

“El servicio a la India significa el servicio a millones que sufren. Significa el fin de la pobreza, de la ignorancia, de la enfermedad y de la desigualdad de oportunidades. La ambición del hombre más grande de nuestra generación fue enjuagar cada lágrima de cada ojo. Es posible que esto nos supere, pero mientras haya lágrimas y sufrimiento, nuestro trabajo no habrá terminado. [...] Estos sueños son para la India, pero también para el mundo, porque todas las naciones y todas las personas se encuentran hoy entrelazadas de manera muy estrecha como para que cualquiera de ellas se imagine que puede vivir separada. Se ha dicho que la paz es indivisible. Así es también la libertad, así es actualmente la prosperidad, y también así es el desastre en este mundo único que ya no puede ser dividido en fragmentos aislados”

Discurso pronunciado en la Asamblea Constituyente, Nueva Delhi, el 14 de agosto de 1947, en la víspera de la Independencia. Jawaharlal Nerhu



Resumen

El presente proyecto surge de la colaboración que el Centro de Cooperación para el Desarrollo de la UPC mantiene con la Fundación Laia Mendoza, ONG que trabaja en pro del desarrollo educativo y tecnológico en el área rural de Vedanthangal, en el sureste indio.

El objetivo principal de este trabajo es promover el uso de energías renovables tanto en los países en vías de desarrollo, como en las sociedades occidentales.

La parte del trabajo más importante se ha realizado durante cinco meses de estancia en la India. El déficit energético que vive la zona de Vedanthangal debido al uso abusivo de la biomasa constituye el principal motivo por el cual se promueve lo establecido en el presente proyecto.

Tras realizar un análisis exhaustivo de la situación y problemática local, se adopta una estrategia que está basada en la finalidad última de promover el desarrollo de capacidades y libertades de los habitantes del lugar. Dicha estrategia consta de dos líneas clave: promover mejoras en la educación a diversos niveles (línea que queda fuera del alcance del presente proyecto), y la implantación de cocinas solares bajo un contexto y una problemática concreta que permita realizar un estudio de impacto social y de viabilidad.

El ámbito elegido para la implantación de las cocinas solares es el de los centros preescolares (anganwaddys o parvularios), donde confluyen una serie de condicionantes que permiten la realización de un proyecto piloto y las correspondientes actividades de capacitación. Además, se espera mejorar las condiciones de salubridad de niños y niñas, que actualmente están expuestos a los efectos del humo provocado por cocinar con leña en el interior del centro educativo.

El desarrollo del proyecto ha puesto de manifiesto la complejidad de la sociedad india y la importancia de la educación como pilar en la cooperación internacional. A pesar de las múltiples dificultades del día a día encontradas sobre el terreno, se ha conseguido promover el uso de energías alternativas y también se ha demostrado que la sociedad de Vedanthangal es capaz de asumir y aceptar la tecnología solar.

La promoción del uso de energías renovables en las sociedades occidentales se ha abordado a partir del diseño y construcción de un primer prototipo de horno solar, de diseño original que dispone de un seguidor solar automático. Además, se ha buscado en todo momento diseñar una electrónica flexible que permita la introducción de nuevas características funcionales al horno solar.



Sumario

RESUMEN	1
SUMARIO	3
GLOSARIO	5
PREFACIO	7
INTRODUCCIÓN	9
1 ANTECEDENTES Y CONTEXTO INSTITUCIONAL	11
1.1 Las instituciones.....	11
1.2 El programa.....	12
1.3 El origen	13
2 SITUACIÓN ACTUAL	15
2.1 India, Tamil Nadu y Vedanthangal	15
2.2 Cambio climático y Desarrollo Humano	17
2.3 Energía solar, una buena alternativa.....	20
2.4 Estudio del impacto medioambiental.....	21
3 DESARROLLO HUMANO	23
3.1 El enfoque de las capacidades.....	23
3.2 Tecnología para el desarrollo humano (TPDH)	26
3.3 El papel de la energía	26
4 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN VEDANTHANGAL	31
5 ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN	37
5.1 Elaboración de las líneas básicas necesarias para la composición de un proyecto educativo.....	37
5.2 Aplicación real.....	40
5.2.1 Identificación del entorno social de los parvularios.....	41
5.2.2 Estudio de las posibles estrategias a seguir.	46
5.2.3 Planificación de la estrategia a seguir	48
5.3 Estudio de las cocinas solares	49
5.3.1 Clasificación y elección de los tipos de cocinas utilizados	49
5.3.2 Consideraciones previas al cálculo de la eficiencia	52
5.3.3 Cálculo de la eficiencia del horno solar	54
5.3.4 Cálculo de la eficiencia de la cocina solar parabólica.....	57



5.3.5	Comparativa del horno de caja con la cocina parabólica basándose en la utilidad en los parvularios	57
5.4	Evolución y resultado de la estrategia.....	61
6	SURIEL, UN NUEVO PROTOTIPO SOLAR	63
6.1	Aspectos a considerar en el diseño de la cocina solar.....	63
6.2	Diferencias entre los hornos utilizados en la India y el nuevo prototipo.....	64
6.3	Descripción de Suriel.....	64
6.4	Diseño y componentes mecánicos	64
6.5	Componentes eléctricos y electrónicos.....	67
6.6	Materiales usados, y presupuesto económico.....	72
6.7	Análisis del horno.....	74
	CONCLUSIONES	77
	Conclusiones capítulos 4 y 5	77
	Conclusiones capítulo 6	79
	AGRADECIMIENTOS	81
	BIBLIOGRAFÍA	83



Glosario

CCD: Centro de Cooperación para Desarrollo de la UPC

EML: Enfoque Marco Lógico

FLM: Fundación Laia Mendoza

HDR: Informe para el Desarrollo Humano (Human Development Report)

IDG: Informe Desarrollo de Género

IDH: Índice del Desarrollo Humano

INR: Rupia India (moneda del país)

IITM: Indian Institute of Technology Madras

ODM: Objetivos del Milenio

ONG: Organización No Gubernamental

PFC: Proyecto Final de Carrera

PIB: Producto Interior Bruto

PIC: Peripheral Interface Controller (Controlador de Interfaz Periférico).

TNF: Tamil Nadu Foundation (ONG asociada a la FLM en India)

TPDH: Tecnología para el Desarrollo Humano

UPC: Universidad Politécnica de Cataluña



Prefacio

El presente proyecto de cooperación no tuvo origen dentro de la comunidad universitaria, sino que se propuso desde la Fundación Laia Mendoza (FLM), una ONG que tiene su sede en Badalona y que vive y trabaja día a día en una pequeña zona del sur de la India.

La FLM propuso a la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) la realización de diversos proyectos durante el verano del 2006, momento en el que gracias a las ayudas del Centro de Cooperación para el Desarrollo (CCD) de la UPC, tres ingenieros tuvieron la oportunidad de visitar y conocer el lugar donde trabaja la ONG (Vedanthangal). Éstos, también aprovecharon su estancia para establecer relaciones con la universidad del gobierno indio Indian Institute of Technology Madras (IIT), ingenieros locales, etc.

A principios de 2007, previamente a la realización de este Proyecto Final de Carrera (PFC), el profesor Lluís Batet (tutor del proyecto) tuvo también la oportunidad de visitar Vedanthangal para conocer los diferentes proyectos que lleva a cabo la FLM.

Mi interés tanto por la cooperación como por las energías renovables empezó varios años atrás, cuando decidí integrarme en la ONG Vols para colaborar en proyectos educativos de cooperación en Perú. Así pues, con la realización de este proyecto he tenido la oportunidad de combinar dos grandes e importantes ámbitos de mi vida, la cooperación y la tecnología.

Una de las condiciones previas a la realización de este proyecto, fue la de conseguir fondos para poder cubrir los gastos ocasionados por una actividad de este tipo. La FLM aportó las ayudas necesarias en relación a los materiales necesarios, y los gastos debidos a desplazamientos fueron concedidos por el CCD. También se debe mencionar la subvención que otorgó el CCD para la compra de un horno solar.

Antes de la estancia en la India, fue de gran importancia la capacitación y formación personal sobre la temática del proyecto. Por ello, se estableció contacto con instituciones que trabajan en el ámbito de las energías renovables. Las asociaciones con las que se contactó fueron: GAIADÉA (*Grup Associat per la Investigació i Assessorament d'Energies Netes i Agroecologia*), UPC Terrassa, el Centro Nacional de Cocinas Solares de Suiza y la *Fundació Terra*.



Introducción

La problemática que dio origen a este proyecto se enmarca en un entorno físico y social concreto en el sudeste de la India, Vedanthangal (Tamil Nadu, Chennai). La FLM trabaja en este poblado con el objetivo de ofrecer un desarrollo humano integrado. Sus tres grandes áreas de trabajo son la educación, la sanidad y el crecimiento sostenido. Con el objetivo de dar respuesta a las necesidades de estas tres grandes áreas, la ONG tiene en la actualidad diversos proyectos en funcionamiento. Algunos de estos, necesitan de un apoyo tecnológico y se realizan en colaboración con el CCD. Actualmente, están en curso cuatro proyectos tecnológicos: agronomía (UPC-EUATAB), urbanismo (UPC-ETSAV-ETSAB), agua (UPC-ETSEIB) y energía (UPC-ETSEIB), proyecto en el cual se enmarca el presente PFC.

La problemática general que motiva la ejecución de este proyecto tecnológico es el uso abusivo de la biomasa como único recurso energético en la cocción de alimentos. Los problemas que derivan de este mal uso de la biomasa provocan una deforestación pronunciada de la zona, una desertización, una disminución de la capa freática, un aumento de la problemática en época monzónica (estación de lluvias), un aumento del tiempo dedicado a la recolecta de esta fuente de energía, etc.

El principal objetivo de este trabajo será pues, dar una respuesta concreta al déficit energético que sufre la zona. Se tratará en primer lugar, de conocer la realidad local (capítulo 2 y 4) para poder elaborar posteriormente una estrategia apropiada (capítulo 5). También será importante definir unas líneas básicas que definan un proyecto educativo (capítulo 5.1).

Con todo ello, se intentará resolver la problemática concreta de los parvularios o anganwaddys mediante la implantación de cocinas solares, que permitirá realizar un estudio del impacto social y de viabilidad (capítulos 5.2 y 5.4). Para ello también será necesario realizar un estudio del estado del arte de las cocinas solares que posibilitará la elección de la cocina más apropiada en la aplicación real (capítulo 5.3).

Por otro lado, se ha creído interesante complementar el trabajo (debido a que se considera que el problema energético tiene un carácter mundial) con el diseño y la construcción de un horno solar pensado para ser utilizado en nuestra sociedad (capítulo 6). Los conocimientos adquiridos durante los meses de trabajo en la India serán imprescindibles en la realización del prototipo.

Con estos objetivos, y con la dificultad de trabajar en una cultura desconocida, se inició el trabajo, para la realización del cual su autor pasó 5 meses en la zona de Vedanthangal.



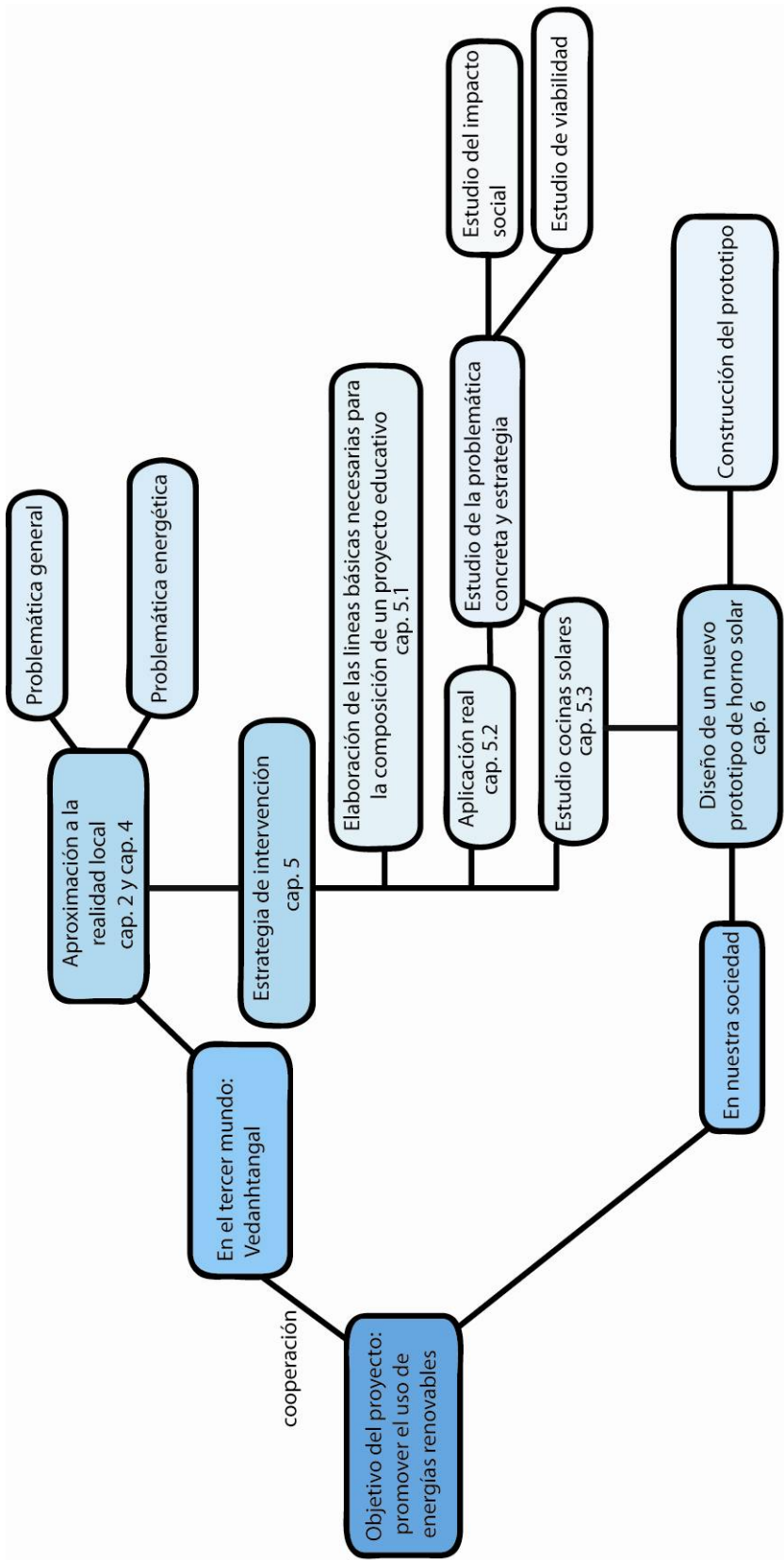


Ilustración 1: Diagrama de los objetivos del proyecto



1 Antecedentes y contexto institucional

1.1 Las instituciones

En este apartado, se introduce brevemente a las dos grandes instituciones que han apoyado y han hecho posible la realización de este proyecto por parte de la UPC.

En primer lugar, se ha recibido el apoyo del Centro de Cooperación para el Desarrollo, una entidad sin ánimo de lucro, que nace en 1992, a iniciativa del Consejo Social de la Universidad Politécnica de Catalunya. El CCD es un centro plenamente integrado en la UPC desde el que se impulsa y se da apoyo a iniciativas de voluntariado en las que pueden participar todos los miembros de la comunidad universitaria. El CCD es un Centro de Cooperación desde donde se canalizan iniciativas solidarias hacia los países y regiones donde las situaciones de desigualdad son más notorias, con el objetivo de compartir el bagaje de conocimientos científicos, técnicos y sociales que estimulen un progreso humano equilibrado, autónomo y sostenible [3].

En segundo lugar, se ha trabajado con la Fundación Laia Mendoza (FLM), una ONG muy joven (fue fundada en el 2005) que tiene como objetivo ayudar al desarrollo de la zona de Vedanthangal, en el sur de la India. Dicha zona comprende, básicamente, el conjunto de comunidades (panchayat en tamil) de Vedanthangal: un conglomerado de aldeas con una población total de unos cuatro mil habitantes. La ONG trabaja en tres grandes áreas: educación, sanidad y crecimiento sostenible [7]. Las líneas de trabajo de cada área se definen en la Tabla 1.

Una entidad muy vinculada a la FLM es la ONG Tamil Nadu Foundation (TNF) [19]. Esta ONG proporcionó el apoyo necesario a la FLM en la India hasta que fue legalmente reconocida como Laia Foundation. La TNF coordina los proyectos de una multitud de ONG's que trabajan en Tamil Nadu, y sus conocimientos técnicos y sociales han sido de gran ayuda para el programa de la FLM.

La UPC, a raíz del primer proyecto subvencionado por el CCD, coopera desde el año 2006 con la FLM para mejorar las condiciones de vida de los habitantes de Vedanthangal.



Área	Líneas de acción
Educación	<p>Mejorar las condiciones de las escuelas y guarderías de la zona.</p> <p>Donación de becas para estudiantes.</p> <p>Creación de escuelas nocturnas.</p> <p>Talleres de costura.</p> <p>Creación de un aula de informática.</p>
Sanidad	<p>Construcción de un consultorio de salud para prevenir, diagnosticar y tratar las patologías más comunes, para disminuir la malnutrición infantil y difundir conceptos de salud e higiene.</p> <p>Construcción de las infraestructuras necesarias para mejorar la calidad del agua.</p>
Crecimiento sostenible	<p>Ayuda al agricultor de subsistencia.</p> <p>Mejora de la infraestructura y del urbanismo de la zona</p> <p>Plantación de aloe vera y plantas medicinales.</p> <p>Implantación de cocinas solares y secadores.</p> <p>Producción de medicamentos naturales a través de asociaciones de mujeres.</p>

Tabla 1. Líneas de acción de la FLM (2006-2007) [7]

1.2 El programa

La UPC coopera con la FLM en la mejora de infraestructuras y la aportación de tecnología apropiada. Un equipo multidisciplinar de la UPC da soporte a los diferentes ejes que se han definido hasta ahora en la cooperación UPC-FLM: energía, agua, arquitectura y agricultura. La UPC y la FLM han enfocado el desarrollo humano de la región a partir de una estrecha colaboración y coordinación en los diferentes ámbitos de trabajo [5].

El proyecto de energía se centra principalmente en la mejora de las condiciones de vida. En las áreas rurales de la India, se utiliza la leña como principal fuente energética, hecho que provoca una gran carga sobre el ecosistema de la zona, y es causa de dolencias en la vista y los pulmones de las mujeres y los niños debido a las deficientes condiciones de ventilación de las cocinas.



1.3 El origen

Bajo el marco que definen estas instituciones y esta problemática, en el verano del 2006, ingenieros del equipo de la UPC se desplazaron a Vedanthangal con el objetivo de:

1. Identificar las necesidades energéticas del área de Vedanthangal
2. Estudiar y establecer las bases de un proyecto para introducir la cocina solar en las comunidades de Vedanthangal.
3. Realizar un primer estudio de la cantidad y calidad del agua de las comunidades.
4. Identificar los puntos débiles de la situación arquitectónica y de infraestructuras urbanas.

Gracias al trabajo realizado se elaboraron dos informes relacionados con el proyecto energético: *Solar Cookers Project in Anganwaddys* [6] y *Projecte India 2006* [4]. Estos informes se pueden consultar a través del CCD y conforman el conjunto de documentos precedentes a este proyecto, elaborados por el equipo multidisciplinario de la UPC que trabaja en este proyecto.

Tal y como ya se ha dicho, el tutor de este proyecto tuvo la oportunidad de visitar a principios de 2007 la zona de Vedanthangal. Gracias a esta visita y a la información de los documentos anteriormente mencionados, se perfilaron el alcance y contenido del presente PFC, antes de desplazarse a Vedanthangal entre marzo y agosto de 2007 para su ejecución.

El presente proyecto se enmarca dentro de la línea de acción “Implantación de cocinas solares” de la FLM. De hecho, parte de los trabajos que se describen en esta memoria constituyen las actividades de puesta en marcha de dicha línea.



2 Situación actual

El objetivo de este capítulo es el de acercar la realidad de Vedanthangal. Se introducirá brevemente la situación del país, la del estado de Tamil Nadu y la de Vedanthangal (capítulo 2.1). También se explicará cómo puede llegar a afectar el cambio climático a la situación actual de Vedanthangal (capítulo 2.2). Además, se defenderá la energía solar como una buena alternativa para combatir el déficit energético (capítulo 2.3). Por último, se realizará un simplificado estudio del posible impacto medioambiental que generaría el uso de la energía solar (capítulo 2.4).

2.1 India, Tamil Nadu y Vedanthangal

La India celebró el 60 aniversario de su independencia de Gran Bretaña el 15 de agosto de 2007. Es el país democrático más grande del mundo, con una población de 846,3 millones de habitantes. Es una democracia constitucional parlamentaria, con una visión escrita de los derechos fundamentales que incluye la abolición de la condición de intocables y un elaborado conjunto de provisiones de igualdad y no discriminación. Su Tribunal Supremo es el intérprete último de los derechos fundamentales.

A pesar de tratarse de gobernantes elegidos, el Gobierno de la India es corrupto, ineficiente, económicamente desastroso, débil en la defensa de los derechos y de la dignidad de las minorías, complaciente con la postura machista, desatento ante las necesidades educacionales de los niños e ineficaz en sus discusiones sobre la igualdad de sexos [12].

La India es probablemente la nación más diversificada del mundo, con diecisiete lenguas oficiales, cuatro religiones prominentemente institucionalizadas con sistemas legales diferentes (además de otros grupos religiosos más pequeños), enormes diferencias regionales, diferencias de clase y de casta, diferencias entre lo urbano y lo rural, diferencias entre tradiciones matrilineales y patrilineales, entre secularismo y religiosidad, entre racionalismo y misticismo...



Ilustración 2. Mapa de la India [21]



La India es, en su conjunto, un país extremadamente pobre, estando ubicada en la posición 128 de 177 países del mundo, de acuerdo al IDH según el *Informe de Desarrollo Humano 2007/2008 (HDR) [13]*. Esta medición (IDH) incluye longevidad, conocimiento e ingreso (el cálculo implica un complejo proceso de ponderación descrito en el *Informe de 1991*).

Vedanthangal pertenece al estado de Tamil Nadu (capital, Chennai). Este fue el estado más afectado por el Tsunami que destruyó el sudeste asiático el año 2004. La expectativa de vida al nacer es de 63,7 años (en contraste a los 80 años en EEUU, Canadá, Japón y la mayoría de Europa), y la mortalidad infantil es alta: 74 de cada 1.000 nacimientos vivos. La relación entre los sexos nunca ha alcanzado siquiera el uno a uno (cuando la relación natural de sexos es alrededor de 105 niñas por cada 100 niños [1]). Los expertos en salud y nutrición atribuyen generalmente esta desigual relación a la diferencia nutricional entre niños

y niñas y al desigual cuidado de su salud¹. La desigualdad de los sexos está en fuerte correlación con la pobreza. Cuando la pobreza se combina con la desigualdad de los sexos, el resultado es una aguda carencia de capacidades humanas centrales [8].

