

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA INTERUNIDADES DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA

AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA NA CIDADE DE AREQUIPA-PERU:
uma contribuição para o seu desenvolvimento

Autor: Miguel A. Tinajeros Salcedo

Dissertação apresentada ao Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo (Instituto de Eletrotécnica e Energia / Escola Politécnica / Instituto de Física / Faculdade de Economia e Administração), para a obtenção do título de Mestre em Energia.

Orientador: Prof. Dr. Murilo T.W. Faga

SÃO PAULO
2004

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA INTERUNIDADES DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA

**AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA NA CIDADE DE AREQUIPA-PERU:
uma contribuição para o seu desenvolvimento**

Autor: Miguel A. Tinajeros Salcedo

Dissertação apresentada ao Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo (Instituto de Eletrotécnica e Energia / Escola Politécnica / Instituto de Física / Faculdade de Economia e Administração), para a obtenção do título de Mestre em Energia.

Orientador: Prof. Dr. Murilo T.W. Faga

SÃO PAULO
2004

Salcedo, Miguel Angel Tinajeros

*Aquecimento solar de água na cidade de Arequipa - Peru:
uma contribuição para o seu desenvolvimento.* 108 p., 2004

Dissertação (Mestrado) – Programa Interunidades de Pós-Graduação
em Energia da Universidade de São Paulo.

1. Coletores solares
2. Aquecimento de água
3. Tecnologia
4. Energia solar

Data da Defesa: 22/09/2004

BANCA EXAMINADORA:

Titulares

Prof. Dr. Murilo T.W. Faga – PIPGE/USP – Orientador e Presidente da Comissão

Julgadora

Julgamento: Aprovado

Profa. Dra. Elizabeth Marques Duarte Pereira – PUC/MG

Julgamento: Aprovado

Prof. Dr. Roberto Zilles – PIPGE/USP

Julgamento: Aprovado

Suplentes

Prof. Dr. Edmilson Moutinho dos Santos – PIPGE/USP

Prof. Dr. Jamil Haddad – UNIFE-Itajubá

Aos meus pais, René e Obdulia,
que têm me dado respaldo, atenção e
carinho em todos os momentos que precisei e,
meus irmãos Alberto, Gilbert, Elmer, Doris e Mariela

AGRADECIMENTOS

Ao professor Murilo Faga, pela orientação e compreensão que desde um primeiro momento soube confiar em mim.

À CAPES pelo auxílio financeiro sem o qual este trabalho seria impossível.

Ao professor Ildo Sauer.

Aos professores do IEE e aos colegas do PIPGE, em especial ao Federico Morante por sua amizade, pelas dicas e conselhos que ajudaram no amadurecimento do tema do trabalho.

Ao Fernando Romero pelo companheirismo e pela amizade.

À Alberto Montoya e Ernesto Palo pela colaboração na implementação da bancada de testes.

À Manoel Monteiro e Andre Mocelin pela leitura cuidadosa de uma versão final deste trabalho.

Ao Laboratório de Física Experimental do departamento de Física da Universidade Nacional de San Agustín de Arequipa - Peru, por haver propiciado a utilização de suas instalações e da implementação das bancadas de testes necessárias a este trabalho.

A todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de figuras

Lista de tabelas

Lista de abreviaturas e siglas

Resumo

Abstract

Introdução	1
Capítulo I. Estado atual do desenvolvimento da energia solar térmica no Peru	8
1.1 Introdução	8
1.2 Dados gerais sobre o país	9
1.2.1 Localização geográfica	9
1.2.2 Potencial energético	10
1.3 O recurso solar	11
1.3.1 Distribuição espacial anual	13
1.3.2 Distribuição espacial sazonal	14
1.4 Critérios para a difusão e avaliação da tecnologia energia solar térmica	16
1.4.1 Premissas para a difusão da potencialidade de propagação	16
1.4.2 Critérios para obter efeitos multiplicadores na promoção da energia solar térmica	18
1.5 Análise da experiência peruana dos últimos anos em energia solar térmica	20

Capítulo II. Consumo de energia e situação da tecnologia solar térmica na cidade de Arequipa, Peru	24
2.1 Introdução	24
2.2 Localização, geografia e clima da cidade Arequipa	24
2.3 Sistema de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica da região Arequipa	26
2.4 O consumo de energia no setor residencial, industrial, comercial e de serviços	29
2.4.1 Setor residencial	30
2.4.2 Setor comercial e de serviços	31
2.4.3 Setor industrial	32
2.5 O consumo de energia elétrica para aquecimento de água para fins sanitários	34
2.5.1 O tempo de duração, consumo de água ou energia e frequência de um banho	34
2.5.2 Equipamentos elétricos utilizados para o aquecimento da água	35
2.6 Uso da energia solar térmica na cidade de Arequipa	37
2.6.1 Introdução da fonte solar térmica	37
2.6.2 Aquecedores solares de água	38
2.7 Setores que utilizam a energia solar térmica na cidade de Arequipa	40
2.7.1 Setor residencial	41
2.7.2 Setor comercial e de serviços	42
2.7.3 Setor industrial	43

Capítulo III. Estado da arte dos coletores solares para aquecimento de água na cidade de Arequipa	44
3.1 Introdução	44
3.2 Tipos de coletores para aquecimento de água para fins sanitários	45
3.2.1 Tipos de Coletores segundo as geometrias de placas absorvedoras dos coletores	45
3.2.1.1 Tipo serpentina	46
3.2.1.2 Tipo tanque	46
3.2.1.3 Tipo grade de tubos de ferro galvanizado	46

3.3 Características técnicas atuais dos sistemas de aquecimento solar em Arequipa	47
3.3.1 Absorvedor	47
3.3.2 Cobertura	49
3.3.3 Isolamento	50
3.3.4 Caixa Coletora	50
3.3.5 Tanque	51
3.3.6 Rede de distribuição	52
3.4 Fabricação e comercialização	53
3.4.1 Setor formal e informal no Peru	54
3.4.2 Setores predominantes na industria de coletores solares	55
3.4.2.1 Setor formal parcialmente dedicado (SFPD)	55
3.4.2.2 Setor formal totalmente dedicado (SFTD)	55
3.5 Características arquitetônicas das residências e aspectos normativos para aquecimento de água em Arequipa.....	58
3.6 Pesquisa de satisfação dos usuários no que concerne a utilização de equipamentos solares	60
Capítulo IV. Implementação da bancada para testes de desempenho de coletores solares	62
4.1 Introdução	62
4.2. Métodos utilizados para determinação da eficiência térmica e do parâmetro $F_R U_L$	62
4.2.1. Determinação da eficiência térmica em regime quase permanente	63
4.2.2. Determinação do parâmetro $F_R U_L$	66
4.3. Local do experimento	66
4.4. Bancada de testes implementada	67
4.5. Sistema de aquisição de dados	68
4.6. Descrição do coletor analisado	70
4.7. Determinação da eficiência térmica instantânea e do parâmetro $F_R U_L$	71
4.7.1. Determinação das coordenadas da curva de eficiência	71
4.7.2. Determinação do parâmetro $F_R U_L$ com vento natural e forçado	72
4.8. Cálculo de incertezas da curva de eficiência térmica	74

