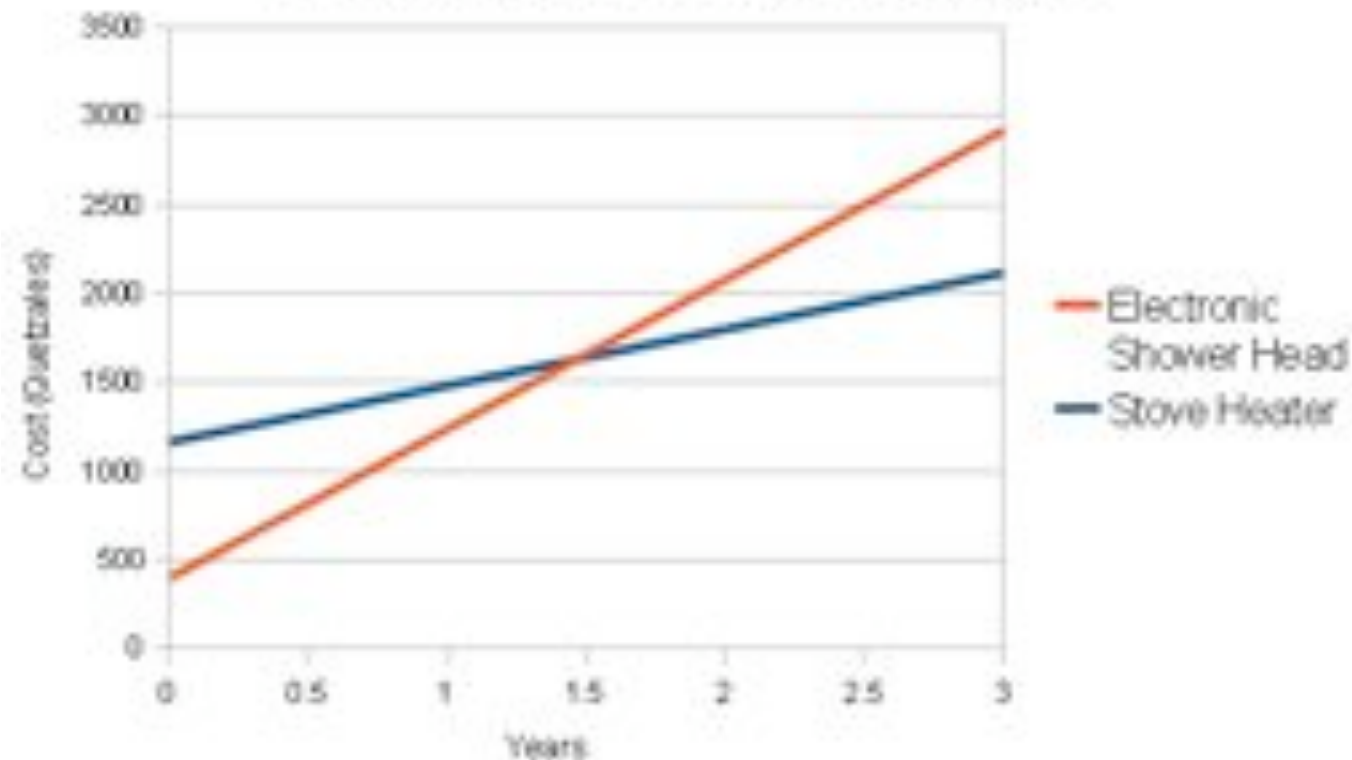
Stove Heater Economic Costs	Total	Steel Tubes	Teflon Tape	PVC Couplings	More
Initial Cost (Quetzales) (Costo Primero)	<b>1165</b>	150	5	60	More
Expected Part Lifespan (years) (Vida de las partes)		5	5	2	More
Capital Cost per Year (Q/year) (Costo de los partes cada ano para mantener el sistema)	318.0	30.0	1.0	30.0	More
Total Cost per Year (Q/year) (Costo total cada ano para mantener y usar el sistema)	<b>318.0</b>				
Total Cost Over 30 Years (Q) (Costo total despues de 30 anos)	<b>9540</b>				