Vedanthangal está situado a unos 80 kilómetros al sudoeste de la capital. Está formado por 7 poblados y tiene una población de unos 3780 habitantes. La actividad principal de Vedanthangal es la agricultura (90% de la población), basada en el arroz. También se encuentra *dhal* (una especie de lenteja) y cacahuete. El ganado está formado por vacas, cabras y búfalos hembra²

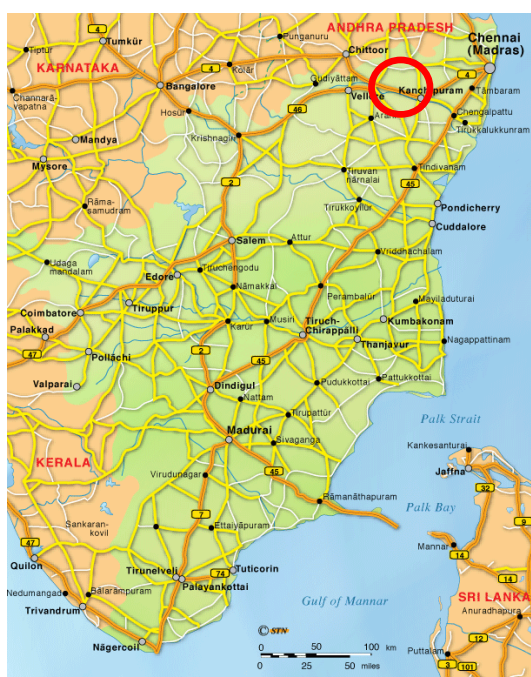


Ilustración 3. Mapa de Tamil Nadu. Kanchipuram dentro del círculo rojo [21].

¹ Estudio realizado por la Indian Association of Women’s Studies, citado en AMARTYA SEN (2000). *Desarrollo y libertad*. Editorial Planeta.

² Información extraída de documentos internos a la FLM elaborados por el representante de la ONG en la India. Lluís Comte.



La mayoría de los habitantes de Vedanthangal pertenece al grupo social de los Dalits, anteriormente nombrados Intocables, sin casta. Los Dalits generalmente no poseen tierras, son contratados por los terratenientes y reciben un salario diario. Los sueldos que reciben los hombres se sitúan alrededor de unas 50 rupias al día (ligeramente por debajo de 1 Euro) mientras que los sueldos de las mujeres son unas 25 rupias diarias (verano 2007). Debido al sistema de castas o lo que es lo mismo, por motivos religiosos, los habitantes de Vedanthangal presentan unas características muy peculiares. Así pues, la escasa voluntad de esforzarse, el poco afán de superación y mejoría están presentes en las actitudes diarias de muchos habitantes de Vedanthangal. Este hecho, como se verá, ha influido directamente en el desarrollo de las tareas que conforman este PFC.

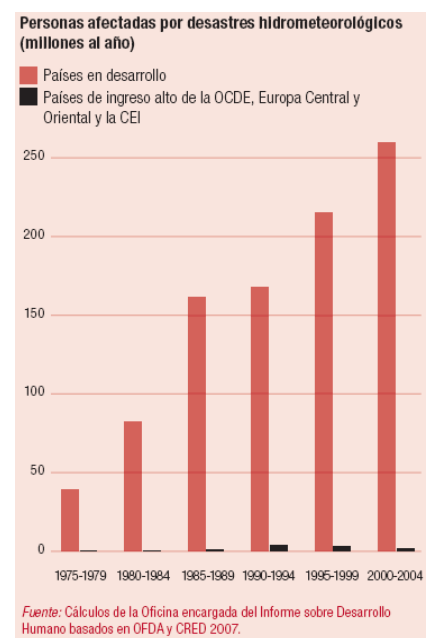
2.2 Cambio climático y Desarrollo Humano

“El progreso humano no es ni automático ni inevitable. El futuro ya está aquí y debemos enfrentar la cruda urgencia del ahora. En este acertijo constante que implica la vida y la historia, la posibilidad de llegar tarde existe. Podemos rogarle desesperadamente al tiempo que detenga su paso, pero el tiempo es sordo a nuestras súplicas y seguirá su curso. Sobre montañas de blancas osamentas y desperdicios de múltiples civilizaciones se observan las terribles palabras: Demasiado tarde”. “¿Qué rumbo tomamos ahora: el del caos o el de la comunidad?”

Martin Luther King Jr. (1968)

El mundo es un lugar heterogéneo: la gente tiene ingresos y riquezas desiguales y el cambio climático afectará a las regiones de manera muy diferente (ver Gráfica 1). En términos del Producto Interior Bruto (PIB) mundial agregado, estos impactos de corto plazo pueden no ser grandes. Pero para algunos de los países más pobres del mundo, las consecuencias pueden ser apocalípticas [13].

A largo plazo, el cambio climático constituye una amenaza masiva para el desarrollo humano y en algunas partes ya está minando los esfuerzos de la comunidad internacional por reducir la extrema pobreza. Por ello, se debe concebir la lucha contra la pobreza y contra los efectos del cambio climático como esfuerzos interrelacionados. Para triunfar hará falta una buena cuota de adaptación, porque el cambio climático afectará de todos modos y muy



Gráfica 1: Comparación de la cantidad de personas afectadas por desastres hidrometeorológicos entre los países en desarrollo y desarrollados [13]



fuertemente a los países más pobres, aun si los esfuerzos por reducir las emisiones comenzaran inmediatamente. Los países deberán desarrollar sus propios planes de adaptación, pero la comunidad internacional deberá prestarles ayuda. Serán necesarios, pues, grandes cambios y políticas ambiciosas.

El desafío distributivo se hace particularmente difícil porque quienes han sido en gran parte causantes del problema –los países desarrollados– no serán quienes sufran las peores consecuencias en el corto plazo. Los más vulnerables son los pobres y ellos ni contribuyen actualmente, ni contribuyeron en el pasado de manera significativa a la emisión de gases de efecto invernadero.

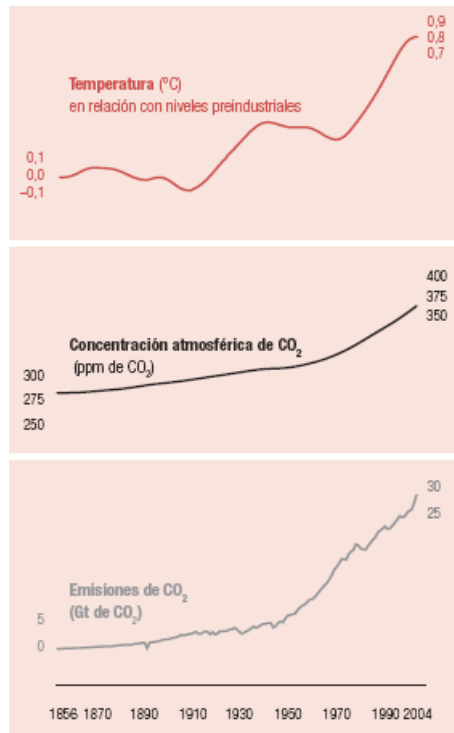
El cambio climático es uno de los problemas que determina el desarrollo humano en la generación actual. En última instancia, todo desarrollo busca ampliar las potencialidades humanas y aumentar las libertades; también busca que la gente pueda desarrollar las capacidades que les permitan tomar decisiones y llevar una vida que consideren valiosa (véase capítulo 3). En este sentido, el cambio climático amenaza con erosionar las libertades humanas y reducir las opciones.

El mundo cuenta tanto con los recursos financieros como con las capacidades tecnológicas para actuar, de modo que si no se logra impedir el cambio climático será a causa de la incapacidad de generar voluntad política para obrar unidos.

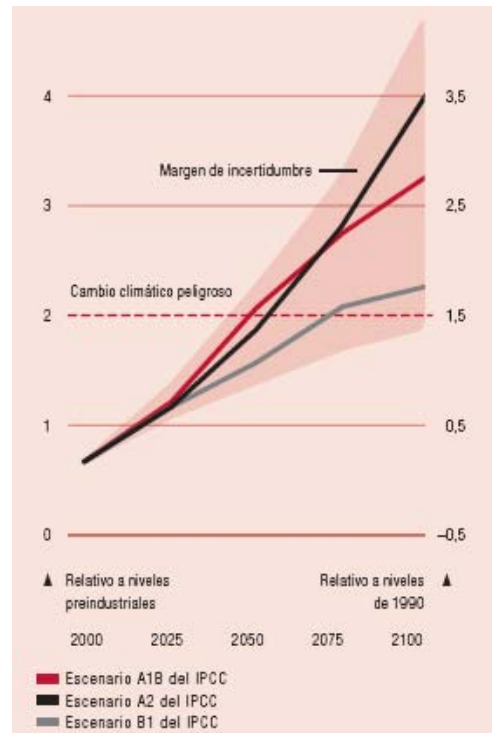
En el transcurso del siglo XXI o algo más, el promedio de la temperatura mundial podría aumentar en más de 4,5°C (véanse los diferentes escenarios o proyecciones en la Gráfica 2). En la Gráfica 3 y la Gráfica 4 puede observarse el incremento de la temperatura que ha habido a lo largo de los siglos XIX y XX. El umbral de un cambio climático peligroso es un aumento del orden de 2°C, y como puede observarse en las gráficas anteriormente mencionadas, hasta el día de hoy el incremento ha sido de aproximadamente 1°C. Este umbral define en términos muy generales el punto en el cual se tornarían inevitables un rápido retroceso en materia de desarrollo humano y una marcha inexorable hacia daños ecológicos muy difíciles de evitar [2].

El punto de partida para evitar el cambio climático peligroso es reconocer las tres características específicas del problema. La primera de esas características es la fuerza combinada de la inercia y las consecuencias acumulativas del cambio climático. La urgencia es la segunda característica del desafío que plantea el cambio climático. Y la tercera dimensión de importancia en el desafío que implica el cambio climático es su escala mundial. A pesar de que se trata de un reto sin precedentes, existen motivos para sentirse optimistas. Hoy, la controversia ya es cosa del pasado y las posiciones escépticas son cada vez más marginales.

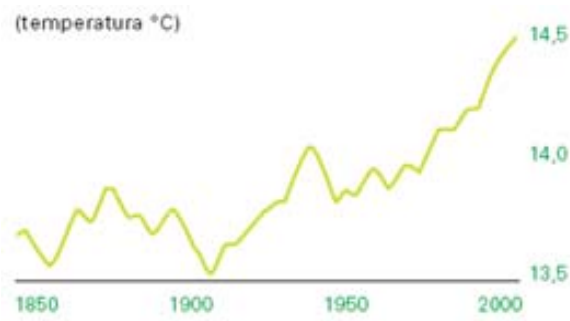




Gráfica 3: Incremento de la temperatura, de la concentración de CO₂ atmosférica y de las emisiones de CO₂ [13].



Gráfica 2: proyecciones de calentamiento superficial medio (°C) [13].



Gráfica 4: Incremento de la temperatura media global observada a nivel de superficie [2].

La evolución de los países no desarrollados jugará un papel muy importante. Estos países deben contar con la flexibilidad suficiente para hacer la transición hacia un crecimiento bajo en emisiones de carbono a un ritmo coherente con sus capacidades. La cooperación internacional tiene una función crítica que desempeña en muchos niveles, como por ejemplo en sistemas de financiamiento y transferencias tecnológicas.



La justicia social y el respeto de los derechos humanos exigen un compromiso internacional más decidido en el ámbito de la adaptación. La lucha contra el cambio climático peligroso es parte de la lucha por la humanidad. Ganar la batalla requiere cambios de gran envergadura en muchos niveles: en el consumo, en cómo se produce y se pone precio a la energía y en la cooperación internacional. Pero, sobretodo, requiere cambios trascendentales en la manera de ver la interdependencia ecológica, la justicia social para los pobres del mundo y los derechos humanos de las futuras generaciones.

Se hace cada vez más evidente la desigualdad de capacidades para adaptarse al cambio climático. Para la parte más desarrollada del mundo, la adaptación implica levantar infraestructuras elaboradas de protección contra el clima. Para la otra parte, la adaptación es prácticamente imposible al no disponer de los recursos suficientes para la construcción de las infraestructuras necesarias para luchar contra el cambio climático.

De entre todos los aspectos recomendados por el HDR 2007/2008 [13] encaminados a fortalecer el marco de la cooperación internacional se destacan los siguientes:

- Mejorar el acceso a servicios modernos de energía y reducir la dependencia de la biomasa, la principal fuente de energía de alrededor de 2.500 millones de personas en el mundo.
- Reducir la tasa de aumento en las emisiones de carbono en los países en desarrollo a través del fortalecimiento de las reformas del sector de la energía, con el respaldo de transferencias financieras y tecnológicas.

Así pues, bajo este gran y complejo marco se inicia este pequeño proyecto. Los países desarrollados son los grandes responsables del cambio climático. El HDR 2007/2008 propone muchas medidas para luchar contra este cambio: medidas a nivel social, político y de cooperación internacional. Es en este último punto donde aparece la oportunidad de colaborar por el desarrollo humano en el presente proyecto.

2.3 Energía solar, una buena alternativa

Siguiendo las recomendaciones comentadas en el apartado 2.2 elaboradas por el IDH 2007/2008 para la cooperación internacional, se encuentra en las energías renovables una mejora al acceso a servicios modernos de energía y una reducción de la dependencia de la biomasa, principal fuente de energía en la India.

Gracias a estas tecnologías se puede reducir la tasa de aumento de emisiones de carbono en los países en desarrollo a través del fortalecimiento de las reformas del sector de la energía con el respaldo de transferencias tecnológicas.



De entre las múltiples alternativas, la energía solar desempeña un papel muy importante. Numerosos motivos animan su uso:

1. Motivaciones medioambientales: a pesar de no existir ningún recurso 100% limpio, debido a que en la fabricación existe un impacto medioambiental, se trata de un recurso más limpio que los convencionales.
2. Motivaciones sociales: la energía solar está (al menos en el plano ideológico) a disposición de todos.
3. Motivaciones tecnológicas: este tipo de energía se puede aprovechar tanto utilizando tecnología muy complicada y cara (principalmente placas fotovoltaicas) como tecnología muy sencilla (aprovechando la radiación directa). Esto permite su uso en países no desarrollados y zonas con un nivel cultural y adquisitivo bajo.

Con todas estas motivaciones, se defiende en este proyecto la energía solar como una buena alternativa al uso de las fuentes convencionales en países en desarrollo.

2.4 Estudio del impacto medioambiental

El uso de la energía solar como fuente energética puede provocar un gran impacto medioambiental en la zona de Vedanthangal. No se pretende mediante la implantación de tecnología solar substituir plenamente a la biomasa como fuente energética, sino más bien complementar su uso. No se puede depender únicamente de la energía solar pero sí que se puede obtener mucho rendimiento y un ahorro importante de biomasa. Tal y como se ve en la Ilustración 4, Tamil Nadu recibe una energía solar muy elevada a lo largo de todo el año.

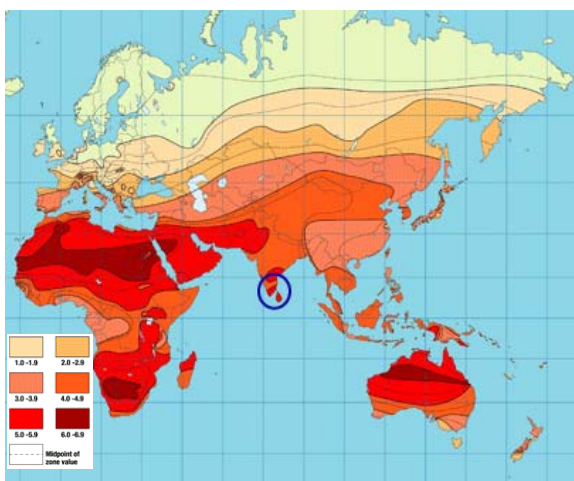


Ilustración 4: Mapa de la radiación solar recibida [6]

Se estima (a la baja) que el 50% de los días del año en Vedanthangal se recibe la radiación solar necesaria para poder cocinar sin problema aprovechando únicamente la energía solar. Si durante esos días la población prepara la comida y la cena gracias a esta tecnología, tan solo debería utilizar leña para preparar el desayuno y calentar la cena. Se considera pues, que en esos días se ahorra como mínimo el 70% de la biomasa que normalmente se utiliza. Considerando que en Vedanthangal hay unas 800 familias de 5 personas de media y que cada familia consume al menos 2 kg de



biomasa al día, el ahorro es, como mínimo, de 204.400 kg de biomasa anuales. Este dato se traduce en la conservación de miles de árboles y arbustos de la zona. Sin duda, el impacto medioambiental que puede provocar la introducción de esta tecnología puede ser muy positivo en una comunidad que actualmente subsiste casi exclusivamente a partir de la energía producida por la biomasa.



3 Desarrollo Humano

Existen muchas formas de entender la cooperación y el desarrollo. En este capítulo se pretende exponer la visión que guía a este proyecto (y al programa de la UPC-FLM del que forma parte), tanto en lo que hace referencia a la concepción de desarrollo (entendido como desarrollo humano), como a la filosofía de cooperación. El motivo de este capítulo es, pues, el de contextualizar las decisiones tomadas a lo largo del proyecto así como las conclusiones extraídas.

3.1 El enfoque de las capacidades

Según el punto de vista que anima este proyecto, cooperar es mucho más que implantar tecnologías, regalar infraestructuras o administrar subvenciones. Cooperar es mucho más que promover el desarrollo económico; cooperar es ante todo favorecer el desarrollo integral humano (véase [1] y [12]).

La economía de la India ha registrado un crecimiento sobresaliente desde 2003. La tasa de crecimiento anual medio del PIB ha sido del 8,1% entre 2003-2004 y 2005-2006 (años fiscales, entre abril y marzo). Esa tasa no sólo ha sido muy superior a la del trienio anterior (5,4%), sino que ha sido la segunda mayor del mundo, tras la de China. Desde el punto de vista macroeconómico se podría considerar innecesaria la cooperación al desarrollo en la India. No obstante, la filosofía en la que se enmarcan las motivaciones del presente proyecto y el concepto de desarrollo que se considera válido, no están ligados única y exclusivamente al desarrollo económico. Es necesario tener más factores en cuenta a la hora de valorar la calidad de vida de las personas.

El programa de actuación en Vedanthangal apunta al desarrollo humano, y se plantea desde el ámbito de las capacidades. No puede salirse al encuentro de las necesidades económicas negando la libertad. Cada persona es digna de consideración como un fin en si mismo y no como un mero medio. No se puede elogiar simplemente el rápido crecimiento económico que deja atrás a mucha gente sin recursos y ha hecho que muchas trabajadoras y trabajadores independientes perdieran su sustento. El crecimiento económico, por lo demás, no mejora por si mismo la situación con respecto a la alfabetización y al cuidado de la salud: hay temas que afectan a todos los ciudadanos y que se dejan en un estado de relativa desatención cuando el crecimiento económico se transforma en el único objetivo. Por otra parte, tampoco se debe demonizar la búsqueda del crecimiento económico, que desempeña un papel en el bienestar de los ciudadanos [1].



Cada persona tiene su propia dignidad y en las preguntas referentes al bienestar deberían considerarse acerca de las personas una a una. Así, se apuesta por un desarrollo individual y no preferentemente global. Para conseguir una igualdad verdadera se debe empezar ayudando a los más desfavorecidos, hecho que no se da en la India, donde existe un gobierno que promueve la clase media-alta para lograr un desarrollo económico a gran escala.

La tarea a emprender es, pues, la de dar herramientas para favorecer el desarrollo de capacidades hoy en día limitadas. De acuerdo con esto, cabe interrogarse sobre qué es capaz de hacer y ser una persona, qué está en condiciones de hacer, cuáles son sus oportunidades y libertades para valorar su calidad de vida.

A veces, el papel del Estado en la formación de adultos que tengan todas las capacidades desarrolladas se comprende de manera estrecha, concentrándose en la alfabetización y en otras habilidades básicas, importantes para el desarrollo técnico y económico. Los estados deben ocuparse de todas las capacidades, aun cuando éstas no parezcan útiles para el crecimiento económico o incluso para el funcionamiento político. Es aquí donde la cooperación tiene un papel muy importante, tanto para desarrollar capacidades de forma directa como para presionar los gobiernos que faciliten este desarrollo. Así pues, bajo esta filosofía, se ha intentado realizar este trabajo.

A continuación se expone una lista de capacidades que se consideran centrales para el funcionamiento humano (se ha seguido aquí el pensamiento de Nussbaum y Sen, [12] y [1]):

Vida. Ser capaz de vivir hasta el final una vida humana de extensión normal; no morir prematuramente, o antes de que la propia vida se haya reducido de tal modo que ya no merezca vivirse.

Salud corporal. Ser capaz de tener buena salud, incluyendo la salud reproductiva; estar adecuadamente alimentado; tener un techo adecuado.

Integridad corporal. Ser capaz de moverse libremente de un lugar a otro; que los límites del propio cuerpo sean tratados como soberanos, es decir, ser capaz de seguridad ante asalto, incluido el asalto sexual, el abuso sexual de menores y la violencia doméstica; tener oportunidades para la satisfacción sexual y para la elección en materia de reproducción.

Sentidos, imaginación y pensamiento. Ser capaz de utilizar los sentidos, de imaginar, pensar y razonar, y de hacer todo esto de forma «verdaderamente humana», plasmada y cultivada por una adecuada educación, incluyendo, aunque no solamente, alfabetización y entrenamiento científico y matemático básico. Ser capaz de utilizar la imaginación y el pensamiento en conexión con la experiencia y la producción de obras y eventos de expresión y elección propia, en lo religioso, literario, musical, etc. Ser capaz de utilizar la



propia mente de manera protegida por las garantías de libertad de expresión con respeto tanto al discurso político como artístico, y libertad de práctica religiosa. Ser capaz de buscar el sentido último de la vida a la propia manera. Ser capaz de tener experiencias placenteras y de evitar el sufrimiento innecesario.