Capítulo V. Conclusão, contribuições e sugestões	76
Anexo I	79
Anexo II	86
Anexo III	90
Anexo IV	100
Anexo V	101
Anexo VI	102
Bibliografia Consultada	103
Publicação realizada durante o desenvolvimento da pesquisa	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 1a. Irradiação global em plano horizontal - Campo de Marte, zona central da cidade de Lima	2
Figura 1b. Aquecedores solares em residências da cidade de Arequipa	4
Figura 1.1. Mapa do Peru e suas três regiões naturais	9
Figura 1.2. Potencial energético (Reservas provadas, dezembro de 2001)	10
Figura 1.3. Atlas de energia solar do Peru e mapa de irradiação da cidade de Arequipa	13
Figura 1.4. Irradiação global incidente no Peru	16
Figura 2.1. Coordenadas Geográficas	25
Figura 2.2. Localização de Arequipa no Peru	25
Figura 2.3. Região Arequipa	26
Figura 2.4. Cidade de Arequipa	26
Figura 2.5. Irradiância global típica em plano horizontal na cidade de Arequipa	26
Figura 2.6. Distribuição elétrica na região Arequipa	27
Figura 2.7. Consumo Final de Energia - Estrutura de Participação por Fontes no setor residencial	30
Figura 2.8. Consumo de Energia Útil - Estrutura de Participação por Fontes no setor residencial ..	31
Figura 2.9. Consumo de Energia Final - Estrutura de Participação por Fontes no setor comercial e de serviços	32
Figura 2.10. Consumo de Energia Útil - Estrutura de Participação por Fontes no setor comercial e de serviços	32
Figura 2.11. Consumo de Energia Final - Estrutura de Participação por Fontes no setor industrial	33
Figura 2.12. Consumo de Energia Útil - Estrutura de Participação por Fontes no setor industrial ...	34
Figura 2.13. Garrafas PET de refrigerante pintadas de preto (esquerda) e outras não (direita), contendo água expostos ao Sol	37
Figura 2.14. Aquecedor solar de 300 l/dia, ao lado de seu construtor o Sr. Ernesto Barreda	38
Figura 2.15. Aquecedor solar no setor residencial de Arequipa	41
Figura 2.16. Aquecedor solar no setor comercial de Arequipa	42
Figura 2.17. Aquecedor solar no setor industrial de Arequipa	43

Figura 3.1. Componentes de um sistema de aquecimento solar de água por coletor plano	44
Figura 3.2. Sistema de aquecimento de circulação natural	45
Figura 3.3. Coletor tipo serpentina	46
Figura 3.4. Coletor tipo tanque	46
Figura 3.5. Coletor tipo grade de tubos de ferro galvanizado	47
Figura 3.6. Placa Absorvedora utilizada nos coletores solares na cidade de Arequipa	48
Figura 3.7. Caixa coletora com suportes	51
Figura 3.8. Tanque de armazenamento	52
Figura 3.9. Tubos Hidro3	53
Figura 3.10. Montagem do coletor solar	53
Figura 3.11. Venda e fabricação de aquecedores solares no setor formal parcialmente dedicado	55
Figura 3.12. Lojas de aquecedores solares em uma mesma rua	57
Figura 3.13. Predominância do área central da cidade com crescimento horizontal	58
Figura 3.14. Bairros mais modernos com edificações em crescimento vertical	58
Figura 3.15. Construções antigas no centro histórico da cidade	59
Figura 3.16. Construções nas áreas mais modernos da cidade	59
Figura 3.17. Consumo de energia elétrica entre Junho de 2003 e Maio de 2004 de uma família com aquecedor solar funcionando desde Janeiro de 2004	61
Figura 3.18 Histograma de há quanto tempo foi a compra de um aquecedor solar	61
Figura 4.1. Laboratório de testes <i>indoor</i>	66
Figura 4.2. Laboratório de testes <i>outdoor</i>	66
Figura 4.3. Bancada implementada para testes com coletores solares	67
Figura 4.4. (a) Piranômetro <i>Kipp & Zonen</i> utilizado para medir a irradiância, (b) Sensor que utiliza o circuito integrado de precisão LM35 para monitorar a temperatura ambiente, (c) Anemômetro utilizado para medir a velocidade de vento	68
Figura 4.5. Sistema montado para a aquisição de dados	69
Figura 4.6. Fonte simétrica e amplificador de sinal	69
Figura 4.7. Características do coletor analisado	70
Figura 4.8. Curva de eficiência térmica instantânea do coletor em regime quase permanente	71
Figura 4.9. F_{RU_L} em função de $(T_e - T_a)$, curva obtida em teste <i>indoor</i>	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1. Produção de energia comercial primária, 2002	11
Tabela 1.2. Valores da irradiação global horizontal, média diária mensal (kWh/m ² /dia)	14
Tabela 1.3. Regiões e usos prioritários para a difusão da energia solar no Peru	18
Tabela 2.1 Características das principais centrais hidroelétricas existentes na região Arequipa	27
Tabela 2.2 Características das principais centrais térmicas existentes na região Arequipa	28
Tabela 2.3. Produção e venda de energia elétrica por províncias (MWh) ano 2000 e porcentagem de moradias sem eletrificação ano 1993	28
Tabela 2.4 Consumo de Energia Final	29
Tabela 2.5 Consumo de Energia Útil	29
Tabela 3.1. Características técnicas e econômicas dos coletores fabricados por empresas formais totalmente dedicadas e parcialmente dedicadas	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANSI/ASHRAE - American National Standards Institute/American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers

CEC - Comissão Européia de Comunidades

DREM - Dirección Regional de Energía y Minas

EGASA - Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa

ENERSOL - Energía Solar Ltda

FAE - Fontes Alternativas de Energia

IEA - International Energy Agency

INAEN - Instituto de Investigación de Aplicaciones de las Energías Naturales

INEI - Instituto Nacional de Estadística e Informática

INDECOPI - Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad

ITINTEC - Instituto de Investigación Tecnológica y de Normas Técnicas

MEM - Ministério de Energía y Minas

NTP - Normas Técnicas Peruanas (Colectores Solares. Método de Ensayo)

PAE - Programa de Ahorro de Energía

PIPGE - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia

PUCP - Pontificia Universidad Católica del Perú

SEAL - Sociedad Eléctrica de Arequipa Ltda.

SENAMHI - Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

SICN - Sistema Interconectado Centro Norte

SIS - Sistema Interconectado Sur

UFPE - Universidade Federal de Pernambuco

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

UNI - Universidad Nacional de Ingeniería

UNJBG - Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman

UNPE - Unidad de Planeación Minero Energético

UNSA - Universidad Nacional de San Agustín

UNSAAC - Universidad Nacional San Antonio Abad do Cuzco

UTC - Universidad Técnica de Cajamarca
USP - Universidade de São Paulo
d.C - depois de Cristo
% - porcentagem
US\$ - dólar norte-americano
mm - milímetro
m - metro
km - quilômetro
km² - quilômetro quadrado
m/s - metro por segundo
m³/s - metro cúbico por segundo
l/min - litros por minuto
l/h - litros por hora
l/dia - litros por dia
hab/km² - habitante por quilômetro quadrado
kg/s - quilograma por segundo
m²/mês - metros quadrados por mês
TJ - Tera Joule
V - tensão (Volt)
kW - quilowatt
MWh - megawatt hora
GWh - gigawatt hora
W/m² - watt por metro quadrado
kWh/m² - quilowatt hora por metro quadrado
kWh/m²dia - quilowatt hora por metro quadrado dia
A_c - área do coletor
m̄ - vazão média da água
°C - grau Celsius
T_a - temperatura ambiente
(T_s-T_e) - diferença de temperatura entre as seções de entrada e saída
C_p - calor específico da água

G_T - irradiância global

η - eficiência instantânea

α - absorptância efetiva

τ - transmitância total

σ - incerteza da grandeza

F_R - fator de remoção de calor

U_L - coeficiente global de perdas

RESUMO

A prática de aquecimento da água através de coletores solares no Peru remonta ao início do século passado; tal como se verifica na cidade de Arequipa, lugar onde foram instalados os primeiros sistemas solares residenciais. Atualmente esta localidade dispõe de vinte e seis indústrias montadoras de aquecedores solares planos, que vêm realizando esforços na melhoria de seus produtos e na ampliação de suas aplicações. Porém a falta de conhecimento do desempenho de seus produtos, em razão da não existência de laboratórios para testes, inibe tais iniciativas. Também não se conhecem aspectos da cadeia produtiva, expectativa e grau de satisfação dos usuários da tecnologia solar térmica. Devido à existência desta realidade, o presente trabalho descreve o estado da arte desta tecnologia na cidade de Arequipa e propõe a implementação de um laboratório piloto de testes de coletores solares. São sugeridos alguns procedimentos que viabilizem sua ampla e imediata utilização e, adicionalmente, são apresentados alguns resultados do levantamento realizado junto à indústria e usuários, que permitem evidenciar aspectos relevantes da tecnologia solar térmica na cidade de Arequipa.