# And the economic costs of the electric shower too.. Y los costos economicos de la ducha electronica...

Electric Shower Head	
Capital Cost (Quetzales) (Costo primero)	400
Expected Lifespan (years) (Vida del sistema)	2
Capital Cost per Year (Q/year) (Costo cada ano)	<b>200</b>
Power Rating (kW) (Specificaion de poder)	4.5
Time Used per Shower (h/shower) (Tiempo cada ducha)	0.1
Showers per Day (shower/day) (Duchas cada dia)	3
Time Used per Day (h/day) (Tiempo usado cada dia)	0.3
Energy Used per Day (kWh/day) (Energia usado cada dia)	1.35
Energy Used per Year (kWh/year) (Energia usado cada ano)	493
Cost of Electricity (Q/kWh) (Costo de electricidad cada kWh))	1.3
Electrical Cost per Year (Q/year) (Costo de electricidad cada ano)	<b>641</b>
Total Cost per Year (Q/year) (Costo total cada ano)	<b>841</b>
Total Cost Over 30 Years (Q) (Costo total despues de 30 anos)	<b>25217</b>

Which means an economic payoff time of...  
 Que significa una equilibria de los costos economicos en...

Lifetime Cost of Water Heater Technologies



Economic Payoff	
Total Cost per Year of Stove Heater (Q/year)	318
Total Cost per Year of Electric Heater (Q/year)	841
Yearly Cost Offset (Q/year)	523
Initial Cost of Stove (Q)	1165
Initial Cost of Electric Heater (Q)	400
Initial Cost Difference (Q)	765
Time to Break Even (years) (Tiempo en anos)	<b>1.5</b>

We think this is a pretty appropriate technology...  
Creamos que esto es una tecnologia muy apropiada...

- So how could it be implemented?
- Professional install or do it yourself install?
- We decided on a do it yourself method
- So we wrote an installation manual
- Como implementamos?
- Instalacion profesional o de la persona?
- Decidimos en un instalacion de la persona
- Entonces escribimos un manual por instalacion



# Manual Agua Caliente de Estufa

2011

Philip Chahade  
Henry Perez  
Roman Velazquez  
Eury Arceles  
Miguel Perez



## Tabla de Contenidos

1. Que es el sistema
2. Como funciona el sistema
3. Beneficios y problemas del sistema
4. Materiales que necesita
5. Pasos para construir el sistema
6. Problemas y respuestas
7. Riesgos
8. Problemas y soluciones.

## Que es el sistema

Un calentador de agua de estufa es una tecnología que usa la energía perdida de la chimenea en las casas. Ahora, la mayoría de familias utilizan un sistema de agua caliente que tiene costos. El primer costo es el dinero que necesitamos pagar por la electricidad que utilizar, el segundo son los efectos ambientales por la generación de la electricidad.

Este sistema no tiene los mismos costos que el sistema tradicional. Este sistema representa una nueva manera para generar agua caliente con menos costos.



## Como funciona el sistema

El sistema funciona a través del calor perdido de la chimenea. Para capturar el calor, el sistema utiliza tubos de acero que están adentro de la chimenea. Los tubos dentro de la chimenea sirven para transferir el calor del humo hacia el agua. Los tubos están conectados hacia un depósito aislado de agua. El depósito está situado en un parte más alta de la chimenea para que los tubos tengan un desnivel que permita que el agua fluya.

El sistema no necesita una bomba. El agua fluye por la diferencia de densidad provocada por la diferencia de temperatura. El agua fría en el depósito baja porque tiene más densidad y cuando pasa por los tubos de metal, se calienta y comienza a subir al depósito porque tiene menos densidad.

El proceso continúa calentando si la estufa está produciendo humo caliente.



## AGUA CALIENTE DE ESTUFA

### Beneficios

La construcción del sistema es fácil y barata.

No necesitamos pagar por el servicio.

Es menos dañino para el medio ambiente porque no usa energía eléctrica.

El sistema usa energía que antes estaba perdida.

El sistema es más efectivo que los calentadores eléctricos.

### Problemas

Necesitamos usar la estufa para obtener agua caliente.

Necesitamos un lugar alto para colocar el depósito.

Necesitamos un taladro para hacer orificios.

La persona que instala necesita la habilidad.