Emociones. Ser capaz de tener vinculaciones con cosas y personas fuera de uno mismo, de amar a quienes nos aman y cuidan de nosotros, de penar por su ausencia, y, en general, de amar, de penar, de experimentar nostalgia, gratitud y temor justificado. Que el propio desarrollo emocional no esté arruinado por un temor o preocupación aplastante, o por sucesos traumáticos de abuso o descuido. (Apoyar esta capacidad significa apoyar formas de asociación humana que pueden mostrarse como cruciales en su desarrollo.)

Razón práctica. Ser capaz de plasmar una concepción del bien y de comprometerse en una reflexión crítica acerca del planeamiento de la propia vida. (Esto implica protección de la libertad de consciencia.)

Afiliación.

A. Ser capaz de vivir con y hacia otros, de reconocer y mostrar preocupación por otros seres humanos, de comprometerse en diferentes maneras de interacción social; ser capaz de imaginarse la situación de otros y de tener compasión de tal situación; ser capaz tanto de justicia cuanto de amistad. (Proteger esta capacidad significa proteger instituciones que constituyen y alimentan tales formas de afiliación, y proteger asimismo la libertad de reunión y de discurso político.)

B. Poseer las bases sociales del respeto de sí mismo y de la no humillación; ser capaz de ser tratado como un ser dignificado cuyo valor es igual al de los demás. Esto implica, como mínimo, protección contra la discriminación basada en la raza, el sexo, la orientación sexual, la religión, la casta, la etnia o el origen nacional. En el trabajo, ser capaz de trabajar como un ser humano.

Otras especies. Ser capaz de vivir con cuidado por los animales, las plantas y el mundo de la naturaleza y en relación con todo ello.

Juego. Ser capaz de reír, jugar y disfrutar de actividades recreativas.

Control del propio entorno.

A. Político. Ser capaz de participar efectivamente en elecciones políticas que gobiernen la propia vida; tener el derecho de participación política, de protecciones de la libre expresión y asociación.



B. Material. Ser capaz de tener propiedad (tanto de la tierra como de bienes muebles), no solamente de manera formal sino en términos de real oportunidad; y tener derechos de propiedad sobre una base de igualdad con otros; tener el derecho de buscar empleo sobre una base de igualdad con otros; no estar sujeto a registro e incautación de forma injustificada.

3.2 Tecnología para el desarrollo humano (TPDH)

Los adelantos sin precedentes registrados en el siglo XX en cuanto a promover el desarrollo humano y erradicar la pobreza fueron en gran medida consecuencia de grandes adelantos tecnológicos [14].

Aunque la disponibilidad de tecnologías modernas no es condición suficiente para un desarrollo humano consecuente, sí resulta, en última instancia, condición necesaria: no existe otra vía, como no sea el uso responsable de esa tecnología para asegurar, por ejemplo, alimentos a los 6.477 millones de habitantes (año 2005) que tiene el planeta (véase [15]).

La tecnología es transformación, y puede, si se quiere, convertirse en transformación en *pro* del desarrollo; desarrollo entendido como sostenibilidad y autodependencia, de todos y de cada uno; como productividad, material y social; como espacio de seguridad y participación en planos de igualdad; en definitiva, desarrollo entendido como aportación de capacidades y libertades. Se trata pues, de un desarrollo en clave humana. Así, hablar de TPDH implica potenciar los mecanismos y estrategias que hacen que ciertas soluciones técnicas dignifiquen y potencien la vida de las personas [9].

3.3 El papel de la energía

La energía tiene una influencia profunda en la vida de las personas que viven en la pobreza, pues es fundamental para prácticamente todos los aspectos del bienestar humano, incluyendo el acceso al agua, la productividad agrícola, la salud, la educación, la creación de empleo y la sostenibilidad ambiental.

El término 'servicios energéticos' se utiliza para describir los beneficios que ofrece el uso de la energía. Para los hogares, estos beneficios incluyen la iluminación, la cocción de los alimentos, la refrigeración, las telecomunicaciones, la educación y el transporte [16]. Los servicios energéticos también pueden abarcar beneficios tales como la potencia mecánica. Todos estos servicios constituyen el último eslabón de lo que se conoce como la 'cadena energética' (véase Ilustración 5). La cadena energética comienza con la extracción o



recolección de las fuentes primarias de energía que, en uno o varios pasos, pueden convertirse en portadores de energía (energía secundaria) adecuados para el uso final. Entre los portadores de energía están los combustibles y la electricidad, los cuales pueden obtenerse de fuentes de energías tanto convencionales como renovables.

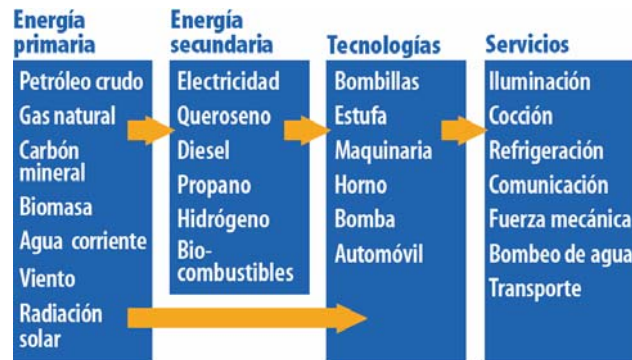


Ilustración 5. Cadena energética [16]

Existen evidencias que afirman que existe una relación entre el Índice de Desarrollo Humano (IDH) y el consumo de energía (véase Ilustración 6). En efecto, en los tiempos modernos no ha habido un país que haya reducido sustancialmente la pobreza sin haber aumentado masivamente el uso de la energía, o sin haber logrado cambios hacia fuentes de energía más eficientes [16].

El PNUD adoptó ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) [17], considerados como esenciales para el desarrollo humano a escala mundial. En la Tabla 2 se describen los posibles vínculos existentes entre la Energía y los ODM.

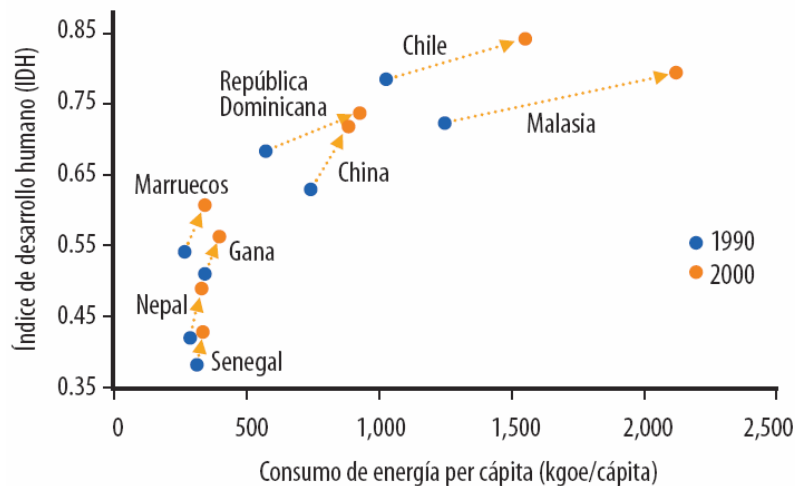


Ilustración 6. Relación entre el IDH en el consumo de energía [16]



ODM**Vínculos con la Energía****Erradicar la pobreza extrema y el hambre**

El conjunto de bienes energéticos, tales como la electricidad y los combustibles, son esenciales para generar empleos, actividades industriales, transporte, comercio, micro-empresas y productos agrícolas.

La mayoría de los alimentos de primera necesidad deben procesarse, conservarse y cocinarse, para lo cual se necesita la energía derivada de diversos combustibles.

Alcanzar la educación primaria universal

A fin de atraer a los maestros a las zonas rurales es necesario dotar a los hogares y las escuelas de electricidad. Después del atardecer se necesita luz eléctrica para estudiar. Muchos niños, especialmente las niñas, no asisten a la escuela primaria porque deben cargar leña y agua para suplir las necesidades de subsistencia de la familia.

Promover la igualdad de género y empoderar a las mujeres

La falta de acceso de las mujeres a los combustibles modernos contribuye a la inequidad de género. Las mujeres son responsables de la mayoría de las actividades domésticas como cocinar y hervir el agua. Esto les resta tiempo que podrían dedicar a otras actividades productivas, así como a la educación y a la participación social. El acceso a los combustibles modernos aligera las cargas domésticas de la mujer y le permite aprovechar oportunidades educativas, económicas y de otro tipo.

Reducir la mortalidad infantil

Las enfermedades causadas por el agua sin hervir y las enfermedades respiratorias causadas por la contaminación del aire en el interior de las viviendas por el uso de combustibles y estufas tradicionales, contribuyen directamente a la mortalidad de lactantes y niños.

Mejorar la salud materna

Las mujeres sufren desproporcionadamente los efectos de la contaminación del agua y del aire en las viviendas, así como de las enfermedades relacionadas con los alimentos. La falta de electricidad en las clínicas, la falta de luz para atender los partos en la noche, y la carga física pesada y fatigosa de recoger y transportar combustibles, afectan nocivamente las condiciones de salud de las madres, especialmente en las zonas rurales.

Combatir el VIH/SIDA, la malaria, y otras enfermedades

La electricidad para las comunicaciones como la radio y la televisión, puede contribuir a la difusión de información importante de salud pública encaminada a combatir enfermedades mortales. Las instalaciones hospitalarias, los médicos y las enfermeras necesitan de la energía eléctrica y los servicios que les permitan atender eficazmente las necesidades de salud (iluminación, refrigeración, esterilización, etc.)



Garantizar la sostenibilidad ambiental	La producción, distribución, y consumo de energía tiene muchos efectos adversos para el medio ambiente local, regional y global. Entre estos efectos se tienen, la contaminación del aire en el interior de las viviendas a nivel local y regional; la producción local de partículas; la degradación del suelo; la acidificación del suelo y el agua; y el cambio climático. Se hace necesario contar con sistemas energéticos más limpios para contrarrestar estos efectos y para contribuir a la sostenibilidad ambiental.
Desarrollar una alianza global para el desarrollo	La Cumbre Mundial para el Desarrollo Sostenible hizo un llamamiento para desarrollar alianzas entre entidades públicas, agencias para el desarrollo, la sociedad civil, y el sector privado para apoyar el desarrollo sostenible, incluyendo la oferta de servicios energéticos económicos, confiables, y sustentables ambientalmente.

Tabla 2. *Vínculos existentes entre la Energía y los ODM [16]*



4 Identificación de problemas en Vedanthangal

El objetivo de este capítulo es la identificación de los problemas en Vedanthangal. A tal efecto se utilizará la herramienta del **Enfoque de Marco Lógico (EML)**, tanto para la identificación de problemas (capítulo 4) como para la elaboración de la estrategia de intervención (capítulo 5). El EML es una herramienta de identificación y gestión de proyectos que trata de realizar un análisis de los problemas, elaborar unos objetivos, estudiar las posibles alternativas y planificar la estrategia de ejecución de un proyecto.

Cuando un occidental visita el poblado de Vedanthangal (y en general la India) queda muy impactado. A través de sus ojos ve infinidad de necesidades no cubiertas, de pobreza, de carencias, etc. Si se compara este listado de “problemas o carencias” con otro realizado por un habitante de Vedanthangal, aparecen grandes diferencias. Lo que para un occidental puede ser necesario, para otros puede no serlo. Ahora bien, esta diferencia puede deberse a que realmente esa carencia no les priva de libertad y capacidades, o bien, que por motivos culturales o de posibilidad todavía no se han dado cuenta de que cubriendo esa carencia, aumentarían sus libertades y capacidades. Diferenciar estos dos casos es muy importante en la cooperación, pues ¿se puede justificar una intervención cuando no existe una demanda? En la opinión del autor del presente PFC es justificable tan solo en la segunda de las justificaciones planteadas. Dos ejemplos sencillos ayudarán a clarificar la diferencia:

- a. En Vedanthangal son comunes los problemas de estómago y descomposiciones. Durante la época seca muchos niños y adultos enferman (algunos incluso llegan a morir). El equipo de ingenieros de la UPC que visitó Vedanthangal en el verano del 2006 analizó el agua de los pozos y descubrió que estaban contaminados. Al preguntar a los habitantes qué opinaban sobre el agua que bebían, contestaron que era muy buena.
- b. Los habitantes de Vedanthangal caminan sin zapatos. Un grupo de Barcelona pensó que unos zapatos les facilitarían las faenas del día a día, así que enviaron cajas y cajas de zapatos a la sede de la ONG en la India. Para los habitantes de Vedanthangal ir descalzos es muy importante y forma parte de la rutina diaria: para el trabajo, la casa, incluso para la hora de cocinar. ¿En el entorno en el que viven, necesitan zapatos? Las cajas de zapatos todavía están en la ONG a pesar de ofrecerlas gratuitamente a los habitantes de Vedanthangal.

En el ejemplo “a” la intervención está justificada, pues la población de Vedanthangal reconoce la existencia de un problema, aunque no identifica la causa. En cambio en el ejemplo “b”, la población no reconoce la existencia de ningún problema. Así pues, en este ejemplo, una intervención no les aportaría ni libertades ni capacidades. De hecho caminar



con zapatos les resultaría molesto y hasta doloroso. Es fácil ver la diferencia de planteamiento de los dos ejemplos, pero en muchas otras situaciones no es tan fácil decidir la posición que se debe tomar.

A la hora de argumentar si una intervención está justificada o no, se debe considerar también el concepto de *Deformación de la preferencia* que Nussbaum introduce en su libro *Las mujeres y el desarrollo humano* [12]. El concepto se refiere a la existencia de ciertas problemáticas que se convierten en irreconocibles debido a la presencia de éstas durante un largo período de tiempo.

El motivo de este capítulo es ofrecer una visión de conjunto sobre la problemática actual de Vedanthangal. Se intenta realizar una descripción de las necesidades tanto desde el punto de vista occidental como desde el de los habitantes del lugar, y diferenciar, de entre las necesidades que se han detectado, cuáles les aportarían capacidades y libertades, y cuáles no.

Para identificar las necesidades de los habitantes de Vedanthangal (desde su punto de vista), se realizó una encuesta de carácter general al 10% de la población (ver Anexo A). La encuesta fue realizada durante la elaboración de este proyecto y numerosos problemas se encontraron a la hora de realizar la encuesta. El primer gran obstáculo fue el idioma; un grupo de chicos y chicas indios hicieron de intérpretes entre el equipo UPC presente en la zona y los habitantes. El segundo obstáculo resultó ser la manera de formular las preguntas, se tuvieron que evitar, por ejemplo, preguntas del tipo: “valora entre el 1 y el 5...” debido a la incapacidad de entendimiento de este tipo de preguntas por parte de la población entrevistada. Por lo tanto, todas las preguntas debieron tener una respuesta muy concreta (normalmente se usaron preguntas en que las respuestas fuesen afirmativas o negativas). Por último, un tercer gran problema detectado fue la insinceridad. Muchos encuestados (sobre todo los pertenecientes a las clases más altas) mentían acerca de sus ingresos o pertenencias debido a que intuían que podrían extraer algún beneficio económico si decían que eran muy pobres. Para lograr realizar las encuestas se dedicaron unas dos semanas.

La encuesta realizada incluía temas de educación, economía, salud, agua, energía, etc. y su resultado explicado de forma extensa puede leerse en el Anexo B.

Es oportuno dedicar unas líneas a los resultados de carácter general, pues permiten comprender los problemas sociales que determinarán el transcurso del programa. En primer lugar se les preguntó qué cosas cambiarían si ellos fueran presidentes. Las respuestas se muestran a continuación:

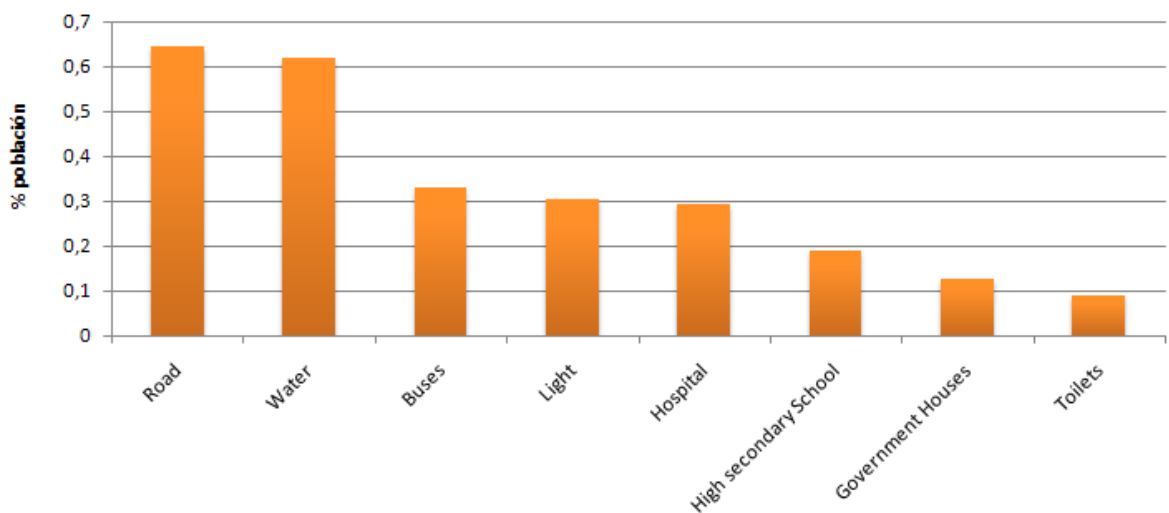
- El 65% de los entrevistados se quejan del estado de las carreteras donde viven. Piden pues que se arreglen, bien cimentando o bien asfaltando. El 62% de los



encuestados consideran un problema la escasez de agua. Hacen hincapié en que muchos días al año no sale agua de los grifos públicos y deben ir a buscar el agua potable para beber a una distancia media de 650 metros según las encuestas.

- El 33% de los encuestados destaca la gran incomunicación de su comunidad, debido a la escasez de autobuses que pasan de forma regular. El 30% comenta que un problema destacable son los muy habituales cortes eléctricos. También un 30% querría que hubiese algún tipo de atención médica en el mismo Panchayat.
- Un 19% de los encuestados cree importante que en Vedanthangal exista un colegio donde se imparta lo que en España se conoce como educación secundaria. A un 13% les gustaría recibir una Government House (casa subvencionada por el gobierno). Por último un 9% de los encuestados ha pedido tener lavabo en su casa.

A continuación se puede ver en la Gráfica 5 los resultados de la pregunta anteriormente realizada:



Gráfica 5: Resultados generales de la encuesta realizada [Anexo B]

Mediante el resto de preguntas se ha comprobado que actualmente en el Panchayat el número de niños (48%) es equilibrado frente al número de niñas (52%). El salario mensual medio por trabajador es de 1447 INR. La media es de 5 habitantes por casa. En el 79% de las casas existe electricidad, y en el 46% TV, porcentaje interesante si se compara con que tan solo el 31% tiene alguna bicicleta o el 18% tiene alguna cama. Por último, es interesante destacar que el 21% de los hogares posee algún teléfono móvil.

A pesar de su importancia para el programa de cooperación UPC-FLM, tanto los resultados de la encuesta a nivel familiar como los de salud y agua no son relevantes para este PFC de



energía y no se incluyen aquí (aunque pueden leerse en el Anexo B). Los resultados sobre la encuesta a nivel energético se comentan a continuación:

- El 100% de los encuestados utiliza leña para cocinar. Prácticamente la totalidad de los encuestados desayuna, come y cena arroz con algún tipo de salsa. El 17% cocina en el interior de sus casas. En un 97% de las casas donde se han realizado encuestas no se compra la leña, sino que se recolecta.
- Tan solo el 17% de los encuestados es consciente de la deforestación, y estos creen que el problema más importante de la deforestación es el aumento del calor, pues no hay sombras.
- El 83% de las mujeres encuestadas dice tener problemas derivados de la presencia de humos durante el tiempo que cocinan.
- En el 16% de los entrevistados conocen qué es el biogás, y que en Papanallur (pueblo cercano) lo usan. En el 24% de las casas entrevistadas saben que gracias a la energía solar se puede cocinar.

A modo de resumen se destacan 6 puntos y la Ilustración 7:

1. Son muy conscientes de las necesidades de infraestructuras que necesitan. A nivel de carreteras, suministro de agua, transporte...
2. No dan la suficiente importancia al problema de la educación.
3. Prácticamente nadie es consciente de los problemas que causa el uso de la leña como fuente de energía (contaminación, deforestación, desertización...).
4. No son conscientes de los problemas de salud que provocan las aguas que beben o la alimentación que llevan. Además, tampoco dan importancia a los problemas oculares y pulmonares que provocan los humos y gases.
5. El consumismo, la publicidad y demás factores negativos de la modernidad ya han llegado a las zonas rurales de India.
6. Existen numerosos problemas que derivan de la cultura y tradición como la discriminación hacia la mujer, el poco afán de superación y el sistema de castas.



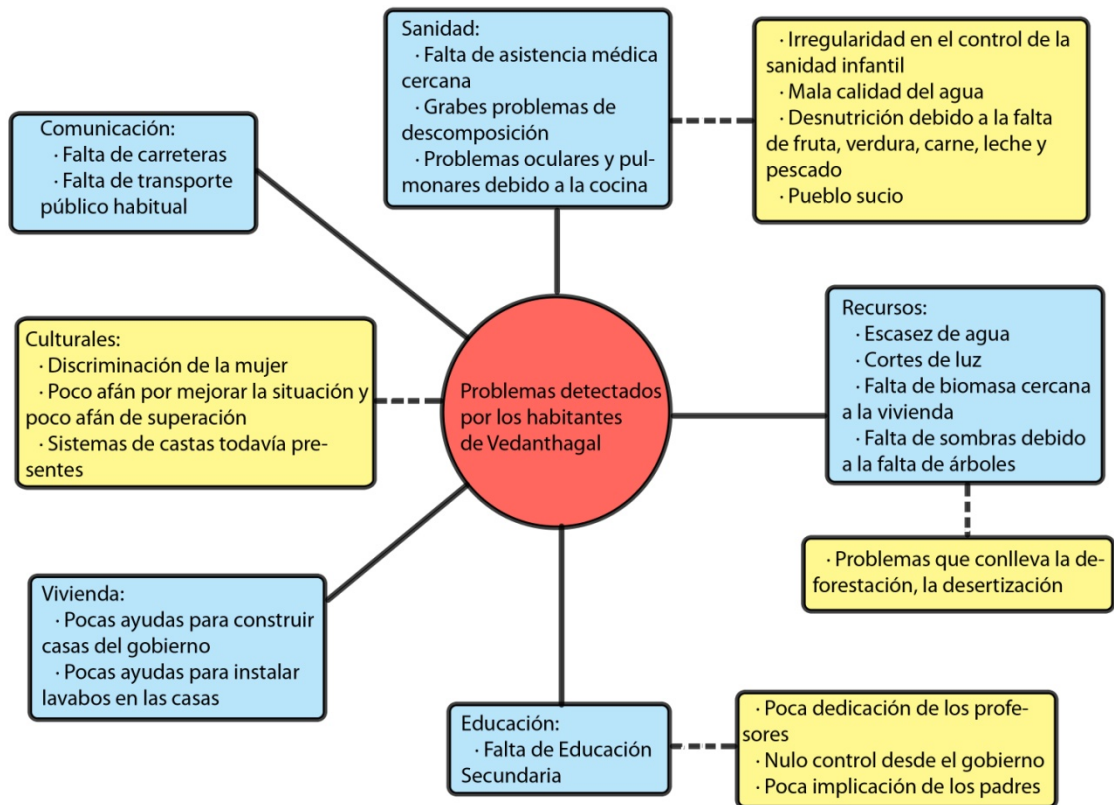


Ilustración 7 Problemas detectados por los habitantes de Vedanthagal a través de la encuesta (en color azul), más los problemas detectados desde el punto de vista occidental (color amarillo).