ABSTRACT

The practice of heating water through solar collectors in Peru retraces to the beginning of the last century, as it can be verified specially in the city of Arequipa, where the first residential solar system were installed. Nowadays, this locality is provided with twenty six assembly plants of plain solar heaters, which are striving to improve the quality of its products and magnify its applications. However, the lack of knowledge accurate in relation to the performance of these products due to the no existence of test laboratories, inhibits such initiatives. Besides, various aspects of the productive chain, along with the expectation and degree of satisfaction of the users of thermal solar technology, are not known. Facing the existence of this reality, this work describes the state of the art of the cited technology in the city of Arequipa and proposes the implementation of a pilot test laboratory for solar collectors. It also suggests some procedures that may enable its ample and immediate use and, additionally presents some results of the survey carried through the solar industry and its users, as proof of the evidence relevancy of thermal solar technology in the city of Arequipa.

INTRODUÇÃO

A. MOTIVAÇÃO

O Peru tem uma cultura energética arraigada na utilização de combustíveis fósseis. Os hidrocarbonetos, entretanto, vêm produzindo pressões econômicas e ambientais, e por esse motivo o país deveria orientar suas políticas para um melhoramento na utilização de fontes renováveis. Até poucos anos, o preço destes combustíveis tinham subsídios importantes, o que tornava pouco atrativa a busca de alternativas energéticas como a energia solar. Porém, estes subsídios têm desaparecido gradativamente, em particular para usos residenciais, comerciais e industriais, ocasionando aumento no custo de operação dos equipamentos e conseqüente abertura de espaço no mercado aos equipamentos solares térmicos.

No entanto, com a entrada em operação do gasoduto Camisea-Lima, a partir de Agosto de 2004, este panorama muda sensivelmente. Segundo as projeções do mercado, um dos possíveis usos do gás natural será o aquecimento domiciliar de água, na cidade de Lima. Cabe ressaltar que as cidades de Lima e Callao serão as primeiras a serem abastecidas por esse energético. Espera-se que no próximo ano, se logre a descentralização do consumo do gás natural, abastecendo as cidades de outras regiões, tais como Cusco, Ayacucho, Junín e Ica. Entretanto, por ficar afastado do gasoduto, a cidade de Arequipa, no curto e médio prazo, não poderá se beneficiar desse energético (La Republica, 2004).

Na maioria das cidades peruanas o uso de aquecedores solares em domicílios não é tão generalizado. Isto se deve à falta de divulgação e, em outros casos, carência de uma visão empresarial da maioria da indústria solar no Peru. Aliada a isto, pode-se verificar também a falta de incentivos e apoio estatal para a expansão desta indústria em todo o território peruano.

Adicionalmente existem barreiras climatológicas, como na cidade de Lima, permanentemente nublada nos meses de inverno, ou barreiras técnicas relacionadas com a construção de moradias, sem instalações hidráulicas adequadas para o aquecimento solar. No histograma mostrado na figura 1a pode-se observar o comportamento da irradiação global na zona central da cidade de Lima, principal centro urbano e capital do país. A partir disso é possível verificar que justamente nos meses mais frios e úmidos do ano (Maio a Outubro) a irradiação global atinge seus menores índices.

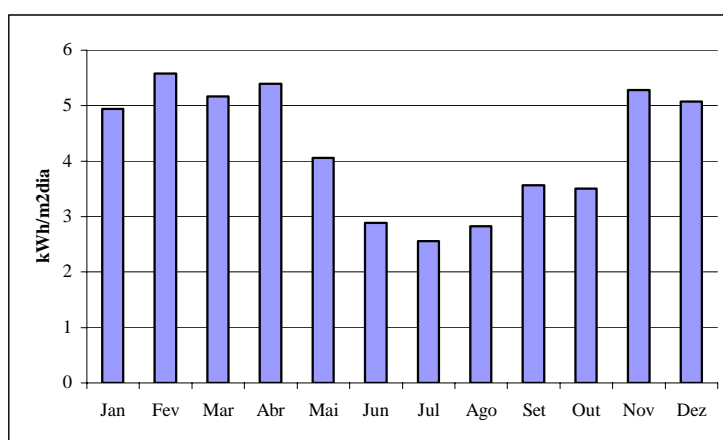


Figura 1a. Irradiação global em plano horizontal - Campo de Marte, zona central da cidade de Lima. [Fonte: SENAMHI]

Já nas cidades andinas mais frias (Abancay, Huancavelica e Huancayo), na época invernal, a temperatura ultrapassa o ponto de congelamento da água, ocasionando o estouro e rompimento dos coletores solares. Isto obriga a utilização de anticongelantes ou construções mais robustas, tornando alto o custo dos sistemas.

Evidentemente, há zonas no país em que estes equipamentos são conhecidos, como nas cidades de Tacna, Puno, Cuzco e Arequipa. Em diversas residências localizadas nestas cidades, estão instalados sistemas cujos fabricantes têm investido tanto na divulgação de seus produtos quanto na infraestrutura de lojas que os comercializam. No entanto, verifica-se que alguns fabricantes frustram as expectativas geradas com seus equipamentos, principalmente em razão da utilização de material inadequado ou desobediência às normas de construção ou fabricação. Assim, acabam convertendo-se em um grande obstáculo para a difusão da tecnologia solar térmica.

No Peru, a prática de aquecimento da água através de coletores solares dá-se desde o início do século passado como aconteceu, por exemplo, na cidade de Arequipa, onde foram instalados os primeiros sistemas solares residenciais para fins de higiene pessoal, lavagem de roupas e utensílios. O antigo ITINTEC e algumas universidades nacionais levaram em conta esta experiência, desenvolvendo nos primeiros anos da década de oitenta sistemas solares de baixa potência para aquecimento de água, destinada ao pré-aquecimento da água para consumo humano e de pequenas indústrias. Na realidade, o programa do ITINTEC consistiu na instalação de protótipos em diversas regiões do país, além da publicação de manuais de construção artesanal de aquecedores (OLIVEROS, 1990).

No entanto, o maior impacto do trabalho realizado pelo ITINTEC aconteceu na cidade de Arequipa, no início da década de 1980, quando a tecnologia e a licença de construção desses sistemas foram adquiridas pela empresa ENERSOL, fabricante e vendedora de aquecedores solares, tornando-se responsável pela fabricação industrial de aquecedores domésticos nesta cidade. Atualmente em Arequipa, dispõe-se de uma grande indústria de aquecedores solares planos, que vêm evoluindo seu desenho e aplicações.

Esta perspectiva de crescimento da demanda do uso da energia solar térmica, associada ao fato de ser uma tecnologia simples, tem incentivado o estabelecimento de indústrias de pequeno e médio porte que fabricam e desenvolvem coletores solares. Assim, nesta cidade, encontram-se disponíveis no mercado coletores solares planos elaborados por diferentes indústrias, que por sua vez utilizam diferentes técnicas de fabricação. Porém, as características técnicas desses coletores geralmente não são bem conhecidas, haja vista a não disponibilidade de laboratórios para estudo de seu desempenho que sejam capazes de fornecer às indústrias produtoras informações reais do desempenho dos seus produtos.

A quantidade de aquecedores solares instalados em Arequipa alcança 94% de todo o mercado nacional (BUSTAMANTE, 2000). Como ilustra a figura 1b, é possível observar um grande número deles nas zonas residenciais desta cidade. Num levantamento simples feito entre os anos de 2000 e 2001, estimou-se a quantidade de 19.040 aquecedores vendidos. Não obstante, algumas

pesquisas indicam que nesta cidade existem aproximadamente 22.450 aquecedores instalados (FLORES, 2001a).



Figura 1b. Aquecedores solares em residências da cidade de Arequipa. [Foto: M. Salcedo, 2003]

Apesar de não existir uma estimativa exata, pode-se afirmar que a introdução e instalação destes aquecedores na cidade de Arequipa pouparia a utilização de uma grande quantidade de energia elétrica, caso o aquecimento de água tivesse sido realizado através de aquecimento solar. Assim sendo, um ponto importante relacionado com este tema refere-se ao consumo energético resultante do uso desta tecnologia. Na verdade este consumo depende de muitos fatores sociais, econômicos e culturais ainda não pesquisados com profundidade.