## ARMA CALIENTE DE BETÓN

### Materiales y costos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
Tubo galvanizado	2 tubos	80	160
costa de metal	4	5	20
margen de soldadura	8m	40	320
atrapabolas de PVC	4	3	12
armadura	4	2.80	11.20
accesorios	4	3	12
descontar de agua	1	80	80
regla de madera	1 pieza	200	200
varas de hierro	3	2500	7500
costa de nylon	1	5	5
hilo	1	90	90
arena	1	300	300
costa PVC	4	2500	10000
<b>total</b>			<b>13000</b>

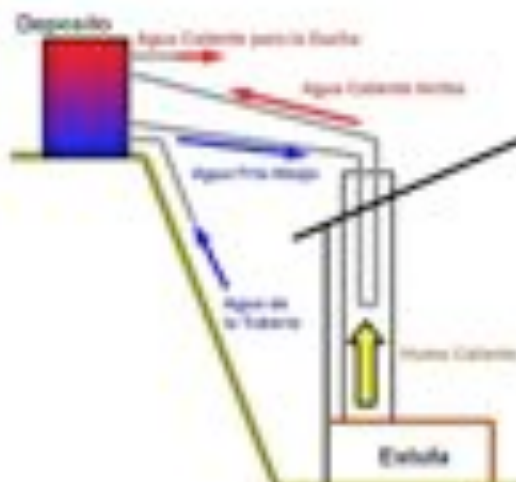


## AGUA CALIENTE DE ESTIVA

### Pasos para construir el sistema

Este es el esquema para ver lo básico del sistema.

### El Plan para el Sistema



### AREA CALIENTE DE ESTUFA

1. Asegurar que existe un lugar cerca de la chimenea que sirva como base para colocar el depósito siempre y cuando este a una altura superior a la chimenea. Y si no existe se debe comprar madera y construir la base.
2. Medir la distancia entre la estufa y el depósito.
3. Comparar los materiales, mirar sección 4 para saber la lista de materiales y los costos.
4. Preparar los tubos de metal con cinta de teflón para asegurar que el agua no escape de los tubos.

#### Preparar los Tubos para los Coples

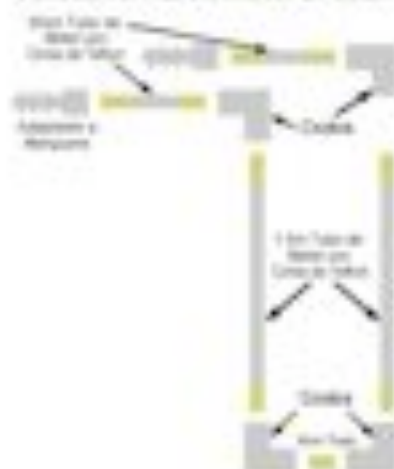




## ARMA CALIENTE DE ESTIWA

- Conectar los tubos de metal, los codos y los adaptadores para la manguera.

### Construir el Transformador de Calor



- Colocar el transformador adentro de la chimenea.

### Instalar los Tubos de Metal



## AGUA CALIENTE DE ESTIVA

7. Hacer 4 agujeros en el depósito 2 en la parte inferior y 2 en la parte superior. Conectar un adaptador a una cople por cada agujero y asegurar que tenga cinta de teflón y un empaque.

### Construir el Depósito

Necesitamos poner dos pares de coples arriba y dos pares abajo.

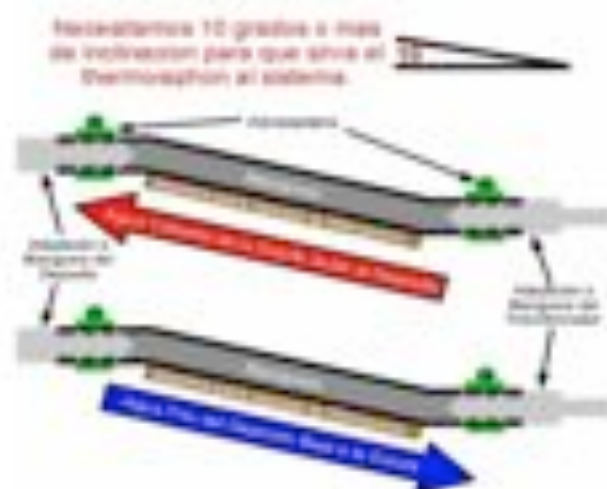


8. Instalar la madera que servirá de apoyo a la manguera, necesitamos 2 pedazos de madera, uno para sostener la manguera de agua caliente y otra para sostener la manguera de agua fría. Es importante que la madera tenga inclinación hacia arriba en comparación a la chimenea para que sirva el termosiphon.