A través de la encuesta realizada se constata que los habitantes de Vedanthagal no están pidiendo una intervención, ni en el proyecto de agua (estudio de la calidad del agua y diseño de un sistema de potabilización) ni en el de energía (implantación de cocinas solares).

Referente a la problemática sobre la calidad del agua, como ya se ha comentado con anterioridad, se cree adecuada una intervención sin demanda al intervenir la salud e incluso la vida. En relación a la problemática energética se considera también justificada una intervención por diversas razones:

1. El uso de energías renovables permitirá dedicar menos tiempo a la recolección de biomasa
2. Obtendrán más zonas de sombra
3. Evitarán problemas de salud debidos a los humos de la combustión de la biomasa
4. Evitarán la desertización y la deforestación y su suelo será cada vez más rico
5. Aumentará la capa freática (aumentará el nivel de las aguas subterráneas)



6. Disminuirá la problemática en época monzónica (aumentará la capacidad de absorción del suelo)
7. Serán capaces de desarrollarse de una forma sostenible

Los habitantes de Vedanthangal son conscientes en cierta manera del problema energético existente (ya que cada vez deben dedicar más tiempo a la recolecta de la biomasa y no encuentran sombras) que está, en este caso, íntimamente relacionado con la deforestación. Es cierto pero, que no son conscientes de la magnitud del problema. En la Ilustración 8 se identifican las causas que están provocando este aumento de consumo energético.



Ilustración 8: Causas de la deforestación y del problema energético



5 Estrategia de intervención

El proyecto de introducción de cocinas solares en Vedanthangal debe plantearse de manera cuidadosa y a largo plazo. No tiene sentido plantearse la diseminación de tal tecnología mediante la directa promoción de su uso entre los habitantes de Vedanthangal: la población no estaría dispuesta a asumir un coste inicial ya que no percibe las ventajas de su uso. De hecho, este efecto no es exclusivo de las tecnologías energéticas: un caso parecido se daría si se instalase una purificadora de agua en el pueblo y se hiciese pagar una cantidad simbólica por su uso. Con toda seguridad (y sobre todo en una sociedad como la India) nadie utilizaría este servicio ya que ¿para qué van a pagar por algo que pueden obtener gratis?

Así pues, la estrategia a seguir tiene tres vías de intervención complementarias. Por un lado se definen unas líneas básicas necesarias para componer un proyecto educativo (capítulo 5.1). Paralelamente se estudia el ámbito concreto en el que se intenta implantar cocinas solares y cuyo progreso ha permitido extraer conclusiones sobre el impacto social y la viabilidad de esta tecnología (capítulo 5.2 y 5.4). Por último, se realiza un pequeño estudio de las diferentes tecnologías existentes para determinar la cocina más apropiada para la aplicación concreta (capítulo 5.3).

5.1 Elaboración de las líneas básicas necesarias para la composición de un proyecto educativo

Una de las herramientas básicas y, en la gran mayoría de casos imprescindible en la cooperación, es la educación. Gracias a esta herramienta se es capaz de concienciar a las personas de los problemas que les puede causar la deforestación o la inhalación de humos, y dar a conocer y entender las ventajas que les puede proporcionar una tecnología como la propuesta. Solamente en este caso la tecnología puede ser aceptada y utilizada. Sin duda, la educación juega un papel muy importante a la hora de potenciar capacidades y libertades.

Para la realización de este proyecto se ha realizado una estancia de cinco meses de trabajo en Vedanthangal. Es un tiempo insuficiente como para plantearse redactar y aplicar un proyecto educativo. La estancia en Vedanthangal y un viaje por otras partes de la India han servido para conocer un poco el tejido social, lo que permite (con todas las reservas) definir unas las líneas básicas educativas.

La sociedad india vive en un entorno social muy característico. Las barreras más grandes son las que derivan de la cultura. El poco afán de superación y las pocas ganas de aprender para mejorar su situación personal (ya que el sistema de castas está, aunque abolido por



ley, arraigado en la cultura) es una característica común de los miembros pertenecientes a la casta más baja de Vedanthangal. Es por ello que toda la trayectoria educativa debe ser acompañada de continua motivación. A modo de ejemplo, todas las reuniones convocadas por el gobierno a sectores de la comunidad india van siempre acompañadas de una comida; si no, la asistencia sería mínima o nula. Cada sesión deberá acabar con algo que les motive a venir al día siguiente.

Resulta difícil decidir a qué sector de la sociedad se debe dirigir el proyecto educativo. Sin duda, la manera de enfocar los proyectos debe ser diferente dependiendo del sector al cual esté dirigido. Cada sector tiene sus ventajas y desventajas a la hora de definir el proyecto educativo, tal y como se muestra en la Tabla 3 en el que se comparan tres grandes sectores de la sociedad de Vedanthangal:

	Ventajas	Desventajas
Hombres	<ul style="list-style-type: none"> • Son los que deciden donde se va a invertir el dinero familiar 	<ul style="list-style-type: none"> • No cocinan • No muestran ningún interés • Suelen pasar el día fuera de casa
Mujeres	<ul style="list-style-type: none"> • Son las encargadas de preparar la comida • Pasan el día cerca de casa • Pueden llegar a estar más concienciadas pues van a buscar la leña 	<ul style="list-style-type: none"> • No toman decisiones en casa • Asistirán a las sesiones con la aprobación de sus maridos
Niños	<ul style="list-style-type: none"> • Ya existen plataformas que permiten reunirlos como las escuelas de refuerzo • Fácil asistencia si se organiza alguna actividad entretenida el fin de semana • Suelen ayudar a sus madres a coleccionar la leña 	<ul style="list-style-type: none"> • No cocinan • Tienen poco peso en el ámbito familiar

Tabla 3: Ventajas y desventajas para la aplicación del proyecto educativo a diferentes sectores de la sociedad de Vedanthangal



En este trabajo no se intenta definir un proyecto adecuado para cada grupo social, pero sí que se intenta definir a nivel general los aspectos esenciales que se considera que deben estar presentes:

1. Concienciar de los problemas que provoca el uso abusivo de la biomasa
 - a. Deforestación, desertización y disminución de la fauna y flora
 - b. Disminución de la capa freática
 - c. Aumento de la problemática en época monzónica
 - d. Problemas de salud debido a la inhalación prolongada de gases y humos
 - e. Aumento en la inversión del tiempo dedicado a la recolecta de biomasa
2. Influencia del cambio climático a los países en desarrollo
3. Concienciar de las múltiples formas mediante las cuales se puede combatir el problema energético, viendo las ventajas que podrían aportar sus aplicaciones.
 - a. Alternativas energéticas no renovables existentes: ventajas y desventajas.
 - i. Petróleo, Gas, Biogás, Biodiesel, Electricidad.
 - b. Alternativas energéticas renovables existentes: ventajas y desventajas.
 - i. Energía solar, Electricidad
 - c. Apuesta por la energía solar
 - i. Ventajas: disminución de la atención dedicada a la cocina, no es necesaria la recolecta de biomasa, se combate el problema energético que sufre el municipio.
 - ii. Desventajas: aprender a cocinar, tener previstos con antelación los ingredientes que se van a utilizar, necesita un mantenimiento (al igual que las cocinas normales), dependencia del clima.
 - d. Reducción del consumo y mejor utilización de la biomasa
4. Concienciar a la población de que ellos son los únicos que van a poder mejorar su situación. Adquirir sentido de responsabilidad y de comunidad. La ONG proporciona las herramientas pero los implicados deben ser ellos.
 - a. Traer a alguien capacitado para inculcar sentido de comunidad
5. Realización de propuestas activas que beneficien su situación social
 - a. Limpieza del suelo y bosques
 - b. Plantación de árboles y su posterior cuidado
6. Capacitación para el uso de estas nuevas tecnologías prácticas
 - a. Realización o demostración de comidas



- b. Demostración de otras funciones que pueden adoptar las cocinas solares (secado, calentar agua...)
- c. Visita a una casa donde la utilicen habitualmente

Cabe mencionar que en la situación actual del municipio de Vedanthangal, la forma más sencilla de influir en la sociedad (al menos inicialmente) es a través de los niños. Existen estructuras sociales que lo facilitan, como las escuelas de refuerzo, y es relativamente sencillo organizar actividades los sábados o domingos con los niños y niñas de Vedanthangal.

5.2 Aplicación real

La difusión de cocinas solares en un sector muy concreto y bajo una problemática concreta, permite reconocer algunos de los problemas que se pueden presentar a la hora de realizar el proyecto educativo o una implantación a gran escala. En primer lugar, se debe estudiar el entorno social de este sector (capítulo 5.2.1) y posteriormente se elabora una estrategia concreta (capítulos 5.2.2 y 5.2.3). Los resultados obtenidos de la aplicación concreta permitirán extraer conclusiones sobre el impacto social y viabilidad.

El sector escogido para la prueba piloto son las escuelas preescolares (parvularios, en tamil: Anganwaddy). Aparentemente, este sector ofrece muchas ventajas que motivan su elección:

1. Disponen de una persona que se dedica exclusivamente a la cocina.
2. Permite llegar además, al sector social de las madres, ya que verán que sus hijos han comido gracias a una fuente energética diferente.
3. Siempre cocinan lo mismo y la forma de cocinar los alimentos es compatible con la tecnología solar.
4. El gusto y el paladar de los niños no son tan exigentes como los de los mayores.

Para extraer conclusiones sobre el impacto social y de viabilidad se han realizado una serie de actividades en el entorno de Vedanthangal que se detallan en la Tabla 4.



Actividad	Objetivo
Conocer, visitar los parvularios, y elaborar una encuesta	<ul style="list-style-type: none"> • Poder realizar un análisis de los actores, un diagrama causa-efecto y uno medio-fin de los problemas y soluciones determinados. • Elaboración de una estrategia. • Seguimiento de las profesoras
Trainings: capacitación, implantación y evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Valorar la capacidad de aceptación de la tecnología solar.
Estudio y mejora de las cocinas solares	<ul style="list-style-type: none"> • Elección de la cocina apropiada para la implantación en los parvularios

Tabla 4. *Actividades realizadas en el entorno de Vedanthangal*

5.2.1 Identificación del entorno social de los parvularios

Con el objetivo de conocer el funcionamiento de los anganwaddys (parvularios en tamil), se realizó una segunda encuesta a cocineras de parvularios diferentes (Anexo C). Existen algunos aspectos destacables a comentar. En orden jerárquico, en primer lugar se encuentra la figura de la Directora de los parvularios del distrito de Kancheepuram. Se trata de una persona muy respetada y “temida” por todas las profesoras y cocineras, pues tiene el poder de destituir las. La directora es una persona muy ocupada que no tiene prácticamente contacto con los parvularios, con lo que la persona encargada de la relación directora-parvularios es la supervisora de la zona. Por último, en todos los anganwaddys existen dos figuras importantes, la profesora y la cocinera, que deberían empezar su jornada laboral a las 8:30 a.m. y acabarla a las 16:30 p.m. Las subvenciones que reciben por parte del gobierno destinadas a material escolar son de 0,11 INR por día y niño. A parte reciben los ingredientes necesarios para cocinar. Aproximadamente en cada parvulario se encargan de la educación de una media de 20 niños y niñas.

La cocinera prepara desayuno y comida. Algunos parvularios tienen cocina de gas suministrada por las ONG's FLM y TNF, mientras que otros utilizan leña como fuente de energía. La intervención que se pretende llevar a cabo en Vedanthangal en lo relativo a las cocinas solares se centra básicamente en aquellos centros que no tienen cocina de gas.

Con toda la información recopilada, se comentan a continuación los problemas más importantes identificados gracias a esta encuesta:



1. Existe una diferencia social muy importante entre cocinera y profesora. El salario de la profesora es el doble que el de la cocinera.
2. A pesar de que las cocinas de gas han sido totalmente subvencionadas por la FLM, el dinero que subvenciona el gobierno no alcanza para pagar el gas necesario en la preparación de desayunos y comidas (según TNF porque no cocinan adecuadamente y malgastan energía, de todas formas parece que no se ha proporcionado una capacitación suficiente a las cocineras). Es por ello que los parvularios que tienen cocina de gas continúan utilizando también las cocinas tradicionales.
3. Los gases y humos emitidos durante la combustión de la leña provocan graves problemas oculares y pulmonares, ya que la cocina se encuentra en el mismo recinto en el que se encuentran los niños. Además de los perjuicios en la salud también dificultan la concentración y atención de los niños en clase.

Además de estos problemas detectados a partir de las encuestas, la asistencia periódica a los parvularios permitió detectar otros problemas importantes destacados a continuación:

1. Poca asistencia y puntualidad de la profesora. Las profesoras dejan todo el peso del cargo de los niños a las cocineras, puesto que faltan varios días a la semana. Las excusas pueden ser varias, desde algún problema familiar, hasta la asistencia de alguien importante en su pueblo, o simplemente faltan debido a que han de ir a cobrar su sueldo. Los días que acuden al parvulario suelen llegar entre dos y tres horas tarde.
2. La profesora no se prepara las clases ni realiza generalmente ningún tipo de actividad con los niños. Normalmente, deja a los niños en la sala y se dedica a hablar con madres que pasan por el parvulario.
3. Las cocineras, a diferencia de las profesoras, suelen asistir cada día al parvulario, aunque no de forma puntual. Mientras cocinan y preparan el desayuno y la comida, controlan a los niños, puesto que habitualmente se encuentran en la misma sala.
4. Los padres de los niños no se quejan, debido al conformismo relacionado con la cultura y al miedo que tienen hacia una persona de casta superior. Este hecho también se agudiza debido a la poca importancia que los padres dan a la educación.
5. La supervisora de la zona, no advierte a la directora de las irregularidades por miedo a meterse en problemas. Además, cuando desde la FLM se ha llamado a la directora del distrito debido a la no asistencia de alguna profesora, ésta ha cubierto (excusado) a la profesora.



Con todos estos problemas identificados se ha elaborado un análisis de los actores (véase Tabla 5) y un diagrama Causa-Efecto (Ilustración 9), que permite ilustrar, ordenar y relacionar los problemas detectados.

La presencia de corrupción en la India es habitual. Ejemplos como el que se comenta a continuación se encuentran de forma habitual en el sistema hospitalario y educacional. Imagine que una mujer tiene la suerte de obtener un diploma de enfermería a través de los programas de acción en educación destinados a las castas más bajas. Este título no le permite su ingreso a un puesto de trabajo a no ser que acepte el sistema de corrupción y pague 2500 INR [12]. Esto mismo pasa en los puestos de funcionariado y educación del distrito en el que trabaja la FLM. Así, las profesoras de Vedanthangal con las que se colabora han accedido a su puesto de trabajo a través de sobornos³.

En la bibliografía se encuentran casos documentados ([12]) sobre el problema asistencial en los colegios. Así pues, se verifica que la problemática encontrada en los parvularios de Vedanthangal no es un caso aislado. En la India existe el derecho de ir a la escuela, pero en muchas zonas no existen escuelas que funcionen ni maestros, desde el momento en que el corrupto gobierno local no garantiza que los maestros se presenten en su tarea. Cabe interrogarse, pues, cuál es la solución. Tal vez, el siguiente caso (aunque aislado) ilustre el camino a seguir. En un área desértica de Andhra Pradesh, alejada unos 90 minutos de Mahabubnagar, un grupo de mujeres forman parte del proyecto gubernamental, denominado Mahila Samakhya, que tiene como objetivo la formación de colectividades de mujeres. En un principio, esta iniciativa costó que funcionase debido al miedo que tenían las mujeres hacia sus maridos, pero con el tiempo se comenzó a ver que podían obtenerse muchas ventajas a través de la discusión y de la acción colectiva. Ahora ellas consiguen que el enfermero visitante venga más regularmente y exigen que el maestro se presente a su tarea.

³ Información extraída de fuentes internas a la FLM



	Directora del Distrito	Supervisora de la zona	Profesora del parvulario	Cocinera	Gobierno	ONG TINF y FLM	Madres	Niños y niñas
Actores								
Características	Sabe inglés, mujer culta	Sabe un poco de inglés, difícil de localizar	Sabe muy poco inglés, casta media	No sabe inglés, casta media baja	Descuida los pueblos alejados de la ciudad	Instituciones con ganas de colaborar	Sin casta, dalitis	Sin casta, entre 3 y 6 años
Problema	Muy distante a la realidad	Para no involucrarse en problemas no denuncia a las profesoras	Puesto asegurado, asistencia irregular y poco interés en la educación	Se encarga de la educación y de la comida, problemas de vista y salud	Subvenciones insuficientes, sistema corrupto de selección de profesoras	Necesitan de la cooperación y voluntad de todos los actores	No se quejan ante irregularidades	Mala nutrición y educación
Tareas, cargos	Poder de decisión, destitución... relación con el gobierno	Encargada de supervisar el correcto funcionamiento de los parvularios	Ofrece la educación a los niños y niñas de Vedanthangal	Es la persona que cocina	Es quien reparte las subvenciones	Son los que pueden conseguir las cocinas	Son las que son capaces de cambiar el sistema	Son el futuro del país
Potencial	Obligar a las profesoras a cumplir con su deber y pedir más subvenciones al gobierno	Informar a la directora del distrito de las irregularidades y promover cambios	Capaz de asistir con regularidad a clase y de prepararse las clases	Cocinar sin feña y evitar problemas de salud y deforestación	Subvencionar más dinero y cambiar el sistema	Suministrar cocinas solares y de gas	Que la profesora tenga una asistencia regular y se prepare las clases	Personas con buena educación y salud
Interrelación	Gobierno, ONG y supervisora	Supervisora, profesoras y cocineras	Supervisora, niños, cocinera, madres y ONG	Profesora y niños	Directora del distrito	Directora del distrito, profesora y cocinera	Profesora	Profesora, cocinera y madres

Tabla 5. Análisis de actores



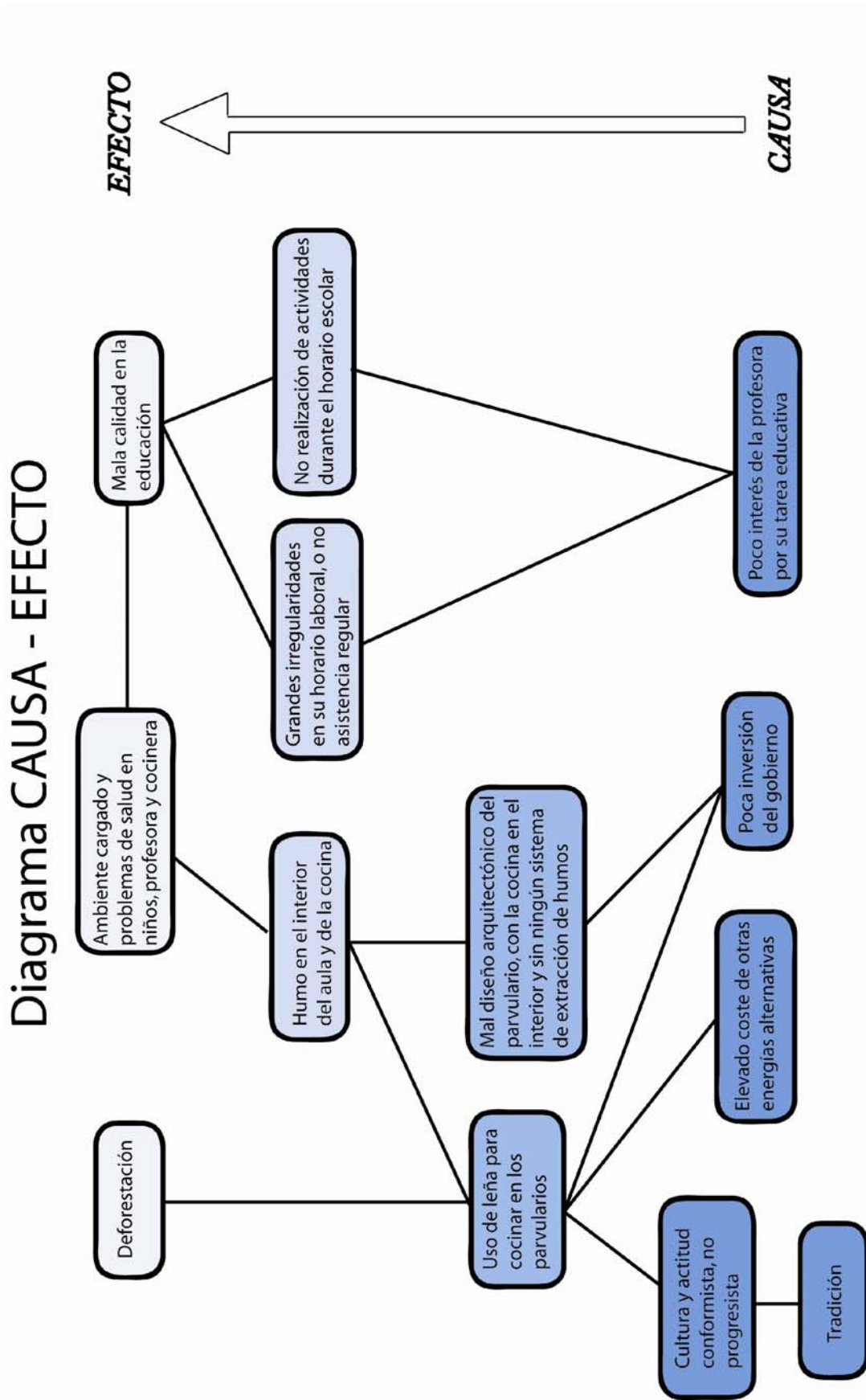


Ilustración 9: *Diagrama Causa - Efecto*



5.2.2 Estudio de las posibles estrategias a seguir.

Para el correcto estudio de las posibles estrategias a seguir es importante definir un diagrama Medio-Fin (Ilustración 10), elaborado a partir del diagrama Causa-Efecto. Este tipo de diagrama permite identificar las diferentes alternativas a seguir en la resolución del proyecto.