Apenas a título de ilustração na tabela 1a mostra-se uma estimativa do mercado em alguns países. Pode-se observar que a cidade de Arequipa apresenta, em 2003, uma produção de coletores aproximadamente igual a do México em 1999 e superior a produção do Portugal nesse mesmo ano.

Tabela 1a. Estimativa de produção de coletores solares

País	Ano	(m ² /ano)
Peru (Arequipa)	2003	5.400
Brasil	1999	240.000 ¹
México	1999	5.390 ²
Portugal	1999	4.500 ³

¹ Fonte: Grupo FAE/UFPE

² Fonte: IEA

³ Fonte: IEA

Diante de todos estes fatos, um estudo sistemático da tecnologia dos aquecedores solares poderia responder questões como:

Qual é a situação atual da energia solar térmica no Peru?

Qual foi o fator mais importante para a difusão do uso de aquecedores solares na cidade de Arequipa?

Em que estado se encontra a tecnologia de aquecedores solares na cidade de Arequipa?

A qualidade destes sistemas está dentro dos padrões técnicos aceitáveis?

A busca de respostas a tais perguntas constitui a base motivadora desta pesquisa.

B. OBJETIVOS

b.1. Objetivo Geral

Estudar a introdução, difusão e aceitação da tecnologia solar térmica na cidade de Arequipa, Peru, através da análise do estado da arte dessa tecnologia e das diversas etapas da cadeia produtiva (desenho, fabricação, comercialização, instalação e serviço pós-venda).

b.2. Objetivos Específicos

- Realizar atividades de campo com a finalidade de constatar aspectos da indústria de equipamentos, expectativa e grau de satisfação dos usuários da tecnologia solar térmica na cidade de Arequipa.
- Levantar os principais fatores favoráveis e desfavoráveis para a difusão da tecnologia solar térmica e as características do mercado.
- Implementar uma bancada de testes de desempenho de aquecedores solares planos de baixo custo e descrever as normas e/ou procedimentos experimentais básicos para caracterizar a curva de eficiência instantânea.

C. METODOLOGIA

A pesquisa teve seu início com a elaboração de um questionário para usuários e fabricantes de aquecedores solares da cidade de Arequipa (anexo I). Para conhecer os fabricantes existentes no mercado recorreu-se ao Ministério de Energia e Minas (MEM); infelizmente, esta instituição não possui registro das empresas peruanas. Procedeu-se, então, a um levantamento *in situ* das empresas fabricantes, estabelecidas na cidade de Arequipa. Foram localizadas 26 empresas, sendo que 81% delas aceitou responder o questionário. A partir das respostas e do contato com os fabricantes tem-se idéia de como se apresenta o estado da arte da produção local dos aquecedores solares.

No caso dos usuários desta tecnologia, o tamanho da amostra foi de 590 famílias; mormente pertencentes aos alunos do quinto ano de distintas áreas da Universidade Nacional de San Agustín que possuíam um aquecedor solar em seus domicílios. Isto facilitou a obtenção de informações relativas à esfera familiar e ao consumo energético, tais como hábitos de consumo, aspectos socioeconômicos e culturais, entre outras variáveis importantes.

Como parte da metodologia, também foram efetuadas visitas a bairros e casas onde se utilizam estes sistemas para aquecimento de água, o que proporcionou um melhor conhecimento do funcionamento dos mesmos.

Para promover a análise periódica dos coletores existentes ou em desenvolvimento no mercado, foi montado um laboratório de testes de baixo custo, construído a partir de equipamentos e sensores disponíveis no mercado peruano. O mesmo serviu para determinar o desempenho de um tipo de coletor solar que é novo no mercado, cuja descrição é incluída no presente trabalho. Cabe mencionar que esta atividade foi realizada nas instalações da Universidade Nacional de San Agustín como parte da pesquisa desenvolvida no Programa de Interunidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE) da Universidade de São Paulo. Tudo isso foi feito visando a implementação de uma bancada de testes para coletores planos, para determinação da eficiência térmica do equipamento. Tal bancada permite analisar experimentalmente impactos em seu desempenho

relativo às modificações que possa sofrer. Isto ajudará, tanto os pesquisadores quanto a indústria, na definição de metodologias de desempenho desta tecnologia.

Adicionalmente também foi realizada uma pesquisa bibliográfica onde, além das questões técnicas, foram enfatizados aspectos socioeconômicos relacionados com a teoria das inovações.

D. POSSÍVEL CONTRIBUIÇÃO

Como resultado da presente pesquisa mostrar-se um estudo de caso real, onde estarão retratados de forma mais fidedigna os diversos problemas e soluções que circundam a difusão de uma tecnologia, neste caso os aquecedores solares de água.

CAPÍTULO I

ESTADO ATUAL DO DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA SOLAR TÉRMICA NO PERU

1.1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento atual da energia solar térmica no Peru pode ser considerado como a iniciação de uma etapa de difusão em média escala. No passado, esta fonte de energia foi minimamente empregada, de modo que sua participação no balanço nacional de energia é irrelevante se comparada às fontes de energia convencionais no país, tais como os combustíveis fósseis, a hidroeletricidade e lenha.

As circunstâncias e fatores que permitem, na atualidade, que a energia solar térmica esteja em posição de se converter, a médio prazo, em parte significativa da estrutura de produção e do consumo energético nacional são as seguintes:

- A abundância do recurso solar em quase todo o território peruano,
- a drástica diminuição das reservas provadas nacionais de hidrocarbonetos em atual processo de exploração,
- os altos custos de instalações hidráulicas, na experiência peruana,
- o trabalho de promoção da fonte solar realizado nos últimos anos, com notória perseverança de um conjunto de instituições nacionais (INAEN, ITINTEC, UNI, PUCP, UNSAC, UNJBG, UTC, UNSA),
- a aceitação social da tecnologia solar térmica em razão de sua maturidade, baseada na confiança adquirida por parte da população (no caso da cidade de Arequipa),

- a qualidade ambiental,
- a lenta diminuição dos custos da tecnologia solar térmica e, conseqüentemente, dos equipamentos comercializados, com a perspectiva de barateamento nos próximos anos.

1.2. DADOS GERAIS SOBRE O PAÍS

1.2.1. Localização geográfica

O Peru encontra-se entre as coordenadas geográficas: de 81°19'35" a 68°30'11" Oeste e 0°01'48" a 18°21'05" Sul. Possui uma população de 28 milhões de habitantes, a qual vem crescendo com uma taxa anual de 1,72%¹. Desta população, 72,3% habita em áreas urbanas e 27,7% em rurais. O país, com uma extensão de 1.285.000 km², situa-se na zona centro ocidental da América do Sul. Na figura 1.1 pode-se observar o mapa do Peru, com suas três regiões naturais (costa, serra e selva).



Figura 1.1. Mapa do Peru e suas três regiões naturais.

¹ Cifra estimada pelo INEI, para o ano 2004. Cabe informar que o último censo foi realizado em 1993, e o próximo está programado para o início de 2005.

Apesar de muitos geógrafos identificarem 8 ou mais áreas geográficas com características próprias, historicamente se considera que o território peruano possui três regiões naturais: o litoral, onde vive mais da metade da população e onde se realiza a maior parte da atividade econômica nacional; a serra, situada na cordilheira andina, abrigando cerca de 40% da população; e a floresta, zona tropical úmida, localizada na bacia do rio Amazonas, a leste dos Andes e de escassa população, embora seja a região com maior território.

1.2.2. Potencial energético

O potencial de reservas de energia comercial verificado em 2002 foi de aproximadamente 22.487.275 de TJ, dos quais 38,0% corresponde a gás natural; 26,5% a Hidráulica; 13,6% a líquidos de gás natural; 10,3% a petróleo; 7,6% a carvão mineral e 3,9% a urânio. As reservas de condensados líquidos (GLP, gasolina e querosene) são da ordem da 580 milhões de barris. Na figura 1.2 pode-se observar a distribuição de potencial energético peruano.