## AGUA CALIENTE DE BETHWA

- Conectar la manguera del transformador al depósito. Asegurar la manguera con las abrazaderas.

### Conectar el Cambiador al Depósito



- Conectar el flotador al depósito de agua.
- Conectar el agua caliente hacia el lugar donde será instalada la ducha. Instalar la ducha.
- Conectar el agua de la tubería hacia el depósito, el tubo entre en la parte inferior del depósito.
- Duchar.



## AGUA CALIENTE DE ESTUFA

### RIESGOS

- Desamarramiento del agua por causa de un fenómeno natural, como un temblor o viento fuerte.
- Que el depósito se caliente por el exceso de calor y sufra daños ya que el material es plástico.

### Problemas y respuestas

**Problema** No tenemos humo caliente de la chimenea todo el día porque solo utilizamos la estufa solo cuando cocinamos.

**Respuesta** No queremos quemar más leña solo para calentar agua. Entonces, necesitamos mantener el calor del agua a través de insulación y de esta forma almacenar agua caliente en el tanque.

**Problema** En verano (noviembre a marzo) tenemos temperaturas muy bajas y el agua y los tubos se enfría rápidamente.

**Respuesta** Necesitamos un material para mantener insulación en las mangueras y los depósitos agua.

**Problema** Durante toda la noche y la mañana el agua es muy fría porque no tenemos encendida la estufa.

## AGUA CALIENTE PE ESTIVA

**Respuesta** Necesitamos un material para mantener calor en las mangueras y el depósito de agua.

**Problema** No todas las casas cuentan con un espacio con una altura grande para colocar el depósito de agua porque el depósito tiene que estar a una altura mayor a la de la chimenea. Todas las casas no tienen terreno con una altura elevada.

**Respuesta** Necesitamos construir una base de madera o cemento que soporte el peso del agua.

**Problema** El agua fluye muy lento.

**Respuesta** Necesitamos comprar manguera con un diámetro más grande que permita mayor flujo de agua en el sistema.

## AGUA CALIENTE DE SETWA

ANEXOS.



## AGUA CALIENTE DE ESTIVA





# After 2 months, what did we do?

## Despues de 2 meses, que hicimos?

- Built a functioning system for under \$150
- Showered (It was hot)
- Explored different materials
- Thought about insulation
- Analyzed the thing like crazy
- Created a user manual
- Construimos un sistema que funciona por menos de Q1200
- Duchamos (Fue caliente)
- Exploramos materiales diferentes
- Pensamos de insulacion
- Analizamos como locos
- Creamos un manual

# Future Work to be Done...

## Trabajo por el Futuro...

- Install a system at a house using the manual
- Take long term usage data
- Get feedback from the users of the system
- Experiment with tank insulation
- Experiment with other heat exchanger designs
- Experiment with high temp PVC and other tubing
- Update the manual with found improvements
- Usar el manual para instalar un sistema en un casa
- Colectar datos de uso
- Colectar informacion de las personas quien estan usando el sistema
- Experimentar con insulacion
- Experimentar con disenos de transformadores de calor
- Experimentar con PVC de alta temperatura y otros tubos
- Mejorar el manual

# After 2 months, what did we learn? Despues de 2 meses, que aprendiamos?

- Rain is a work stopper
- Hardware stores are a whole day away so plan what you need exactly before you go
- Cultural differences and language barriers can cause frustration and slow work speed
- La lluvia para trabajo
- Cuesta un dia viajar a las ferreterias entonces planear lo que necesita antes de ir
- Diferencias culturales y dificultades de lengua causa sentimientos de frustracion y atrasa trabajo



4 Clean  
Men =  
Success

4 Hombres  
Limpios =  
Exito

Questions?  
Preguntas?