En la Ilustración 10 se observa que, considerando el alcance de este PFC, se han descartado los tipos de estrategias que impliquen algún tipo de cambio, evolución o adaptación cultural. Cualquier cambio de este tipo requiere años y, en la relación UPC-FLM, corresponde a la ONG trabajar este aspecto a largo plazo, mediante la aplicación del proyecto educativo.

A continuación se estudian brevemente las tres posibles alternativas.

Alternativa 1: Consumo reducido de fuentes energéticas de elevado coste o consumo de energías de bajo coste. Se cree que la mejor solución es una combinación de ambas. Por un lado, utilizar la energía solar para todos aquellos días en los que sea posible cocinar y, como alternativa, instalar una cocina de gas, y sólo utilizarla los días en los que no sea posible cocinar mediante energía solar.

Alternativa 2: Presión al gobierno u otras fuentes de subvención tales como ONG's. La persona encargada de presionar es la directora de los parvularios del distrito. Para conseguir poder instalar tanto la cocina de gas como la cocina solar, se requiere una inversión inicial no muy elevada. Hasta el momento, el dinero se ha conseguido con la ayuda de TNF y FLM. Con la subvención del gobierno conseguirían pagar las bombonas de gas necesarias a lo largo del año, debido a que no lo usarían cada día.

Alternativa 3: Seguimiento y control de la asistencia y tarea educacional de la profesora. Este seguimiento se efectúa durante el periodo de realización de los trainings. Se ha considerado prioritario que, tanto las profesoras como las cocineras asistan regularmente y puntualmente al parvulario. Es por ello que en el caso de que el resultado del seguimiento sea negativo, las ayudas se denegarán.



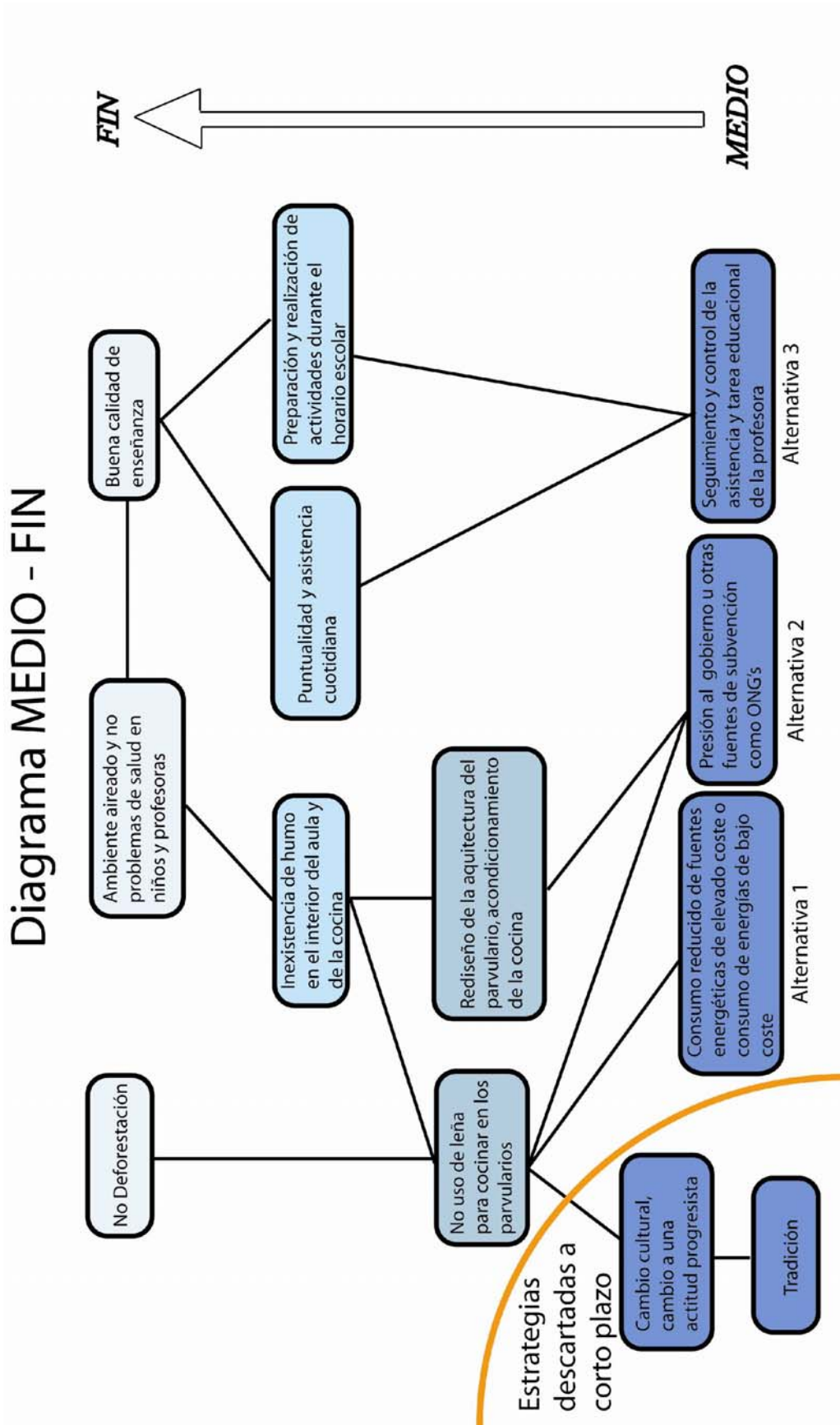


Ilustración 10: Diagrama Medio-Fin



5.2.3 Planificación de la estrategia a seguir

A continuación, en la Ilustración 11, se representa la combinación de las tres alternativas para elaborar la estrategia de ejecución del proyecto. En primer lugar, se espera que la directora del distrito solicite ayudas, en primer término al gobierno, y en segundo, a las ONG's. La FLM aceptará la petición, eso sí, con condiciones. Antes de proporcionar las cocinas solares y de gas, se realizará un estudio sobre la asistencia y la tarea educacional realizada por las profesoras, además de un training de capacitación para el uso de cocinas solares. Para hacer la entrega de las cocinas, los informes de los resultados tanto del seguimiento de las profesoras como del training deberán ser satisfactorios.

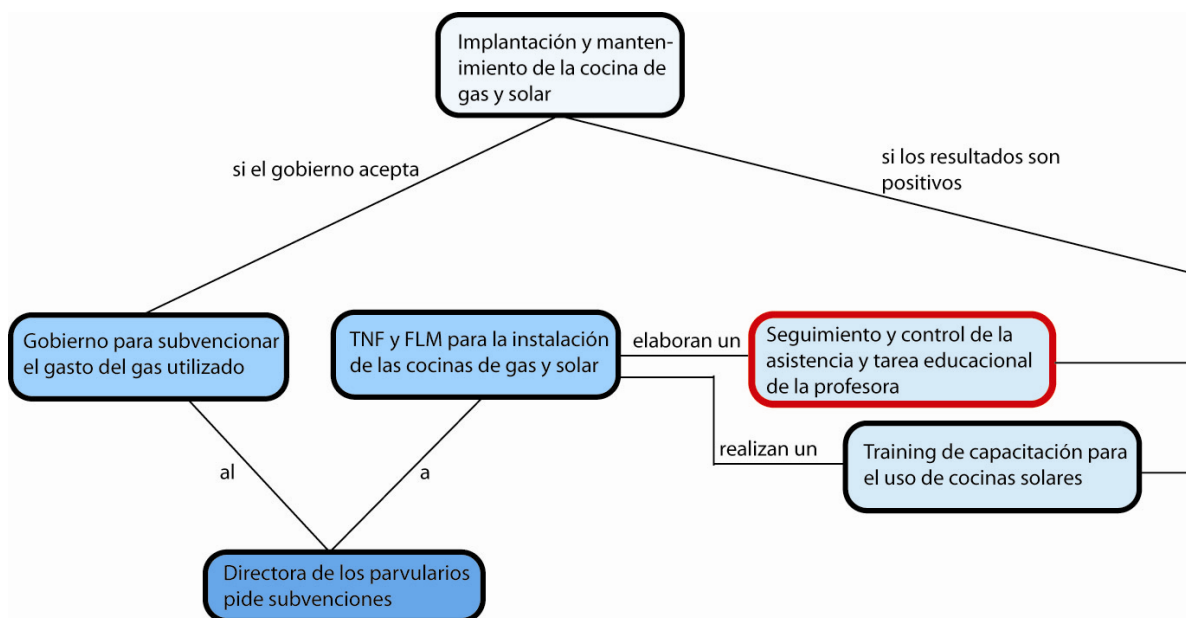


Ilustración 11: Planificación de la estrategia a seguir, condiciones para la implantación y mantenimiento de la cocina de gas y solar.



5.3 Estudio de las cocinas solares

5.3.1 Clasificación y elección de los tipos de cocinas utilizados

Con anterioridad a la realización de los trainings en los parvularios, se consideró necesario un estudio del estado del arte de las cocinas solares. Este estudio permitió seleccionar la cocina más apropiada a la problemática de los parvularios.

Hoy en día existen múltiples tipos y modelos de cocinas solares. A continuación se presentan y clasifican los diferentes tipos que existen en el mercado actual. A groso modo, se pueden clasificar básicamente en 3 grupos, tal y como se muestra en la Ilustración 12:



Ilustración 12. Clasificación de los diferentes tipos de cocinas solares según la forma en que la olla recibe la energía [18]

La clasificación realizada en la Ilustración 12 se basa en la forma en que la olla recibe la energía. La cocina parabólica está formada básicamente por una superficie reflectante (normalmente de aluminio pulimentado) en forma de parábola. De esta forma, la olla se coloca en el punto focal de la parábola y recibe lo que se denomina, **radiación directa**. Se calienta gracias a la radiación directa reflejada en la superficie de la parábola.

La cocina de caja está formada básicamente por un volumen aislado térmicamente del exterior en el que existe una superficie transparente que permite el paso de la radiación solar y evita, por efecto invernadero, la salida del calor al exterior. El interior de la caja es de color negro mate, con lo que se transforma la energía en forma de radiación solar en energía calorífica. Posteriormente, mediante **convección y conducción** interior se



transmite el calor hacia la olla. Normalmente, para aumentar la radiación incidente en el interior de la caja se suelen acoplar una serie de reflectores. La olla también recibe radiación directa, pero en mucho menor grado que en la cocina parabólica.

Por último, existe un tercer tipo de cocina que combina los dos principios, la **radiación directa** y la **convección**. Suele ser una cocina muy sencilla, pero presenta la gran ventaja de que es muy fácil de transportar.

Existen otras formas de clasificar las cocinas solares, como por ejemplo, según el número de personas que pueden comer gracias a ella. Hoy en día existen sistemas de cocinas solares capaces de alimentar diariamente a miles de personas. En la India se tuvo la oportunidad de ver en funcionamiento algunos de estos sistemas. Tal vez, la cocina más espectacular que se tuvo oportunidad de visitar fue la cocina parabólica de Auroville (Pondy cherry), de la que se dan más detalles a continuación.

Tal vez la cocina por excelencia pensada para cocinar para un centenar de personas es la famosa Scheffler (Ilustración 13). Esta cocina no presenta forma parabólica, situando su punto focal a una cierta distancia. Gracias a su diseño es posible disponer de más superficie reflectante (más potencia) que una cocina parabólica. A menudo, con el objetivo de incrementar la potencia se colocan varias Scheffler en serie para que calienten una misma tubería que contenga aceite, que, mediante intercambiadores de calor transmite energía a planchas, ollas, hornos... permitiendo así cocinar para un gran número de gente.

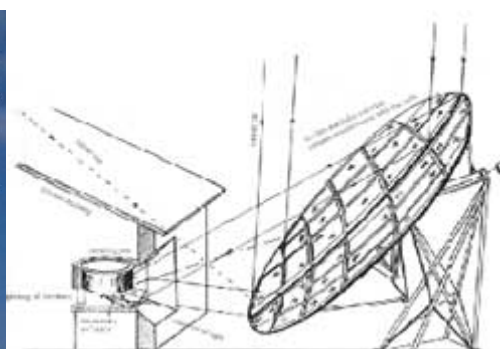


Ilustración 13. Cocina Scheffler [18]



Existen otros métodos que permiten cocinar para un número elevado de personas. En el sistema de cocina de tipo horno (Ilustración 14), existe un modelo de grandes dimensiones, con gran cantidad de reflectores que permiten aumentar la radiación incidente.

Por último, también se puede cocinar para mucha gente utilizando cocinas parabólicas de gran tamaño (Ilustración 15). Ésta cocina en concreto se ubica en Auroville (Pondicherry). Tal y como ya se ha dicho, durante la estancia en la India se tuvo la oportunidad de verla en funcionamiento. La diferencia de esta cocina respecto a las convencionales, es que no se mueve, sino que está fijada al suelo. Por lo tanto, lo que se mueve es el punto focal que consta de un brazo por el que circula aceite que se calienta. Como en el caso de usar múltiples Scheffler, el calor de este aceite se intercambia posteriormente a planchas, hornos y ollas.



Ilustración 14. Cocina de caja de gran tamaño [18]



Ilustración 15. Cocina parabólica de gran tamaño [18]



En el presente caso, se debe seleccionar la cocina más apropiada para los parvularios. En el mercado se encuentran cocinas de caja y cocinas parabólicas que se adecúan a las necesidades energéticas. En cambio, en el mercado tan solo existen cocinas combinadas capaces de cocinar para un máximo de 5 personas.

Por ello, se ha conseguido una cocina parabólica (adquirida por la FLM) y una cocina de caja (financiada por el CCD), adecuadas para el proyecto. Dichas cocinas se presentan en la Ilustración 16:

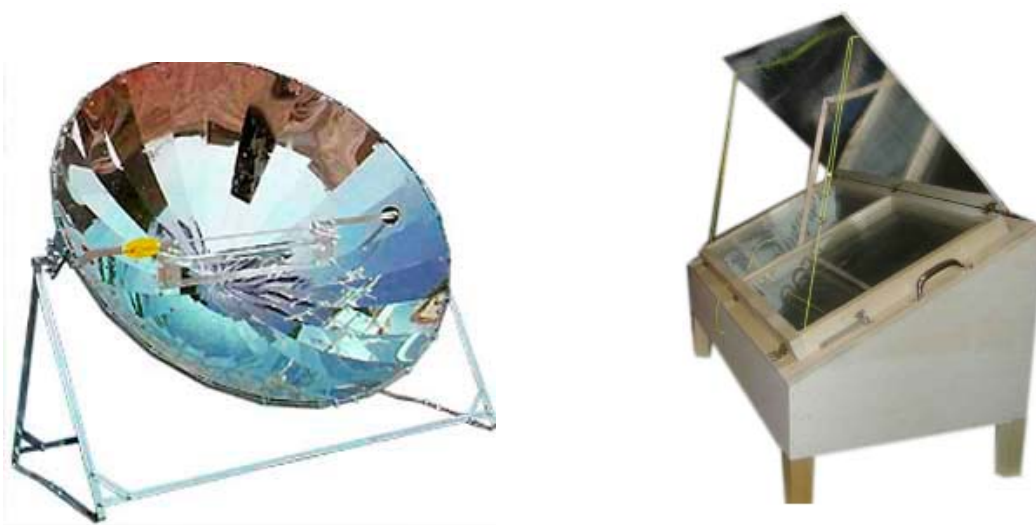


Ilustración 16: *Cocina solar parabólica KSOL 14 y cocina de caja del Centro Nacional de Cocinas Solares de Suiza*

Las dos cocinas provienen de Europa. La cocina de caja se ha adquirido del Centro Nacional de Cocinas Solares de Suiza y la cocina parabólica, KSOL 14, ha sido suministrada por la Fundación Terra (que actualmente ya no las produce).

5.3.2 Consideraciones previas al cálculo de la eficiencia

No resulta fácil encontrar documentación precisa sobre las características de eficiencia de las cocinas solares, pues el tiempo de cocción de un alimento u otro depende de muchos factores. Por ello, se intentará determinar experimentalmente algún parámetro que permita caracterizar de una manera aproximada las propiedades de las dos cocinas seleccionadas.

De esta manera, se tratará de averiguar la eficiencia de las cocinas. Como se sabe, la eficiencia instantánea es igual a la potencia útil partido la potencia total, tal y como se expresa la Ecuación 1.



$$\eta = \frac{\partial \left(T(K) \cdot C_{ew} \left(\frac{J}{Kg \cdot K} \right) \cdot m(Kg) \right)}{\text{SolRad} \left(\frac{J}{s \cdot m^2} \right) \cdot \text{area} (m^2)}$$

Ecuación 1: *Cálculo del rendimiento de una cocina solar*

Se debe calcular la eficiencia instantánea mediante potencias, pues la eficiencia varía en cada instante. Esto sucede debido al incremento de pérdidas que existe cuando el gradiente de temperaturas entre el agua de la olla y el exterior aumenta.

En referencia al numerador de la Ecuación 1, la temperatura en función del tiempo se midió gracias al *Termómetro de contacto con varios canales TL-309* (ver Anexo D). Por otro lado, se sabe que el C_{ew} (Calor específico del agua) es de 4184 J/(kg·K), y la masa siempre será la cantidad de agua introducida en la olla (ya que para hacer estas pruebas siempre se utilizará agua).

En referencia al denominador, la radiación solar en función del tiempo se medirá gracias al *Medidor de Radiación Solar Mac Solar* (ver Anexo D), que no es más que una célula calibrada que puede guardar los valores de la radiación solar en función del tiempo. El área dependerá de la forma de la cocina y/o de sus reflectores.

En el caso de la cocina parabólica se supondrá que siempre está perfectamente perpendicular a la radiación incidente, así que este valor siempre será el valor de la superficie proyectada de la parábola, es decir, un círculo. El valor del diámetro del círculo descrito por la proyección de la parabólica es de 1,4 metros, así que el área proyectada es de $\pi \cdot 0,7^2 = 1,54 \text{ m}^2$.

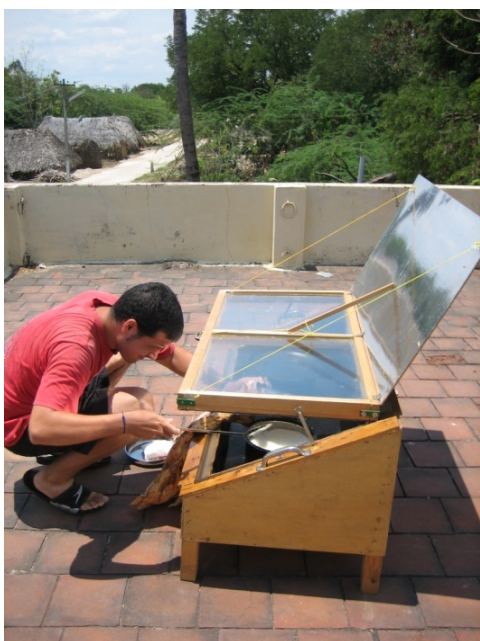
Por otro lado, el valor de la superficie del horno solar varía en función del tiempo, pero para hacerlo más sencillo se supondrá un valor constante, ya que es posible jugar con el reflector. Se considera una buena aproximación la superficie de las dos ventanas sin considerar el reflector. Las dos ventanas conjuntamente forman una superficie de $0,43 \text{ m}^2$.

Para calcular y graficar los resultados de las temperaturas, radiaciones y eficiencias de cada muestra se ha creado una función en matlab que ha ayudado a agilizar el cálculo y elaboración de éstos. La función desarrollada se recoge en el Anexo E.



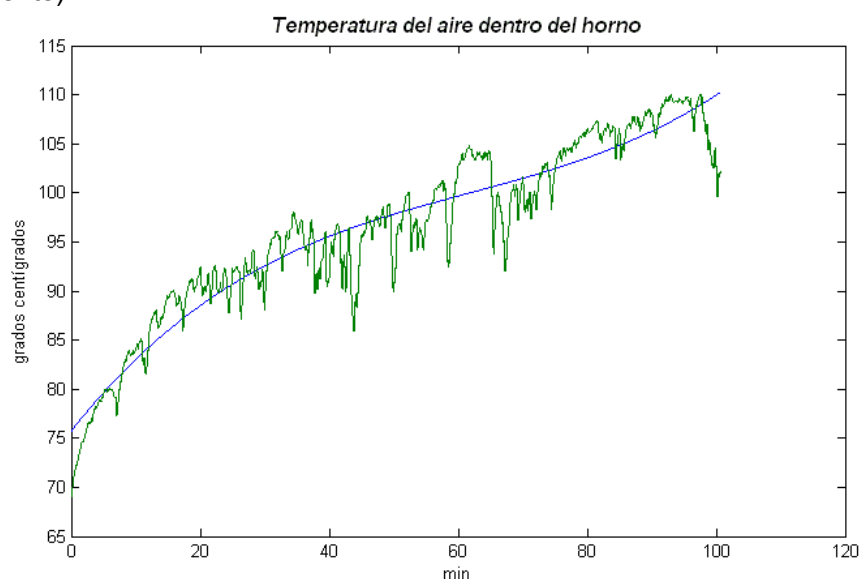
5.3.3 Cálculo de la eficiencia del horno solar

A través del financiamiento del CCD, se adquirió una cocina solar tipo horno para el proyecto. Los materiales de la cocina se enviaron a la India y un ingeniero local fue el encargado de su montaje. El horno, como se puede ver en la ilustración 8, es de madera contrachapada. Además, la cocina está aislada térmicamente gracias a una capa de lana de oveja.