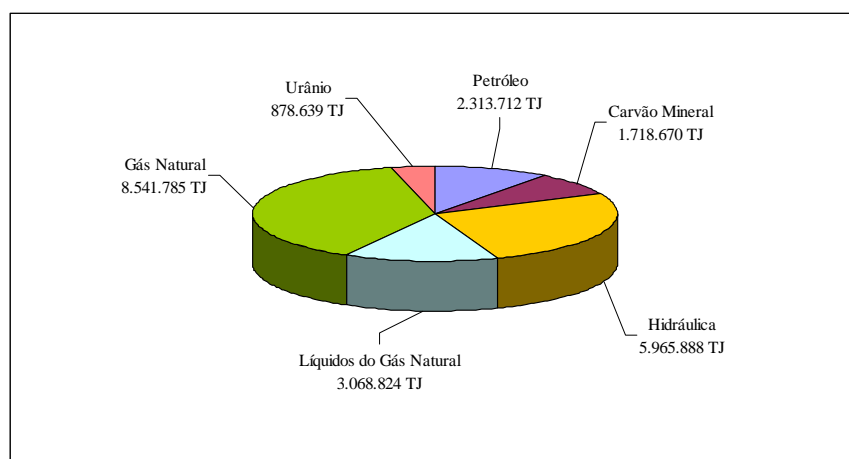


Figura 1.2. Potencial energético (Reservas provadas, dezembro de 2001). [Fonte: (MEM, 2002)]

No ano de 2002, a produção de energia primária foi de 450.426 TJ. Analisando-se os anos anteriores, verifica-se um pequeno acréscimo no ano de 2002, ocorrido principalmente pelo aumento na obtenção de gás natural e produção de seus líquidos. A tabela 1.1 mostra a produção de energia comercial primária peruana para o ano 2002.

Tabela 1.1. Produção de energia comercial primária, 2002.

Fonte	Quantidade (TJ)
<i>Energia Comercial (subtotal)</i>	347.343
Petróleo	196.085
Gás natural + LGN	69.470
Carvão mineral	647
Hidráulica	81.141
<i>Energia Não - Comercial (subtotal)</i>	103.083
Lenha	74.100
Bagaço	15.948
Dejetos de animais	10.752
Energia solar	2.283
Total	450.426

[Fonte: (MEM, 2002)]

1.3. O RECURSO SOLAR

O potencial solar para uso energético foi medido com razoável confiança em apenas alguns pontos do país. Essa medição foi trabalhada em diversos graus e empregada com distintos fins, destacando-se a participação do SENAMHI. Na atualidade, algumas das instituições que desempenharam estas atividades tiveram suas funções alteradas, como no caso do ITINTEC, que até 1987 representou um estímulo ao desenvolvimento das energias renováveis. Em 1992 este instituto passou a ter outras atribuições. Nesse sentido, a atividade de medição do recurso solar no Peru sofreu diminuição em relação àquela verificada na década de 1980.

Como exemplo, em Setembro de 1986, o Conselho Nacional de Energia do MEM preparou um documento que concluiu o seguinte, em relação ao recurso solar:

- Os níveis de energia solar do Peru não são bem conhecidos, ainda que existam esforços de diferentes instituições para reversão desse quadro,

- a medição do recurso solar é uma atividade dispendiosa e tecnicamente difícil, pois requer intensiva manutenção e a instalação massiva de instrumentos de medição, como piranômetros ou actinógrafos,
- uma possibilidade mais viável é a utilização de heliógrafos juntamente com alguns piranômetros.

No geral, apesar da importância do recurso solar, sua medição é escassa devido aos altos custos dos instrumentos de medição requeridos e de sua manutenção. Assim a rede de medição no Peru, bem como em muitos outros países, é limitada. Por outro lado, a grande variabilidade topográfica e climática do território peruano exige redes mais densas e bem distribuídas em nível nacional, para uma avaliação mais precisa e detalhada deste recurso (SENAMHI, 2003). Neste contexto, faz-se necessária a utilização de ferramentas para geração de dados de irradiação global em zonas desprovidas destes equipamentos. Para tal é fundamental recorrer a diferentes métodos que permitam estimar esta variável em função de outras variáveis ou parâmetros conhecidos ou de mais fácil medição, como temperatura e número de horas de insolação, regularmente medidos em estações meteorológicas comuns.

Embora existam estas carências, o potencial do recurso solar foi sendo obtido ao longo dos anos. Assim, em 1987 foi publicado um estudo (VÁSQUEZ & LLOYD, 1987) onde se apresentaram diversos dados relativos ao potencial solar peruano. Com relação à cidade de Arequipa, este recurso foi sendo medido pelo Instituto Geofísico da Universidade de San Agustín. Em 1984 foi publicado um estudo contendo dados do recurso solar correspondentes a esta cidade (FUSE, 1984).

Nesses últimos anos o SENAMHI orientou suas atividades para a avaliação deste recurso através de um contrato de prestação de serviços assinado em 08 de Março de 2000 pela Direção Executiva de Projetos do Ministério de Energia e Minas, com a finalidade de elaborar o Atlas de Energia Solar do Peru. Para tal, contou com uma base de dados de irradiação global proveniente de estações instaladas em nível nacional. O Atlas foi publicado em Janeiro de 2003 e está constituído por mapas que apresentam a média de irradiação global incidente diária média mensal e anual. Na figura 1.3 é observado o Atlas e a irradiação da região Arequipa.

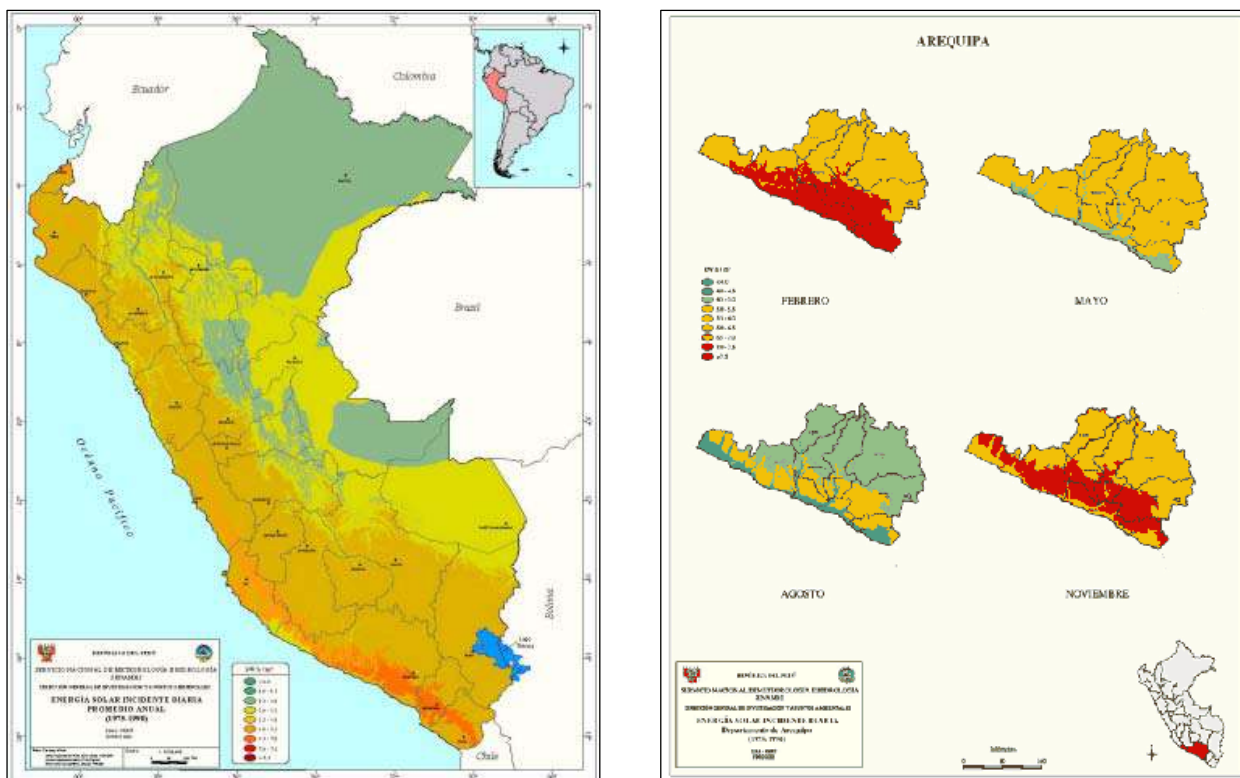


Figura 1.3. Atlas de energia solar do Peru e mapa de irradiação da cidade de Arequipa. [Fonte:SENAMHI]

1.3.1. Distribuição espacial anual

De acordo com os dados fornecidos pelo atlas elaborado pelo SENAMHI em nível anual, a zona de maior potencial de irradiação global no território peruano encontra-se principalmente na costa sul, onde se dispõe de 6,0 a 6,5 kWh/m² de irradiação global media diária no plano horizontal. Outras zonas em que se registra alta incidência, entre 5,5 a 6,0 kWh/m², são a costa norte e grande parte da serra localizada em torno de 2.500 m de altitude (SENAMHI, 2003).