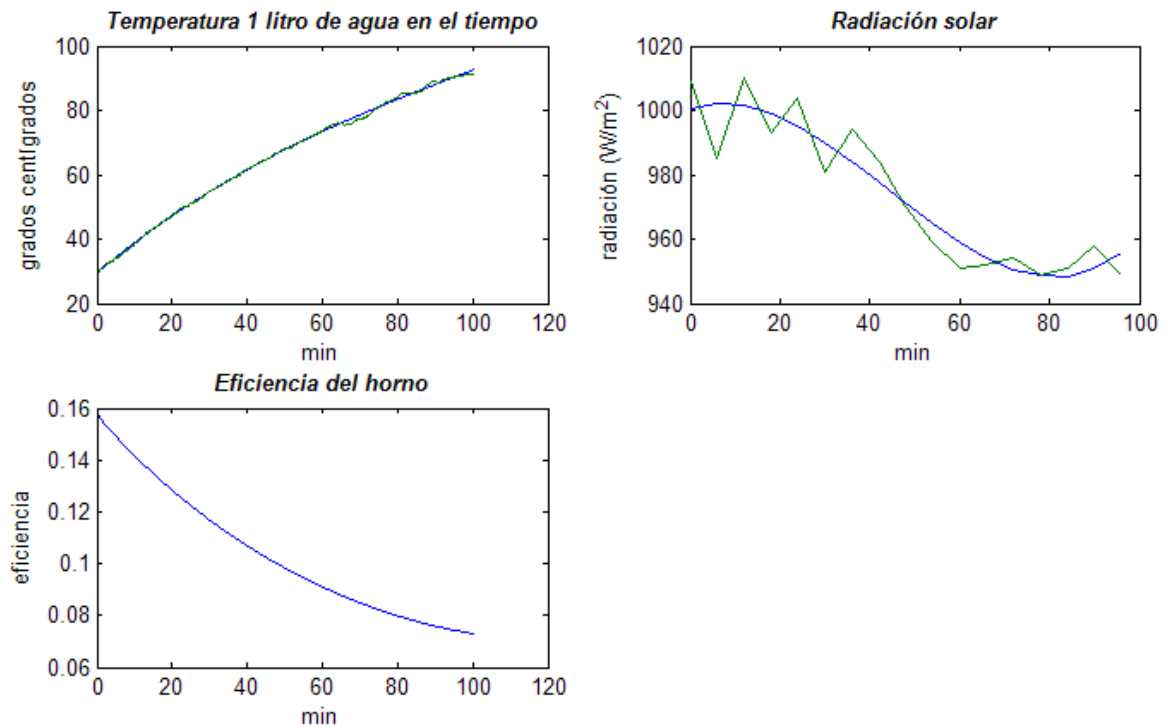
Es interesante remarcar que el horno con el que el autor de este proyecto se encontró no había sido ensamblado correctamente. El ingeniero que montó la cocina lo hizo de tal forma que las juntas no coincidían, y esto posibilitaba la entrada de aire dentro del horno. Aunque esto no parezca más que una simple anécdota, es importante tener en cuenta los métodos y posibilidades de un ingeniero local. Este dato, pues, es importante a la hora de planificar la capacitación correspondiente para el montaje del horno. Enviar una cocina ya montada no constituye una alternativa adecuada debido al coste asociado al volumen y el peligro de rotura subyacente. Por otra parte, una capacitación para su montaje puede servir también para formar personas capaces de efectuar reparaciones correctamente.

La Gráfica 6 y la Gráfica 7 ilustran el funcionamiento del horno tal y como el autor de este proyecto lo encontró a su llegada (antes de desmontarlo y montarlo de nuevo correctamente).



Gráfica 6: *Temperatura del aire dentro del horno solar*





Gráfica 7: Temperatura del agua, radiación solar y eficiencia del horno solar

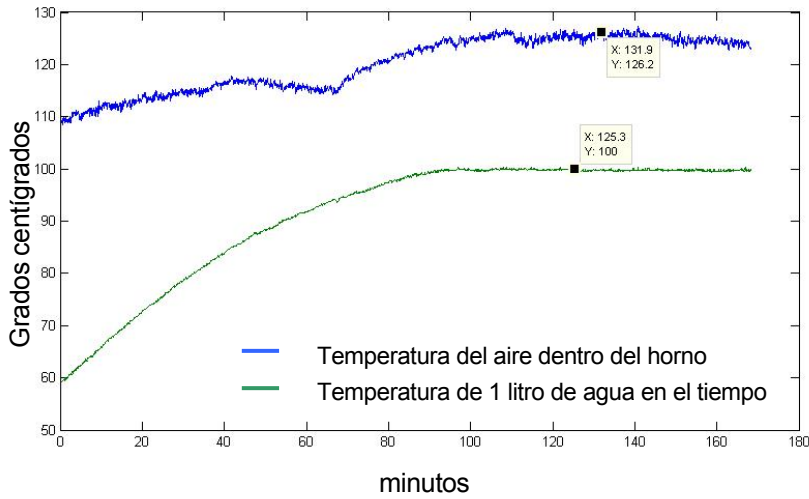
Las líneas verdes equivalen a los datos reales tomados, y las líneas azules equivalen a sus respectivas curvas de regresión. En primer lugar, impacta en la gráfica 6 los saltos de temperatura que presenta el aire del interior de la caja. Éstos llegan a ser de 10°C. Como parece obvio, estos saltos coinciden con las ráfagas de viento, lo que refleja el mal aislamiento del horno y los defectos en su ensamblado.

Con el objetivo de mejorar la caja, en primer lugar se desmontó y se volvió a construir, sellando las juntas de las maderas con silicona. Además se añadió una nueva capa de poliestireno expandido, y se colocó debidamente la lana. También se sellaron con silicona las juntas entre los cristales y la madera. Por último, se limpiaron a conciencia los cristales y se barnizó la madera para preservarla de las condiciones atmosféricas. La Gráfica 9 y la Gráfica 10 muestran como mejoró la cocina solar con los cambios introducidos.

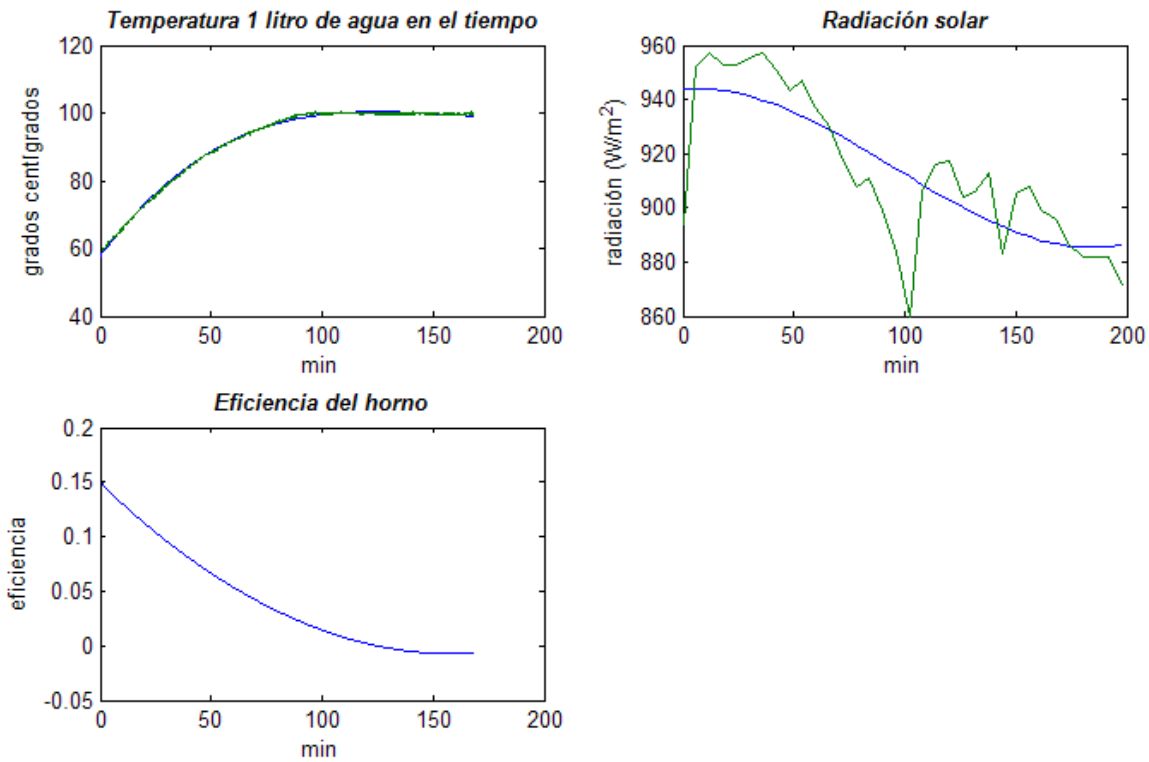
En primer lugar, las variaciones de la temperatura del aire dentro del horno en influencia de las corrientes de aire externas se han reducido considerablemente. Se ha pasado de tener saltos de temperatura de 10°C (ver Gráfica 6) a saltos de uno o dos grados como máximo. También se observa que el aire dentro de la caja llega a una temperatura mucho superior, más de 20°C de diferencia (compárense la Gráfica 6 con la Gráfica 9). Por último, se observa un incremento de la eficiencia. Se puede ver en la Gráfica 7, que a 60°C la



eficiencia es del 11% aproximadamente, en cambio en la cocina reparada (Gráfica 9) llega a ser del 15%.



Gráfica 8: Temperatura del aire dentro del horno solar



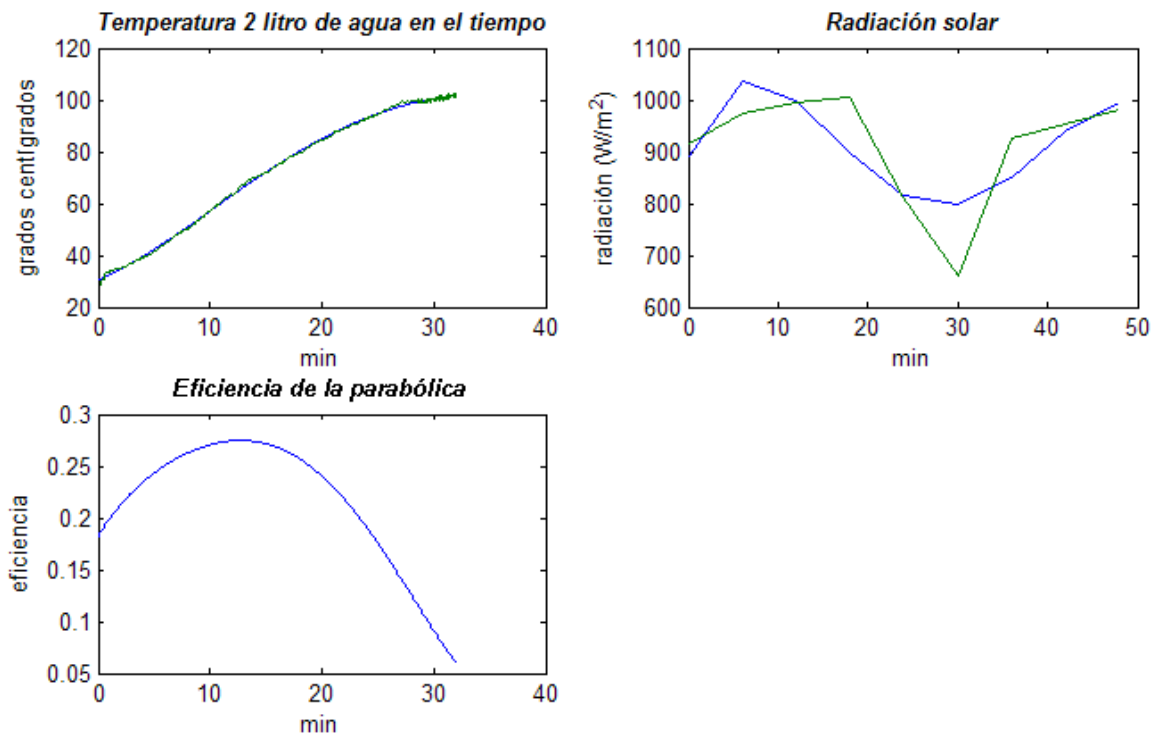
Gráfica 9: Temperatura del agua, radiación solar y eficiencia del horno solar



5.3.4 Cálculo de la eficiencia de la cocina solar parabólica

Para elaborar este apartado se han seguido los mismos pasos que en las medidas de eficiencia del horno solar. Teniendo en cuenta el área proyectada, la radiación solar, la temperatura del agua, la capacidad calorífica del agua y el grado de las curvas de regresión, se ha calculado la eficiencia de la cocina solar en un ensayo.

Como se observa en la Gráfica 10, la velocidad con la que crece la temperatura del agua es muy grande. En tan solo 33 minutos se calientan 2 litros de agua hasta hervir.



Gráfica 10: Temperatura del agua, radiación solar y eficiencia de la cocina solar

5.3.5 Comparativa del horno de caja con la cocina parabólica basándose en la utilidad en los parvularios

La función de los dos tipos de cocina es muy similar, pero según el uso que el usuario desee darle, la determinación entre una u otra opción será muy clara. La gran diferencia reside en el hecho de que la potencia que recibe la olla en el caso de la cocina parabólica es mayor que en el caso del tipo caja, pues normalmente disponen de una superficie receptora de radiación mayor, además de dirigir la radiación directamente a la olla. Por lo tanto, normalmente se tarda menos tiempo cocinando con la tipo parabólica.



Por otro lado, el tipo caja dispone de una ventaja destacable; debido al aislamiento al que es sometida la olla, es capaz de retener el calor durante un tiempo mucho superior al tipo parabólica. Esto es ideal para los días en los que existen algunas nubes. Al retener el calor la incidencia de las nubes es pequeña (por no decir mínima), permitiendo asegurar, que con tiempo, la comida estará preparada. Otro aspecto característico, es la necesidad de reorientar la cocina menos veces. Gracias a estas dos propiedades esta cocina es ideal para la gente que no quiera estar pendiente del cielo y de las nubes.

A continuación se presenta la Tabla 6 en la que se comparan las principales características de ambas. Cabe tener en cuenta que la cocina parabólica usada tiene una superficie de 1.54m² y la de cocina de caja es tipo familiar (6-10 personas).

Analizando las características de las dos cocinas, que se resumen en la Tabla 6, se consideró más apropiado realizar el training con la cocina parabólica. Esta decisión se basó en ciertos aspectos que determinaron la elección:

1. Las cocineras llegaban a las 10:00 y a las 12:00 debía estar todo preparado, así que se debía utilizar la cocina que proporciona más potencia y permita cocinar en un tiempo menor.
2. Antes de introducir en la olla las hortalizas, necesitaban freír granos de mostaza y guindillas en el aceite. El horno no permite freír.
3. Acceso más fácil a la comida, pues ellas están acostumbradas a controlar muchas veces el estado de la comida.

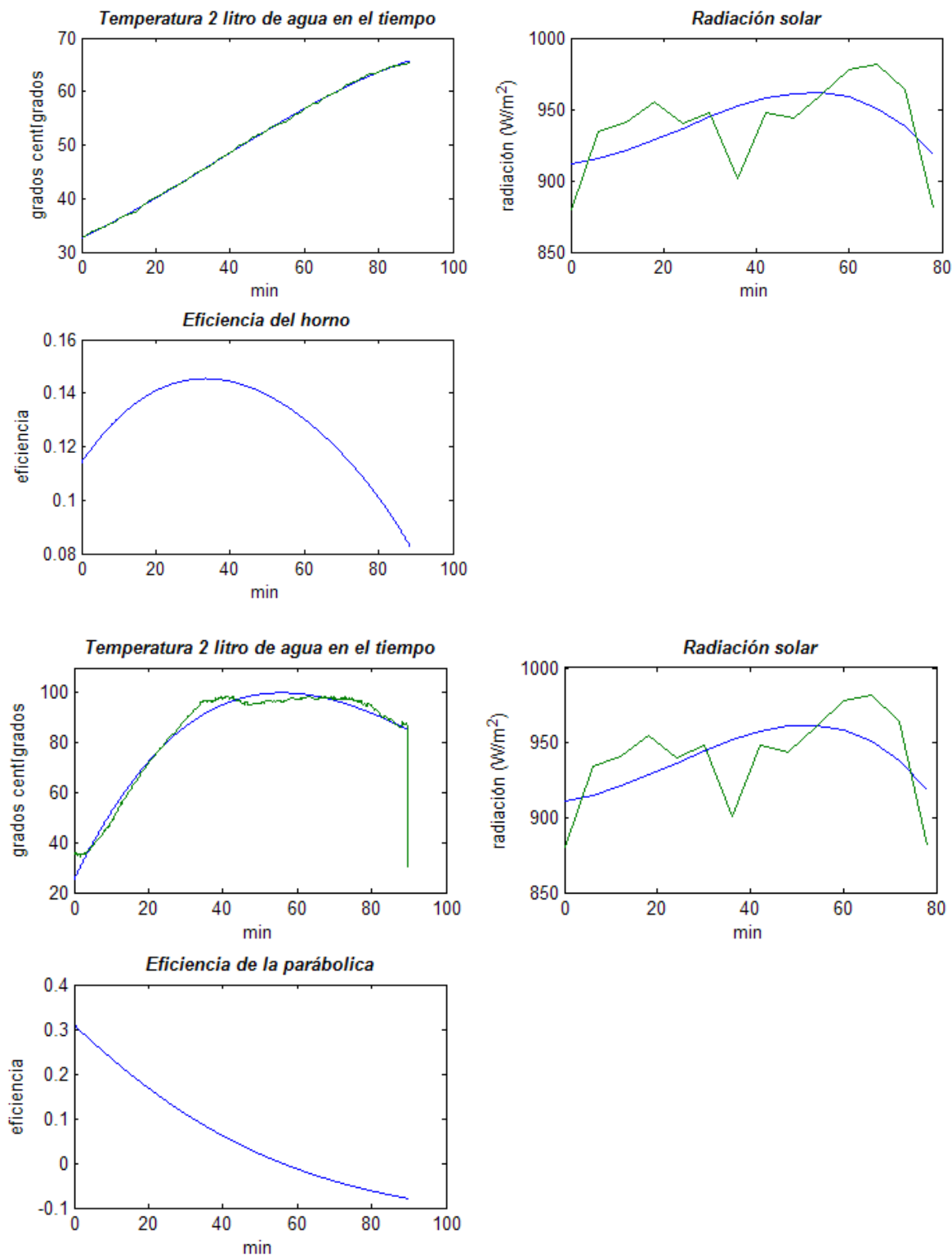
Por otro lado, también se ha querido comparar el horno y la cocina bajo las mismas condiciones. Así pues, se colocaron 2 litros de agua en cada olla, y se calculó su eficiencia (ver Gráfica 11). Se comprueba que la cocina solar es capaz de calentar a una velocidad 3 veces mayor que el horno solar bajo las mismas condiciones.



Cocina parabólica	Horno solar
Tiempo de cocción menor.	Tiempo de cocción mayor. Suele ser necesaria toda la mañana. Si el día está un poco nublado, no es problema para este tipo de cocina.
Dada la rapidez, es necesaria la presencia de una persona. Este parámetro no es muy significativo aquí en la India, pues debería ser la única faena de las cocineras.	No es necesaria la presencia constante de una persona.
Fácil mantenimiento y limpieza, tan solo requiere de vez en cuando pasar un trapo para limpiar los reflectantes.	Fácil mantenimiento, aunque necesita una limpieza más regular, para tener siempre los vidrios bien limpios.
Muy difícil que se estropee, muy robusto.	Hay que vigilar con los vidrios, un golpe o una caída pueden romperlos, pues en esta cocina se han utilizado vidrios muy finos, para mejorar la transmisividad. La madera además se degrada mucho más rápidamente que el aluminio.
No es necesario guardar en el interior la cocina, pues es aluminio	Es necesario guardar y sacar cada día la caja, pues la humedad perjudica mucho la madera.
Permite freír, aunque con bastantes dificultades.	No permite freír.
Permite cocinar dos cosas simultáneamente	También ofrece esta posibilidad
Se necesitan dos personas para mover la cocina con facilidad, la cocina es grande pero ligera.	También se necesitan dos personas, el tamaño y el peso son grandes.
Accesibilidad buena a la olla, permite una muy buena manipulación de las ollas y paellas	Accesibilidad a la olla no muy cómoda, a diferencia de la parabólica, se debe levantar el vidrio.
Construcción más complicada, pues necesita soldar, y dar forma precisa al aluminio o acero	Materiales más sencillos a la hora de la construcción. Se puede construir con un simple vidrio, madera cortada a medida, lana, clavos, pintura y porexpán.

Tabla 6. Comparación de la cocina parabólica con el horno solar





Gráfica 11. Comparación de la temperatura del agua, radiación solar y eficiencia entre la cocina parabólica y el horno solar



5.4 Evolución y resultado de la estrategia

A la hora de realizar las sesiones de capacitación (trainings) se encontraron numerosos problemas. El principal fue la no asistencia de las profesoras, hecho que conllevaba que las cocineras debieran encargarse de la comida y de los niños, con lo que no podían prestar atención a las indicaciones que requería el training. Durante el tiempo dedicado a la realización de los trainings se fue elaborando el informe sobre la asistencia de las profesoras, que ratificaba la inconstante asistencia de las profesoras al lugar de trabajo.

A pesar de estas dificultades, se consiguieron realizar algunas sesiones de capacitación para el uso de las cocinas solares que, sorprendentemente, resultaron ser muy positivas. En primer lugar, se formó a una mujer local, Shoba (Ilustración 18), para facilitar el entendimiento con las cocineras. Además, ella sabía cocinar perfectamente al estilo indio. Por otro lado, se redactó un guión que pautaría el curso de capacitación. Éste se elaboró en la lengua autóctona, el tamil,



Ilustración 18. Shoba, encargada del training.

hecho que facilitaría la comprensión, tanto de la persona encargada del training como de la cocinera. Los puntos más importantes de cara a la capacitación fueron:

1. Manipulación de la cocina parabólica.
2. Ventaja de usar una olla de color negro.
3. Orientación de la cocina.
4. Mantenimiento y limpieza de la cocina.
5. Correcta colocación de la cocina en los momentos de desuso.
6. Peligros de la cocina solar.
7. Ventajas de la cocina a nivel económico, y de sus comodidades añadidas, así como sus ventajas a nivel medioambiental.



Los trainings tenían una duración de 3 días y las conclusiones en formato extenso pueden verse en el Anexo D. El primer día consistía en cocinar lo mismo que la cocinera paralelamente. Esta primera etapa se realizaba debido a que en un primer momento las cocineras solían rechazar este tipo de cocina. La cocinera al ver que no se había dedicado más tiempo que ella, y que la comida había salido muy buena (ver Ilustración 19), se sentían atraídas. Al día siguiente, tan solo se realizaba una comida, de modo que, la cocinera, bajo las instrucciones de Shoba (Ilustración 21), era la encargada de preparar la comida. Durante los momentos en los que no era necesario prestar atención a la cocina, Shoba se encargaba de explicar el funcionamiento de las cocinas solares, sus virtudes, sus dificultades, su mantenimiento... Por último, el tercer día, la cocinera debía cocinar sola (Ilustración 20), sin la ayuda ni explicación de nadie. Todos los resultados han sido excelentes en este sentido.



Ilustración 19. Shoba, la encargada de los training, al finalizar una demostración



Ilustración 21. Durante un training. De izquierda a derecha: cocinera, Shoba, Dani y profesora.