A selva é a região que apresenta os menores valores de irradiação global no território peruano, de 4,5 a 5,0 kWh/m², com uma zona de valores mínimos localizada no extremo norte, próxima ao equador (SENAMHI, 2003). A tabela 1.2 apresenta a irradiação global incidente de 25 localidades.

Tabela 1.2. Valores da irradiação global horizontal, média diária mensal (kWh/m²/dia).

Região	Localidade	Altitude	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Media
Áncash	Pampa Blanca	455	5,28	4,75	5,19	4,78	3,67	3,11	3,42	3,42	3,28	4,42	4,86	5,11	4,27
Apurímac	Abancay	2.398	5,42	4,89	5,03	4,94	4,72	4,56	4,81	5,11	5,08	5,86	5,97	5,33	5,14
Arequipa	Characato	2.461	6,14	5,33	5,56	5,50	5,22	4,81	5,19	5,64	6,11	6,92	7,06	6,58	5,84
Cajamarca	Cajamarca	2.750	4,56	4,89	4,25	4,44	4,58	4,28	4,44	5,08	4,72	4,75	5,11	5,08	4,68
Callao	La Punta	13	4,50	5,08	4,94	4,72	3,89	2,94	2,89	3,00	3,17	3,61	4,28	4,89	3,99
Cusco	Cusco	3.365	5,19	4,69	4,92	5,03	4,81	4,78	5,06	5,11	5,17	5,64	5,75	5,22	5,11
Huanuco	Huanuco	1.912	4,67	4,53	4,64	4,64	4,78	4,58	4,81	5,14	4,86	5,08	5,33	4,89	4,83
Ica	Ica	389	5,86	5,00	5,42	5,11	4,78	5,75	4,17	4,81	5,25	6,17	6,44	6,14	5,41
Junín	Huancayo	3.350	5,25	4,86	4,94	4,64	4,92	4,83	5,00	5,11	5,11	5,33	5,83	5,39	5,10
La Libertad	Casa Grande	158	5,39	5,33	5,39	5,00	5,19	3,92	4,06	4,28	4,42	4,97	5,14	5,53	4,88
Lambayeque	Chiclayo	18	5,17	5,61	5,50	5,31	5,08	4,64	4,39	4,72	5,03	5,47	5,64	5,81	5,2
Lima	La Molina	251	5,03	5,17	5,25	5,00	3,97	3,33	3,31	3,56	3,75	4,36	4,83	5,08	4,39
Moquegua	Pampas La Clemesí	1.420	7,67	5,19	5,89	5,92	5,14	4,92	5,00	5,75	6,50	7,03	7,33	7,28	6,13
Piura	Tejedores	2.500	4,47	4,75	5,08	4,81	5,28	4,86	5,06	5,39	5,64	5,75	5,78	5,58	5,20
Puno	Puno	3.875	5,69	5,22	5,28	5,28	4,97	4,78	5,00	5,61	5,78	6,39	6,61	5,67	5,52
San Martín	Tarapoto	356	4,75	4,67	4,36	4,28	4,17	4,06	4,58	4,83	4,72	4,72	4,89	4,83	4,57
Tacna	Calana	590	6,44	6,19	5,72	5,11	4,33	4,03	4,11	4,69	5,28	6,39	6,44	6,42	5,43
Tumbes	Zorrito	5	5,03	5,53	5,08	5,42	5,25	5,11	4,75	4,25	4,56	5,11	5,42	5,33	5,07
Ucayali	San Jorge	270	4,81	4,61	4,67	4,50	4,42	4,36	4,92	5,39	5,00	5,19	4,53	4,61	4,75

[Fonte: *University of Massachusetts Lowell Photovoltaic Program*; <http://energy.caeds.eng.uml.edu/solbase.html>]

1.3.2. Distribuição espacial sazonal

Durante o verão austral (Dezembro a Março), o Sol encontra-se irradiando o Hemisfério Sul com maior intensidade. Porém, este fato não é observado especialmente no que diz respeito à parte norte e central da serra e selva, as que apresentam valores relativamente baixos de irradiação (SENAMHI, 2003).

Durante o inverno, a irradiação recebida diminui, em geral, em todo o território, devido ao Sol se encontrar irradiando mais intensamente o Hemisfério Norte (solstício de inverno). Na primavera, o Sol inicia seu deslocamento até o Hemisfério Sul, determinando a diminuição da umidade atmosférica. Isto provoca a ausência de nebulosidade e de chuvas (estação seca) na serra norte e central. Por conseguinte, a transmissividade da atmosfera alcança seus máximos valores, sendo registrados os mais altos níveis de irradiação recebida nesta região (SENAMHI, 2003).

Da mesma maneira, a região de selva alcança também seus maiores valores no referido mês, especialmente a selva norte. A serra sul e parte da serra central apresentam altos valores de irradiação, sendo os máximos ao fim da primavera e durante o verão. Em termos gerais, ocorrem altos valores de número de horas de insolação na região da costa central e sul, e conseqüentemente, altos valores de irradiação na época do verão austral (SENAMHI, 2003). Entretanto, faz-se necessário detalhar algumas exceções:

Na faixa costeira próxima ao litoral, situada abaixo dos 600 m de altitude, o comportamento descrito anteriormente muda ao final do outono, inverno e início da primavera, quando esta região apresenta valores marcadamente baixos de número de horas de insolação e irradiação, constituindo assim uma zona de mínimos no território. Estas condições ocorrem pela considerável diminuição da transmissividade atmosférica durante os meses em que há intensificação da inversão térmica, que por sua vez forma uma camada nebulosa baixa (estratiforme) e determina a forte presença de névoas nesta região (SENAMHI, 2003).

Ao final da primavera, nas esplanadas desérticas situadas acima dos 1.000 m de altitude em Arequipa, Moquegua e Tacna (13,5 a 18° S e 70 a 76° O), alcançam-se os maiores valores de irradiação durante o ano de todo o território nacional. Isso deve-se ao fato de que essas regiões estão situadas acima da camada de inversão térmica, além de apresentarem céu claro no decorrer do ano (SENAMHI, 2003).

A costa norte, entre os 3 e 6° S e os 80 a 81° O (regiões de Tumbes, Piura e norte de Lambayeque) apresenta também altos valores de número de horas de insolação e irradiação durante o verão austral. Porém, atinge os valores máximos nos meses de Outubro e Novembro (primavera), constituindo outra zona na qual são alcançados altos valores de irradiação em termos anuais (SENAMHI, 2003).

Um caso a ser ressaltado é o comportamento da irradiação no litoral costeiro peruano. A zona costeira baixa do país, entre 0 a 900 m de altitude, caracteriza-se pela presença de considerável nebulosidade e pela formação de névoas durante grande parte do ano. Na figura 1.4 apresenta-se a variação da irradiação global para as três regiões.

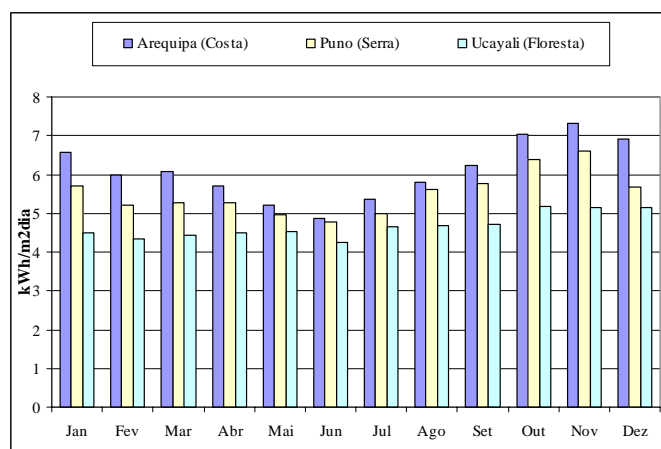


Figura 1.4. Irradiação global incidente no Peru.
 [Fonte: *University of Massachusetts Lowell Photovoltaic Program*.
<http://energy.caeds.eng.uml.edu/solbase.html>]

1.4. CRITÉRIOS PARA A DIFUSÃO E AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA SOLAR TÉRMICA

Como pode-se observar, a maior parte do território peruano conta com um grande potencial do recurso solar. No entanto, ainda é pouco o que se tem feito para seu aproveitamento. Em decorrência disto, a difusão da tecnologia solar térmica precisa do estabelecimento de uma série de ações que serão comentadas.

1.4.1. Premissas para a difusão da potencialidade de propagação

Os custos iniciais dos aquecedores solares na etapa atual de introdução e formação de mercado expõem a necessidade de contar com esquemas financeiros que facilitem sua difusão. Isto é verdadeiro tanto em relação às áreas urbanas quanto às rurais, onde em razão do baixo nível de adesão dos potenciais usuários é necessário uma oferta de financiamento de acordo com as possibilidades de pagamento dos mesmos.

Em virtude de políticas estatais e dos organismos de cooperação internacional, logrou-se o estabelecimento de mecanismos e esquemas de funcionamento aceitáveis à difusão da energia solar, por meio de aquecedores, que dependerá também, de sua aceitação social, de sua maturidade tecnológica e da abundância do recurso energético propriamente dito, isto é, do número de horas de insolação e sua intensidade. Portanto, de acordo com Marticorena (1996), a potencialidade de difusão da energia solar térmica em uma localidade depende, simultaneamente, destas quatro condições:

- Prova da suficiência do recurso energético,
- tecnologia madura e bem adaptada às condições climáticas e sociais do local de aplicação,
- aceitação espontânea² desta tecnologia por parte da população,
- existência de fundos de financiamento para a aquisição de sistemas solares térmicos.

Diversas localidades do Peru apresentam em grande parte as três primeiras condições indicadas. Mas a quarta delas, a de financiamento, tem sido aplicada até então de forma bastante limitada.

Em relação à condição de abundância do recurso solar, se for considerado que as estações de medição são escassas em todo o território peruano, torna-se mais difícil tomar uma decisão a respeito de onde é factível, instalar um sistema de aproveitamento solar, apesar de ser grande o número diário de horas de insolação em várias localidades do país.

Pode-se inferir que é notavelmente mais razoável confiar em uma instalação solar térmica situada em local onde a irradiação é visivelmente intensa, e onde sua constância durante todo o ano, ou grande parte dele, é certificada pelos respectivos habitantes. Isto é confirmada pela difusão de sistemas solares térmicos em regiões muito diferentes do país, como nas zonas costeiras, serranas e de selva (CALDERÓN, 2000).

Por outro lado, a aceitação social da tecnologia, tanto nestes como em outros casos, somente poderá ser efetuada quando for demonstrada a capacidade da mesma de atender com eficiência e continuidade uma necessidade explicitamente priorizada por potenciais usuários. Decididamente, são localidades de maior potencialidade de difusão, aquelas que obtiveram êxito prévio em

² Os organismos interessados na difusão podem, entretanto, pressionar a demanda através de programas demonstrativos.

projetos experimentais e programas sociais ou comerciais com esta mesma tecnologia energética, notando-se aí a constituição de um mercado, ainda que incipiente (TARNAWIECKI & GIESECKE, 1996).

Com base nos critérios citados para definir a potencialidade de difusão da energia solar térmica, na tabela 1.3 estão consideradas as seguintes regiões como prioritárias no país.

Tabela 1.3. Regiões e usos prioritários para a difusão da energia solar no Peru.

Aquecedores Solares	
Lugares de aplicação	<ul style="list-style-type: none"> - Na maior parte da costa e serra. - Em lugares onde há geadas, deverão ser usados aquecedores solares adaptados a essa condição climática. - Regiões de Arequipa, Moquegua e Tacna - Costa e serra norte (Regiões de Tumbes, Piura, La Libertad e Ancash) podem ser os lugares iniciais para novos projetos.
Usos	<ul style="list-style-type: none"> - Domésticos (higiene e cozinha) - Sanitários (postos médicos) - Pequena indústria

Fonte: (Bustamante, 2002)]

1.4.2. Critérios para obter efeitos multiplicadores na promoção da tecnologia solar térmica

Podem ser estabelecidos os seguintes critérios, que devem ser considerados para a promoção da tecnologia solar térmica no Peru:

- Associação formal dos fabricantes,
- órgão do governo como coordenador do programa de certificação,
- incentivo,

- esforçar-se em constituir um mercado local para esta fonte, embasado em um marco institucional amplo, no qual participem a população usuária, as empresas fabricantes ou comercializadoras, os órgãos financiadores, as instituições intermediárias (ONGs e municípios) e as universidades locais, com atividades de estudo e pesquisa (TARNAWIECKI & GIESECKE, 1996),
- a introdução de um sistema solar térmico deve ser precedida por estudos de mercado, a partir dos quais se ponha em evidência que esta tecnologia representa uma melhor opção em relação a outras alternativas para atender as mesmas necessidades (RIVASPLATA, 1996),
- a disponibilidade do recurso solar deve ser avaliada de modo suficiente, para garantir o bom dimensionamento e o contínuo funcionamento dos equipamentos (UPME, 2003),
- os sistemas solares térmicos devem favorecer usos domésticos, pois desta forma se conseguirá constituir mais prontamente um mercado dinâmico (TARNAWIECKI & GIESECKE, 1996),
- nos lugares que se deseja atingir pela primeira vez, convém apresentar os resultados positivos de experiências de outras localidades similares do país, mediante seminários e exposições demonstrativas de equipamentos,
- é muito importante concentrar o esforço de difusão de sistemas de aquecimento solar naquelas regiões onde se verificou aceitação social e bom desempenho técnico. A maior concentração destes sistemas barateia os custos e impulsiona o mercado local (NÚÑEZ & CASTILLO, 1986),
- o trabalho deve ser desenvolvido em um contexto comercial de grande responsabilidade. As empresas fabricantes devem garantir a qualidade dos sistemas solares térmicos e de sua instalação, bem como da manutenção permanente dos mesmos. Se isto não é observado, a tecnologia corre o risco de fracasso e desprestígio (TARNAWIECKI & GIESECKE, 1996),

- deve ser criada uma base de dados sobre energia solar térmica que esteja disponível para todos os interessados, e que forneça informações históricas sobre a medição do recurso solar disponível no país, publicações nacionais e estrangeiras pertinentes, projetos em curso, tecnologias disponíveis, preços, marcas, condições de comercialização e um diretório exaustivo de todas as instituições e pessoas do país interessadas no desenvolvimento deste tipo de tecnologia (CALDERÓN, 2000),
- devem ser estimulados trabalhos de pesquisa universitários no campo da energia solar térmica, pois como evidenciou a experiência peruana dos últimos vinte anos, o atual impulso às energias renováveis deve-se, entre outros fatores essenciais, à capacitação de pessoal científico e técnico em nível nacional. As conexões entre os meios acadêmico e profissional devem ser aperfeiçoadas (ZEITINGER & MÜLLER, 1987).

1.5. ANÁLISE DA EXPERIÊNCIA PERUANA DOS ÚLTIMOS ANOS EM ENERGIA SOLAR TÉRMICA

A análise da experiência peruana nos últimos vinte anos em energia solar térmica mostra peculiaridades no que diz respeito aos campos institucional, normativo, financeiro, social e tecnológico.