Ilustración 20. Cocinera preparando la comida sola en el tercer día de training.



6 Suriel, un nuevo prototipo solar

Suriel (sol en tamil), así se bautiza a este nuevo prototipo destinado a la sociedad occidental. En las próximas líneas se podrá ver la descripción del nuevo prototipo de horno solar. Durante esta fase del proyecto fue de especial relevancia la experiencia adquirida durante los meses vividos en la India para la construcción de Suriel, de ahí su nombre.

6.1 Aspectos a considerar en el diseño de la cocina solar.

Después de la experiencia recogida tras varios meses de trabajo con diferentes tipos de cocinas en la India, se han podido apreciar las ventajas y desventajas de los diversos tipos de cocinas solares. En el caso de la India, es relativamente sencilla su implantación, pues a pesar del impacto inicial que puede provocar el hecho de cocinar mediante energía solar, existen múltiples factores que facilitan su uso. Se propone ahora un nuevo reto, intentar diseñar un horno solar que resulte atractivo a la sociedad occidental. Se cree que la explotación de recursos es problema de todos y por eso, también se va a intentar implantar esta tecnología en las casas occidentales.

Las exigencias que se piden a las cocinas de hoy en día son muy elevadas. En la Tabla 7 se analizar algunas de ellas.

Exigencias	Soluciones
<i>Poco tiempo de dedicación</i>	<i>Creación de una cocina solar que no dependa de alguien.</i>
<i>Fácil limpieza y mantenimiento</i>	<i>Utilización de bandejas extraíbles. Incorporación de una funda para proteger la cocina de las inclemencias meteorológicas.</i>
<i>Cómoda utilización</i>	<i>Fácil acceso a la comida</i>
<i>Minimización del espacio utilizado</i>	<i>Cocina solar eficiente y compacta</i>
<i>Posibilidad de cocinar varias cosas a la vez</i>	<i>Posibilidad de colocar dos bandejas</i>

Tabla 7. Exigencias de nuestra sociedad y soluciones determinadas



Se trata de un reto, sobretodo sabiendo que las tecnologías solares, por lo general, son lentas, incómodas de utilizar y ocupan un espacio considerable.

6.2 Diferencias entre los hornos utilizados en la India y el nuevo prototipo

Existen numerosas diferencias entre las cocinas implantadas en la India y Suriel, pues las exigencias y necesidades de la sociedad son totalmente distintas. A continuación se pueden ver algunas de ellas:

- El tiempo no es tan valorado en la India como en las sociedades occidentales. Así pues, el tiempo dedicado a cocinar será crítico en el proyecto.
- Se pueden incorporar materiales más sofisticados, así como componentes mecánicos y electrónicos, ya que existe un sector de la sociedad con formación suficiente. Además existe la ventaja de disponer de un nivel adquisitivo mayor.
- El tamaño debe ser lo más reducido posible, pues se dispone por lo general de mucho menos espacio que en la India.

6.3 Descripción de Suriel

Suriel es una cocina solar tipo caja (horno), pero dispone de algunas características que la hacen especialmente particular. Se trata de un horno de tamaño reducido, capaz de orientarse hacia la radiación solar directa de forma automática. De esta forma se consigue maximizar la energía de entrada y minimizar el tiempo dedicado a cocinar. Además, permite la orientación de la cocina de forma manual y dispone de un sistema de seguridad que limita el movimiento de rotación de la cocina.

A continuación se describen los diferentes aspectos de Suriel: diseño y componentes mecánicos, componentes electrónicos y presupuesto.

6.4 Diseño y componentes mecánicos

Antes de iniciar la construcción de Suriel se realizó un diseño mediante Solidworks. Los aspectos considerados en el diseño son los siguientes:

- Horno estéticamente atractivo.
- Horno funcional: accesible, fácil de limpiar, ha de permitir cocinar varias cosas a la vez.



- Ha de permitir el giro de la cocina en dos ejes.
- Minimización del volumen interior de la caja para mejorar la eficiencia del horno.

Se presentan a continuación las diferentes partes que conforman el diseño realizado:

Trípode: su misión principal es soportar el peso de la cocina solar e impedir que ésta se desequilibre mediante 3 puntos de apoyo.

Eje giratorio: Acoplado al soporte del eje giratorio mediante una rodadura, permite la rotación del horno alrededor del eje "z". Además lleva integrado el motoreductor que permitirá al horno el giro en el eje "y" y el motoreductor que permitirá el giro en el eje "z". La transmisión de los motores a los ejes se ha realizado mediante un sistema de correa-polea. En el primer diseño realizado se escogieron unas correas de reducidas dimensiones que no eran capaces de transmitir la fuerza necesaria. La solución adoptada fue la de cambiar tanto las poleas como las correas.



Ilustración 22. Trípode



Ilustración 23. Soporte giratorio

Caja: es el conjunto de elementos encargados de aislar los alimentos del exterior. Su diseño permite que la caja pueda rotar entorno a los alimentos sin que estos se muevan. Además ofrece un diseño compacto, que permite albergar dos bandejas en su interior y minimizar su volumen interior.



Ilustración 24. Esquema caja interior – caja interior – caja exterior



Los materiales utilizados para elaborar la caja han sido (de exterior a interior) metacrilato, lana de vidrio y chapa metálica. Es preferible que la parte interior sea de chapa conductora, pues interesa en primer lugar que la temperatura dentro del horno sea lo más homogénea posible, al igual que también interesa lograr un incremento de temperatura lo más rápido posible, por lo que se ha seleccionado una chapa (capacidad calorífica pequeña) de pequeño grosor. Además la chapa se ha pintado para conseguir una superficie altamente absorbente de radiación, con una pintura anticalórica negra y mate que soporta hasta 600°C. Se ha utilizado además un doble vidrio de 7mm de grosor cada uno y cámara de aire de 1cm para reducir pérdidas de calor. Los vidrios han sido tratados térmicamente para minimizar su dilatación térmica y evitar sobretensiones que puedan provocar la rotura de los vidrios. Con el objetivo de equilibrar la cocina se ha compensado el peso mediante unos contrapesos colocados en el exterior de la caja interior.

Soporte de bandejas y bandejas extraíbles: Este sistema tiene como función sostener siempre los alimentos horizontalmente. Las bandejas se sostienen como columpios mediante dos pernos (centro del eje giratorio) que permiten la rotación de las bandejas. De esta forma, a pesar de que el horno solar gire en torno al eje "y", las bandejas siempre se mantendrán horizontales al suelo. Además, las bandejas son extraíbles para facilitar la colocación de los alimentos y su limpieza.

Puerta y reflectante de la cocina solar: permite el acceso al interior del horno. Tiene acoplado unos reflectantes fijos, puesto que el horno siempre estará encarado a los rayos del sol. En total se tiene una superficie proyectada de 0,587 m². Esto implica que si se logra tener una radiación solar de 900W/m² se tendrá una potencia de entrada de 470 W. El primer reflector construido resultó ser muy rígido y pesado, debido a que se utilizaron planchas de madera para su construcción. Así pues, se tuvo que construir un segundo reflector en el que se utilizaron directamente los mismos reflectores para formar la estructura.

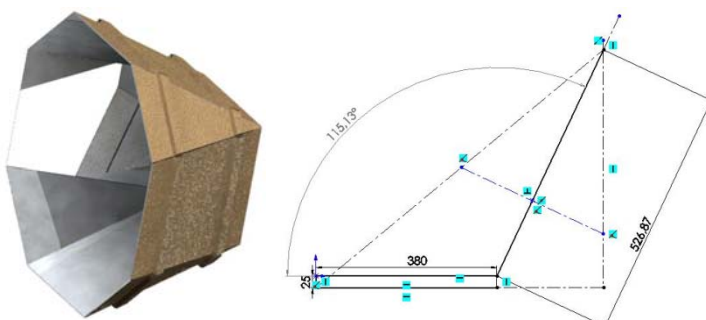


Ilustración 25. Reflectante de la cocina solar



Ilustración 26. Suriel en su conjunto



6.5 Componentes eléctricos y electrónicos

Para que la persona que cocina no deba estar pendiente de la posición del horno, un seguidor solar se encargará de mantener siempre orientada la cocina solar perpendicularmente a los rayos solares. Los principales elementos que componen el seguidor solar y sus funciones se detallan en la Tabla 8.

Elemento	Material	Función
Detector	4 fotodiodos	Transforma una señal en forma de radiación solar en una eléctrica. Detecta la posición relativa entre una perpendicular a la cocina solar y la radiación directa.
Convertor AD	Convertor (interno al microcomputador)	Transforma una señal analógica en una digital
Procesador de datos	Microcomputador PIC18F1220	Controla los motores en función de la señal recibida del detector
Alimentación de los motores	Placa solar, que proporciona una potencia de 2,1 W	Dan la potencia necesaria para alimentar los moto-reductores
Componentes mecánicos	2 moto-reductores de CC (4rpm a 12V)	Permiten el movimiento en el eje z y x de la caja, para estar siempre orientados al sol

Tabla 8. Descripción de los elementos electrónicos y eléctricos más importantes

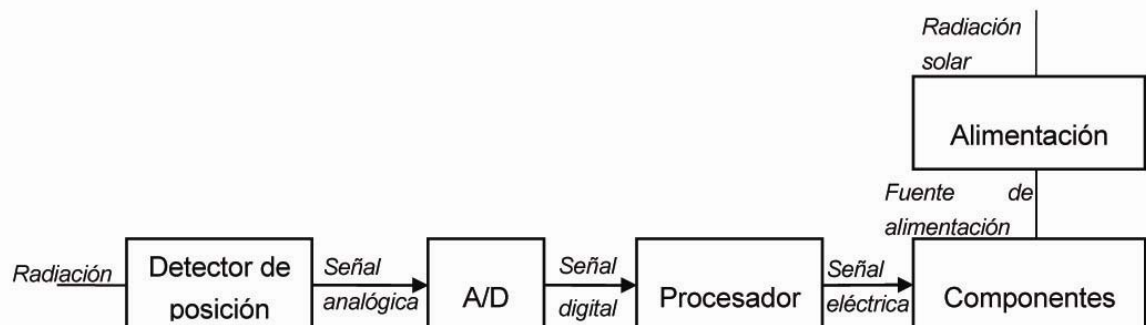


Ilustración 27. Composición de los diferentes elementos electrónicos y eléctricos



A continuación se describe brevemente el detector de posición. Está formado por dos láminas de madera pintadas de color negro mate, que separan 4 fotodiodos. El funcionamiento resulta sencillo. Solo existe una posición en la que los 4 fotodiodos reciben radiación solar. Esta posición coincide con una perpendicular a la radiación solar directa, de modo que en el caso de que los fotodiodos no estén encarados, habrá uno o dos fotodiodos a los que no llegará radiación directa debido a la sombra provocada por las láminas.

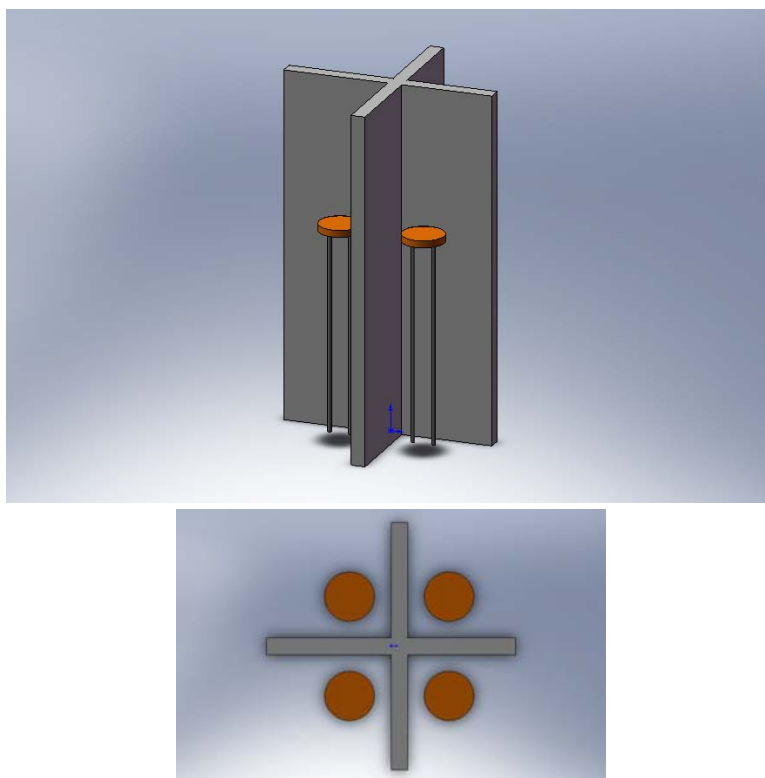


Ilustración 28. *Detector de posición de Suriel*

Se realizó un estudio para analizar la variación de la resistencia de los fotoresistores en función de la radiación solar recibida. Se encontró una diferencia pronunciada cuando recibe radiación solar o está en sombra.

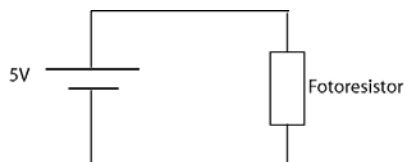


Ilustración 29. *Circuito para determinar el valor de la impedancia frente niveles de radiación diferentes*

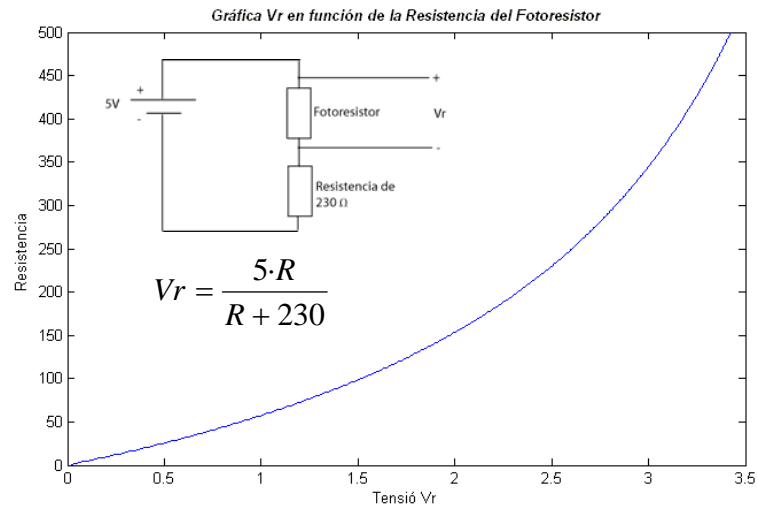
En el fotoresistor elegido finalmente se encuentra que:

- Resistencia $\approx 100\Omega$ cuando recibe radiación directa (a unos 800 W/m^2)
- Resistencia $\approx 400\Omega$ cuando no recibe radiación directa (a unos 80 W/m^2)



- La resistencia siempre es menor a 180Ω cuando recibe radiación solar
- La resistencia siempre es mayor a 280Ω cuando no recibe radiación solar

Se puede ver que 230Ω es el valor intermedio entre la mínima resistencia cuando no recibe radiación solar y la máxima cuando recibe la radiación solar. Así pues, cuando el fotoresistor adopte el valor de 230Ω interesará que la tensión V_r sea de 2,5 V. Es por ello que a la resistencia en serie se le da el valor de 230Ω .



Gráfica 12. Tensión del fotoresistor en función de su impedancia

La tensión V_r de cada fotoresistor, irá directamente conectada al PIC (Ilustración 30), que permitirá digitalizar la señal de entrada gracias al convertor A/D que incluye el PIC.

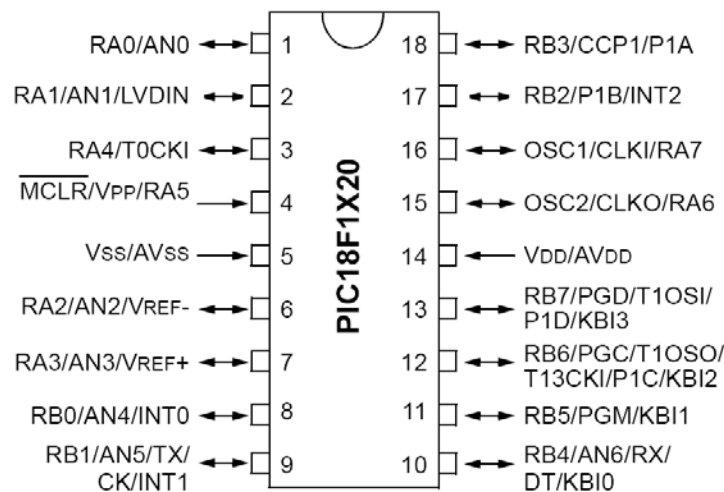


Ilustración 30. PIC utilizado (PIC18F1220)



La cocina está provista de una placa solar, que será útil cada 10 minutos para alimentar los motores de continua. La cocina no dispone de baterías, a excepción de la que alimenta el circuito electrónico, que se trata de una batería de 9V.

En la Ilustración 32 se puede observar el esquema del circuito electrónico diseñado. Obsérvese que existe un circuito de baja tensión (5V), y uno de alta tensión (12V). La comunicación del circuito de alta tensión con el de baja se hace mediante relés. Con el objetivo de comprobar el correcto funcionamiento del circuito electrónico, se construyó el circuito electrónico en un protoboard. Durante este proceso numerosas correcciones se debieron hacer. El PIC no enviaba la suficiente potencia como para conmutar los relés, es por ello que se introdujeron los transistores con sus respectivas resistencias en el circuito, además de sustituir los primeros relés por unos de baja potencia.

Después de conseguir el correcto funcionamiento del circuito electrónico en una placa protoboard, se soldó el circuito en una placa perforada (Ilustración 31). En esta placa la presencia de múltiples cables provocaba errores de forma continuada debido a problemas de contactos. Es por ello, que se decidió diseñar una placa y revelarla (Ilustración 31).

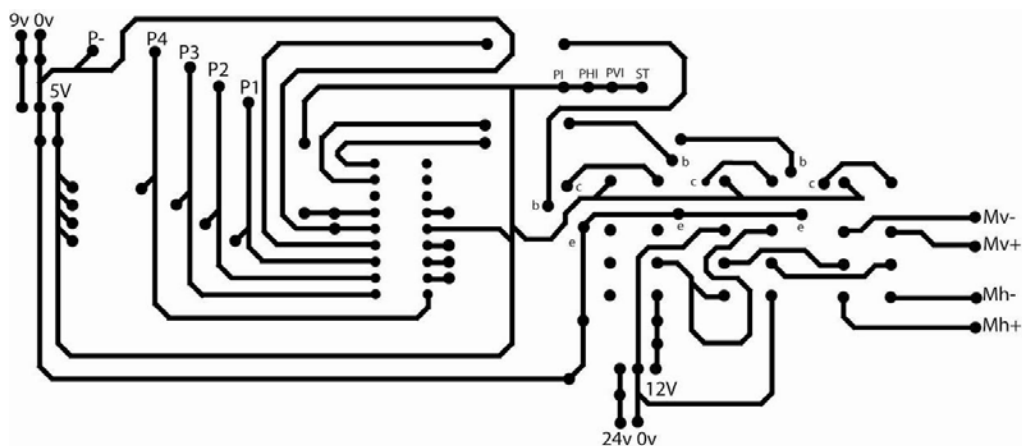
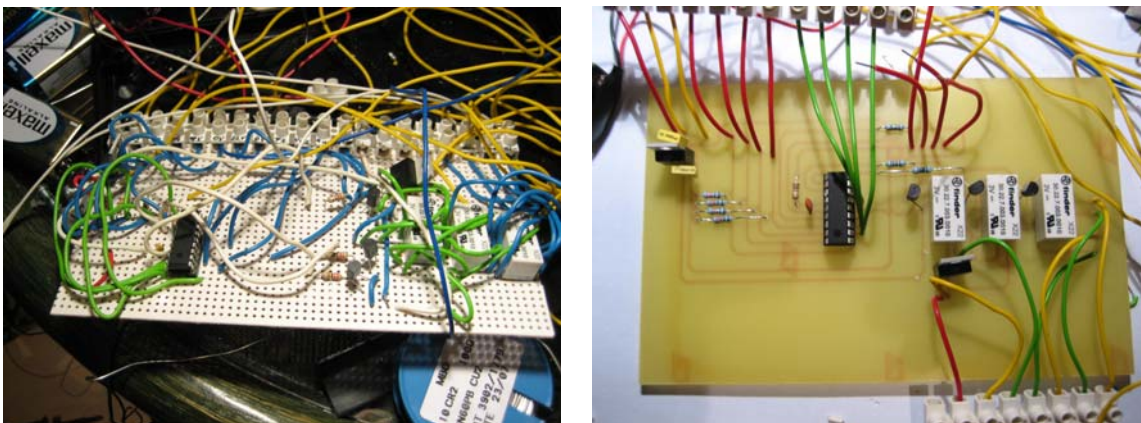


Ilustración 31. Arriba izquierda: circuito soldado en placa perforada. Arriba derecha: circuito soldado en placa impresa. Abajo: diseño de la placa impresa



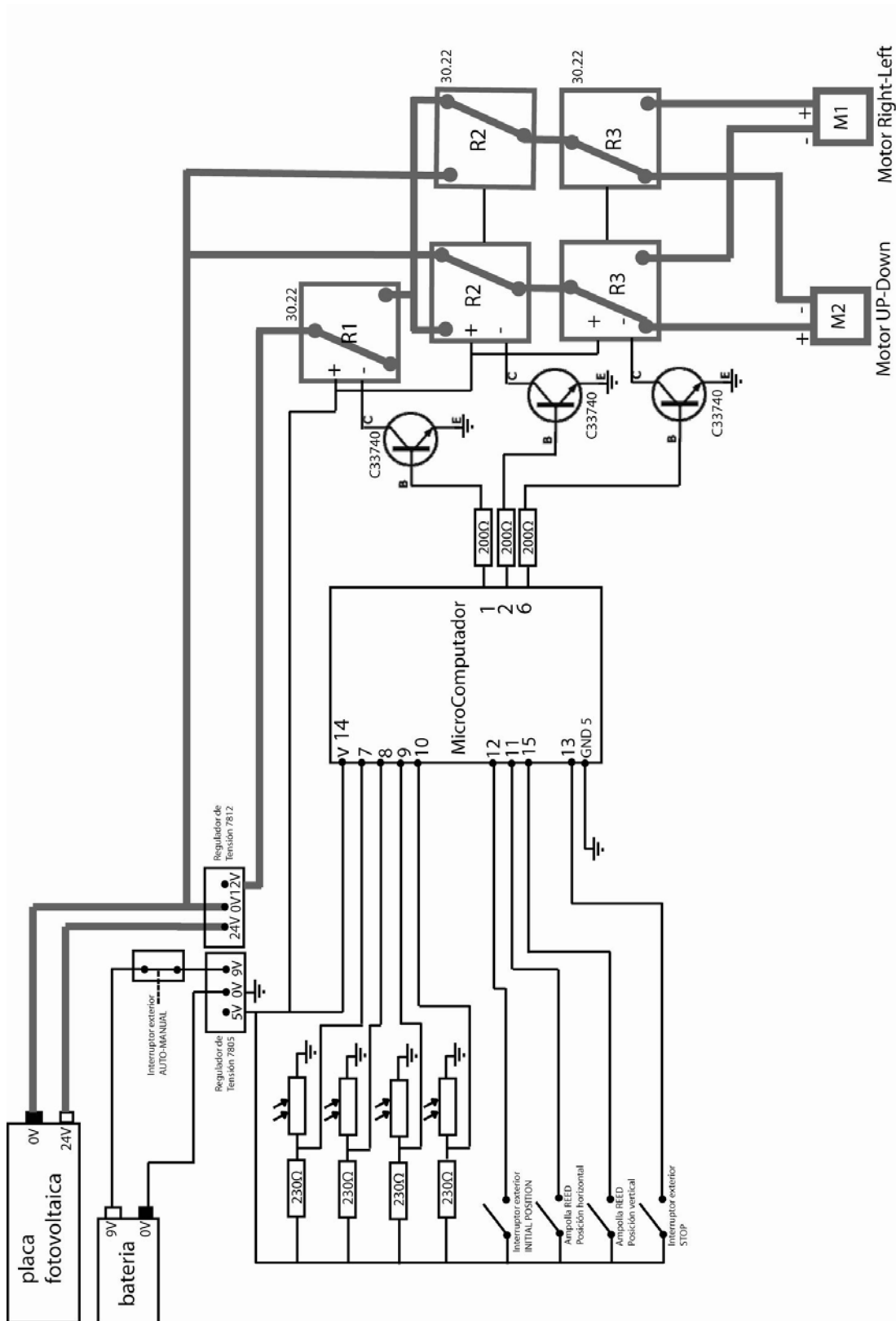


Ilustración 32. Esquema de los componentes electrónicos. Circuito de alta y baja tensión



6.6 Materiales usados, y presupuesto económico

Material	Precio (€)
Caja interior:	
Chapa 2mm grosor	10
Soldadura de chapa de 2mm de grosor	20
Pintura anticalórica negra mate	4
Caja exterior:	
Perfil de metacrilato	30
Pegamento metacrilato	3,25
Aislante fibra de vidrio	13,25
4 barras de madera 2cm Ø	3,15
8 tirafondos	1,1
4 cierra cajas	4
8 roscas M3	0,6
Pintura	4
Trípode:	
Tubo de hierro de 1mm de espesor	3,45
Perfil de hierro en O 1mm de espesor	4,73
Rosca y tuerca	0,75
Soldadura	8
Pintura	3
Soporte cocina:	
Eje roscado 2cm Ø	3
4 rodamientos	5,45
Perfil plano 4mm	8
Perfil T	6
2 espárragos	2
4 tuercas M20	2,33
Soldadura	10
Reflector:	
Madera reflectores	7
Silicona	4
Listones soporte reflectores	4,15
Araldit	8
Aluminio reflectante	8
4 cierra cajas	40
8 tornillos M3	4
Pintura	5

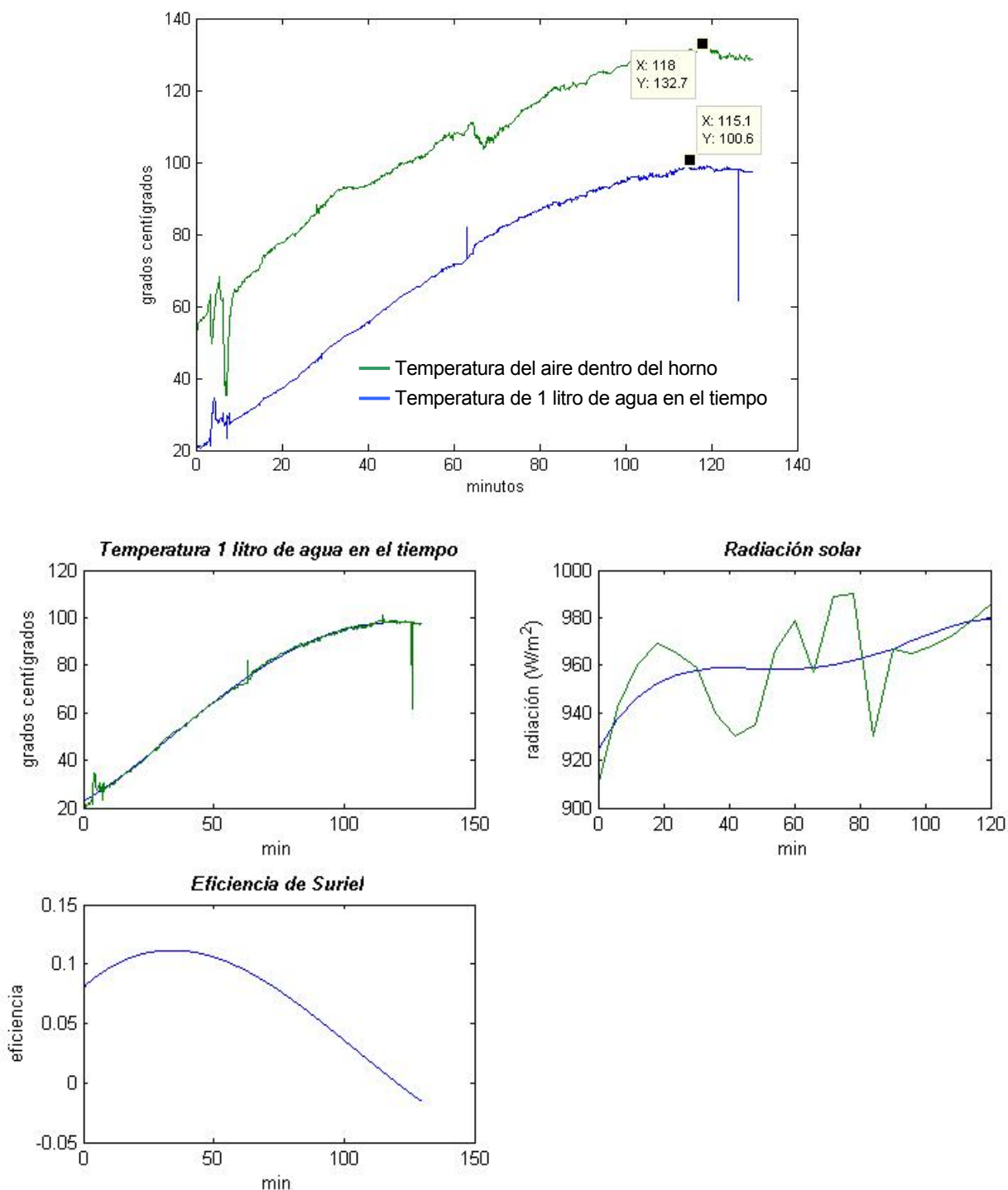


Marco:	
4 perfiles en U	12
4 escuadras	2,3
2 bisagras	1
9 tornillos M4	0,7
2 cierra cajas	2
4 tornillos M3	0,3
Vidrio	40
Circuito Electrónico:	
1 placa para soldar	3
4 transistores BJT, NPN	0,66
4 resistencias 220 Ω	0,40
3 relés dobles	2,34
4 fotoresistores	0,4
Cable	4
4 resistencias X Ω	0,4
PIC	0,45
Regleta	1,6
Caja circuito	5
5 interruptores	3
Regulador de tensión 5V	1,2
Regulador de tensión 12V	1,2
2 Condensadores regulador	0,2
2 Condensadores regulador	0,2
1 resistencia PIC	0,10
1 condensador PIC	0,10
Placa solar	20
Madera	0,5
Pintura	0,5
2 Motores reductores	35
2 correas dentadas	15
2 poleas dentadas	5
4 ampollas reed	0,4
2 imanes	1
Total	382,76



6.7 Análisis del horno

El horno se ha analizado mediante la misma metodología que las cocinas de la India. Los resultados se muestran en la Gráfica 13:



Gráfica 13. Análisis de la eficiencia de Suriel



Resulta difícil comparar el horno utilizado en la India con Suriel. No se pueden comparar eficiencias directamente si la temperatura exterior es diferente. Las medidas tomadas en la India se obtuvieron en la época más calurosa del sureste indio (junio del 2007, aproximadamente 45°C); en cambio, las pruebas realizadas con Suriel se han realizado en febrero del 2008, en el que la temperatura oscila los 20°C. Cuanto mayor es el gradiente entre interior y exterior, mayores serán las pérdidas energéticas.

A pesar de ello, se han encontrado grandes similitudes entre los dos hornos. Tanto el horno de la India como Suriel tardan 40 minutos aproximadamente en incrementar la temperatura del agua de 70 a 90°C (compárense Gráfica 13 y Gráfica 9). Además, la temperatura que alcanza el aire interior de la caja es de 126,2 °C para el horno de la India y de 132,7°C para Suriel. Considerando, pues, que el gradiente de temperatura es muy superior al de la India, se valora muy positivamente el resultado de Suriel. Será interesante determinar qué temperatura alcanza Suriel en la estación de verano.



Conclusiones

A modo global, se considera necesaria una continuación del proyecto en todos sus sentidos. Por un lado, la colaboración con la FLM para combatir el déficit energético de la zona de Vedanthangal no ha hecho más que comenzar. Será necesario pues, redactar un nuevo programa que considere este proyecto y tenga una visión a largo plazo. En este nuevo programa será clave la educación y las estrategias que impliquen algún tipo de cambio, evolución o adaptación cultural hacia actitudes progresistas y participativas con la comunidad.

Por otro lado, en referencia al prototipo de horno solar diseñado para la sociedad occidental, cabe destacar que éste debe lograr ser competitivo y capaz de satisfacer en su totalidad las necesidades del consumidor antes de considerarlo definitivo. Por ello, se consideran claves las recomendaciones dadas en las conclusiones del capítulo 6 (presentes a continuación), que han de posibilitar la mejora de Suriel.

Además, la realización del proyecto ha dado la oportunidad de participar en dos ponencias en congresos nacionales, en los que se han divulgado las tareas realizadas en el presente proyecto, como parte del proyecto global de desarrollo que se está llevando a cabo desde hace tres años entre CCD-UPC y la FLM. La primera ponencia se realizó en el congreso "*Ciencia y Tecnología para el Desarrollo: Coloquio Internacional y Exposición Itinerante 2007-2012*", para el que se redactó el artículo del Anexo H. La segunda ponencia se realizó en el "*I Congreso UPC sostenible 2015*", para que también se redactó un artículo (véase Anexo I).

Conclusiones capítulos 4 y 5

Durante todo este trabajo, el objetivo principal ha sido promover el uso de energías renovables en el marco de la cooperación. Esta primera parte del trabajo ha servido para aprender las bases que debe tener un ingeniero respecto a la cooperación tecnológica internacional. Para elaborar el proyecto se ha debido, en primer lugar, determinar la filosofía bajo la cual se va a cooperar, conocer la situación del país y la situación concreta del lugar donde se va a realizar el proyecto.

La realización del proyecto también ha permitido reconocer las diferencias entre la problemática detectada a través de una mirada occidental y una oriental. Un hecho relevante también ha sido darse cuenta de la dificultad que uno encuentra ante el choque cultural: lo difícil que resulta realizar una encuesta, o comprar material, o trabajar con gente local, lo difícil que resulta entenderse, o confiar en otra persona, o organizar un acto, etc. Por



último, el proyecto también ha permitido aprender el procedimiento a seguir a la hora de definir una estrategia en el marco de la cooperación.

La experiencia en la India ha revelado que los pilares que sustentan casi cualquier tipo de cooperación están basados en la educación. Sin educación ni formación de ningún tipo no es posible realizar una cooperación que permita el desarrollo de las capacidades y libertades. Es por ello que se considera necesaria la realización del proyecto educativo en un futuro próximo, que permita básicamente al pueblo de Vedanthangal darse cuenta de los problemas ante los cuales se exponen y conocer cuáles son las herramientas con las que cuentan para resolverlos.

El estudio realizado sobre las cocinas solares ha permitido conocer la diversidad de usos que tienen las diferentes cocinas, conocer qué rendimientos pueden alcanzar en la India y a qué temperaturas pueden trabajar. Ha servido también para confirmar que la climatología india (sobre todo en Tamil Nadu) es idónea para el uso de este tipo de tecnologías.

En referencia a la implementación de las cocinas solares en una problemática concreta, ante todo, el proyecto ha permitido el acercamiento a la sociedad y situación del pueblo de Vedanthangal. Conocer la situación de los parvularios e identificar sus problemas es un reflejo claro de la cantidad de carencias en las que se encuentra la India. Además, el hecho de graficar los problemas detectados ha sido vital a la hora de definir una estrategia adecuada.

El impacto social que supone cocinar con una tecnología diferente ha sido superado, principalmente, gracias a la colaboración de Shoba. Los trainings han demostrado por sí solos la capacidad que tienen los habitantes de Vedanthangal de entender y utilizar nuevas tecnologías energéticas. El principal problema con el que se ha topado recae en la negatividad de los informes del seguimiento de las profesoras (como se puede comprobar en la Ilustración 11). A pesar de las múltiples advertencias por parte de la ONG, ni la directora del distrito ni la supervisora de la zona ni las profesoras han mostrado interés en un cambio de actitud o de costumbres respecto a la problemática asistencial. Esto implica que por el momento, la FLM no donará las 3 cocinas solares que habían conseguido para el proyecto. Se cree profundamente que, resulta prioritario que los niños reciban una educación como mínimo aceptable respecto a lo que a asistencia se refiere. La no donación de las cocinas solares es una forma de denunciar una injusticia, la desorganización y el poco interés del gobierno por controlar el tipo de educación que recibe el sistema de castas más bajas. A pesar de no haber podido implantar las cocinas solares, se considera satisfactorio el trabajo realizado. En el presente proyecto se ha puesto por delante la filosofía en la que se cree, antes que la búsqueda de resultados atractivos para una visión occidental; es por ello que se cree correcta la decisión de posponer la implantación de cocinas solares.



La complejidad de la sociedad que se ha encontrado en Vedanthangal, el poco espíritu de esfuerzo y superación derivados del aún vigente sistema de castas, han dificultado alcanzar el objetivo de implantar cocinas solares. La calidad de la enseñanza mejorará mucho cuando los padres de los niños tomen iniciativa y sean capaces de denunciar la poca implicación que tienen las profesoras hacia su trabajo. Esto será muy difícil de conseguir, pues las profesoras pertenecen a una casta superior. Así pues, se considera importante que un objetivo nuevo de la ONG sea no tan solo poner escuelas de refuerzo (que solucionan un problema momentáneo, pero no el problema de base), sino proporcionar a la población las capacidades necesarias para presionar al colegio, a la directora del distrito o al gobierno para mejorar la educación que reciben sus hijos. Si la educación fuese correcta, no deberían existir escuelas de refuerzo.

A pesar de todo esto, gracias a los trainings también se ha conseguido inculcar que las mejorías frente al problema energético presente se darán a partir de la implicación y compromiso de toda la comunidad. También han ampliado su conocimiento frente al mundo energético y tanto madres, como cocineras y profesoras han visto que existen alternativas a las fuentes de energía convencionales. Por último también ha sido importante transmitir la idea de que la FLM no ragala nada, sino que normalmente pide esfuerzo y compromiso a cambio de la ayuda.

A pesar de las múltiples dificultades encontradas, se está convencido de que se trata de un proyecto con resultados positivos, y se está satisfecho de ellos.

Conclusiones capítulo 6

Suriel es un primer prototipo, y las conclusiones extraídas son de gran importancia para la realización de la próxima evolución de Suriel.

En primer lugar se ratifica que se trata de un buen diseño, ya que se consigue minimizar el volumen interior y maximizar la radiación directa incidente. Además la temperatura alcanzada en el interior de la cocina es la esperada según el diseño realizado. Se ha conseguido un sistema robusto, aunque sacrificando en parte la ligereza. La caja interior (de chapa de hierro), el vidrio (doble con cámara de aire) y los reflectores son el conjunto de elementos pesados que conforman el sistema. El tamaño de la caja interior es el adecuado para insertar los alimentos así como también es correcto el movimiento de los alimentos dentro de la caja para permanecer siempre horizontales al suelo.

Referente al sistema electrónico y eléctrico, éste responde a las necesidades para las cuales se ha diseñado. El seguidor solar es capaz de realizar su función con la precisión necesaria. El circuito electrónico es capaz de dar las órdenes necesarias según las variables de entrada, determinando si se debe o no mover el motor, qué motor debe moverse y en



qué sentido. Gracias al PIC (elemento principal del circuito electrónico) se ha conseguido diseñar un sistema automático flexible, que permitirá añadir o modificar funciones en próximos diseños con relativa sencillez. Sería adecuado imprimir el circuito electrónico para eliminar los cables eléctricos utilizados (no se ha hecho debido al coste). Se consideran adecuados los motores seleccionados aunque se cree que se debe mejorar la transmisión entre engranaje del motoreductor y soporte giratorio. Para conseguir un sistema capaz de estar a la intemperie también se debería aislar el sistema eléctrico. Por último, el sistema de seguridad y el sistema de reorientación a la posición inicial funcionan correctamente.

En relación al precio, éste se considera ligeramente elevado, pero hay que tener en cuenta que a la hora de realizar un prototipo, el hecho de comprar elementos uno a uno y las labores manuales de soldadura (y otras) encarecen el sistema.

A pesar de la satisfacción con los resultados obtenidos, se creen necesarias algunas modificaciones antes de poder comercializar el producto. Así, se recomienda:

- Conseguir un sistema más ligero, consiguiendo un compromiso entre robustez y peso.
- Mejorar la transmisión mecánica entre motoreductor y soporte giratorio.
- Conseguir aislar el sistema eléctrico para conseguir un sistema adecuado para permanecer a la intemperie
- Realizar múltiples pruebas para confeccionar una tabla que permita determinar el tiempo necesario para cocinar una cierta cantidad de un alimento determinado. Posteriormente se deberá introducir ésta en el PIC y añadir dos variables de entrada que determinen cantidad y producto. De esta manera el PIC calculará el tiempo de exposición al sol y, una vez superado ese tiempo se desorientará para no seguir cocinando.

Se cree que mejorando el primer prototipo de Suriel, se podrá llegar a promover el uso de energías alternativas en la sociedad occidental.



Agradecimientos

En primer lugar quisiera agradecer a todos aquellos que iniciaron los proyectos tecnológicos, y depositaron posteriormente su confianza en mí para realizar el proyecto de energía: Delfina, Pep y Jordi. Sin su trabajo, apoyo y entusiasmo, nada de esto hubiese sido posible.

Agradecer también a las instituciones que han colaborado económicamente y de forma presencial: el Centro de Cooperación para el Desarrollo de la UPC, que ha subvencionado el viaje a la India y la adquisición del horno solar, y la Fundación Laia Mendoza y la Tamil Nadu Foundation por su asistencia sobre el terreno.

Gracias también al profesor Lluís Batet (tutor de este proyecto) y a la profesora Núria Miralles (tutora del proyecto de agua). Con quienes he podido compartir muchos momentos para preparar y tirar adelante este proyecto.

Gracias también a Rosa Rodríguez y a JM Moreno, que sin ellos no hubiese funcionado el PIC.

No me puedo olvidar tampoco de todos aquellos con los que compartimos los días que estuvimos en tierras india: Sílvia, Miquel, Debora, Virginia, Ricard, Marta y Lluís Comte (responsable de la ONG en la India).

Por último gracias a mi familia que siempre me ha apoyado en todo momento en este proyecto. Y que desde la distancia se hicieron presentes en mí, día a día.



Bibliografía

- [1] AMARTYA SEN (2000). *Desarrollo y libertad*. Editorial Planeta.
- [2] BP. Informe de Sostenibilidad BP 2006
[<http://www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=955&contentId=2018361>, 20 setembre 2007]
- [3] Centro de Cooperación Para el Desarrollo
[<http://www.upc.edu/ccd/>, 10 junio 2007]
- [4] Equipo multidisciplinar de la UPC (2007). *Projecte India 2006*. CCD
- [5] Equipo multidisciplinar de la UPC (2007). *Projectes d'Enginyeria a Vedanthangal*. ETSEIB.
- [6] Equipo multidisciplinar de la UPC (2007). *Solar cookers Project in Anganwaddys*. CCD
- [7] Fundiación Laia Mendoza
[<http://www.fundaciolaiamendoza.org/>, 4 abril 2007]
- [8] Government of Tamil Nadu (2003). *Tamil Nadu Human Development Report*. D.K. Publishers and Distributors.
- [9] INGENIERÍA SIN FRONTERAS (2003). *Tecnología para el Desarrollo Humano. Agua e infraestructura*. Associació Catalana D'Enginyeria Sense Fronteres
- [10] INGENIERÍA SIN FRONTERAS (2005). *Introducción a la cooperación al desarrollo para las Ingenierías. Una propuesta para el estudio*. Associació Catalana D'Enginyeria Sense Fronteres
- [11] INGENIERÍA SIN FRONTERAS (2006). *Energía, participación y sostenibilidad (2006). Tecnología para el Desarrollo Humano*. Associació Catalana D'Enginyeria Sense Fronteres
- [12] NUSSBAUM, M.C. (2000). *Las mujeres y el desarrollo humano*. Herder.
- [13] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). *Informe para el Desarrollo Humano 2007/2008*. Mundi-Prensa Libros, s.a.



- [14] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2001). *Poner el Adelanto Tecnológico al servicio del Desarrollo Humano*. Mundi-Prensa Libros, s.a.
- [15] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2003). *Ciencia y tecnología para el desarrollo humano*. Mundi-Prensa Libros, s.a.
- [16] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2005). *La Energía para el Logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio*. Mundi-Prensa Libros, s.a.
- [17] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2005). *Objetivos de Desarrollo del Milenio*. Mundi-Prensa Libros, s.a.
- [18] SOLAR COOKING
[<http://www.solarcooking.org/>, 15 setembre 2007]
- [19] Tamil Nadu Foundation
[www.tnftnc.org, 20 julio 2007]
- [20] THE ALTERNATIVE ENERGY STORE
[<http://howto.altenergystore.com/>, 20 octubre 2007]
- [21] [<http://www.supertravelnet.com/>, 25 octubre 2007]