- Institucional

No campo institucional, é possível notar que as instituições citadas neste trabalho tiveram uma participação bastante variável no decorrer dos anos. Muitos organismos desapareceram, transformando-se posteriormente em outros, com diferentes funções. Algumas universidades foram, nos últimos vinte e três anos, as instituições mais perseverantes no desenvolvimento da energia solar térmica no país.

Estudos, pesquisas, produção de protótipos, testes de campo, difusão de equipamentos, medições meteorológicas e capacitação de pessoal profissional e técnico continuam sendo abordados nos dias de hoje como diferentes campos de trabalho, todos com metas estabelecidas (MARTICORENA, 1996).

Tanto as empresas de fabricação quanto as de comercialização de aquecedores solares, multiplicaram-se nos últimos anos, como consequência da criação de um mercado que embora incipiente, se mostra bastante real, devido principalmente ao trabalho realizado no período já mencionado. Com certa timidez, o sistema financeiro nacional começa a se interessar pela difusão de sistemas de energia solar no marco pequeno-empresarial (TARNAWIECKI & GIESECKE, 1996).

A escassa colaboração entre instituições e pessoas interessadas no desenvolvimento da energia solar térmica (pesquisadores, promotores, produtores de equipamento, comercializadores e financiadores) tem levado as mesmas a desenvolverem atividades isoladas, no entanto complementares à sua área de atuação. Este processo de integração vertical que se manifesta na falta de interação, representa um grave problema, uma vez que leva a uma duplicidade de funções e ao não aproveitamento dos ganhos de escala e sinergias possíveis com uma maior interação dos agentes.

Exceção a este cenário, são alguns encontros esporádicos para apresentações de experiências, pesquisas, cursos e palestras, nos quais se produz uma útil e necessária interação entre os diferentes setores e instituições vinculadas às energias renováveis. Os encontros geralmente destacam publicações que raramente circulam entre os interessados. Todo este material bibliográfico deveria ser centralizado em uma base de dados, acessível a todos os envolvidos em atividades nesta área (MARTICORENA, 1996).

- Normativo

Em relação às normas, durante muitos anos esperou-se uma legislação que promovesse as energias renováveis no Peru. Em países vizinhos (Bolívia, Equador, Chile, Brasil e Colômbia) a

mesma já existe, o que favoreceu muito o seu desenvolvimento. No entanto, desde Fevereiro de 1996, encontra-se no Congresso Nacional um projeto de lei sobre energias renováveis que, embora pronto para ser debatido, até o momento não foi submetido às considerações das pessoas e instituições interessadas (BALDI, 1999).

A medição do recurso solar continua representando um ponto crítico para a promoção efetiva desta energia no Peru. Particularmente, observa-se que vários projetos realizados ou em andamento têm dificuldades para alcançar as metas propostas, além de outros importantes fatores. Isto também é resultado da medição insuficiente do recurso energético antes da instalação dos equipamentos (CALDERÓN, 2000).

- Financeiro

Em relação aos aspectos financeiros, observou-se que a difusão dos sistemas solares térmicos se caracteriza por um alto custo inicial o que representa uma barreira. Na verdade, realizar uma instalação solar significa adiantar o pagamento da energia a ser obtida do sistema. A recuperação desse investimento, relacionada à economia da energia consumida pela fonte convencional, requer por vezes um longo período de tempo, dependendo das circunstâncias de cada projeto (TARNAWIECKI & GIESECKE, 1996).

- Tecnológico

Entre os aspectos tecnológicos relevantes, convém recordar que o Peru realizou um esforço de pesquisa e desenvolvimento que permitiu, na atualidade, mesmo com as discontinuidades e limitações já assinaladas, a obtenção de um aceitável nível tecnológico e de uma capacidade para dialogar com os diversos agentes do mercado da energia solar térmica.

Recomenda-se fortemente que se estabeleça no Peru um contexto institucional de desenvolvimento tecnológico que permita dispor de uma melhor qualidade de equipamentos, componentes e serviços nacionais. Isto se efetivaria ao vincular os trabalhos universitários de pesquisa e desenvolvimento às empresas locais (BUSTAMANTE, 2002).

- Social

Entre os aspectos sociais característicos do Peru no que tange a difusão de sistemas solares térmicos, existe o interesse pela tecnologia o qual aumentou grandemente o número de usuários. A população urbana, e em menor medida a rural, da cidade de Arequipa, foi a protagonista destes programas iniciais de promoção, tornando-se referência para novos programas em outros âmbitos sociais.

Em síntese, a difusão de tecnologia de aquecedores solares está mais concentrada no segmento do consumo domiciliar, seja urbano ou rural, e provavelmente se intensificará a médio prazo, a partir do momento em que a mesma estiver inteiramente madura.

CAPÍTULO II

CONSUMO DE ENERGIA E SITUAÇÃO DA TECNOLOGIA SOLAR TÉRMICA NA CIDADE DE AREQUIPA, PERU

2.1. INTRODUÇÃO

A cidade de Arequipa apresenta ótimas condições para o aproveitamento da energia solar térmica. De acordo com o último balanço de energia útil, a fonte de energia solar tem participação tanto no setor residencial quanto no comercial e de serviços. Cabe ressaltar que o processo de inserção do uso da fonte solar térmica na cidade de Arequipa esteve marcado pela participação dos moradores, os quais sabedores do potencial solar o aproveitaram em diversas formas e, depois, transferiram o conhecimento às várias gerações. A seguir, serão tratados alguns aspectos relevantes que se relacionados a estes temas.

2.2. LOCALIZAÇÃO, GEOGRAFIA E CLIMA DA CIDADE DE AREQUIPA

A cidade de Arequipa é a segunda cidade do Peru. Situa-se a 1200 km ao sul da cidade de Lima, a 2.363 metros de altitude, na zona Ocidental do território peruano, no sopé da cordilheira ocidental dos Andes e ao pé do vulcão *Misti*. Esta cidade é a capital da região denominada Arequipa, e as coordenadas de seu centro histórico encontram-se entre as coordenadas geográficas 16°24'17" S e 71°32'09" E.

A província de Arequipa, na qual está localizada a cidade do mesmo nome, tem uma superfície de 10.430,12 km² e densidade populacional de 71,31 hab/km². A população estimada desta província é de 830.034¹ habitantes, dos quais 95% encontra-se no setor urbano. Apresenta variado aspecto físico devido a sua irregular topografia, determinada tanto pela cordilheira ocidental dos Andes e suas ramificações quanto pelas majestosas montanhas nevadas ou vulcões pertencentes à chamada cordilheira vulcânica.

A região de Arequipa como um todo está constituída politicamente por oito províncias. A província de Arequipa, por sua vez, é formada por 29 distritos. A pesquisa realizada será focalizada especificamente na zona metropolitana da cidade de Arequipa. Nas figuras 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 pode-se observar as coordenadas, localização no mapa do Peru, a região e os distritos de Arequipa.

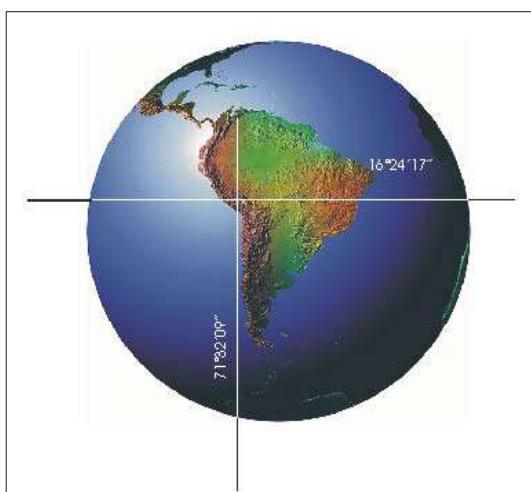


Figura 2.1. Coordenadas Geográficas.
[Fonte: Prefeitura de Arequipa]



Figura 2.2. Localização de Arequipa no Peru.
[Fonte: Prefeitura de Arequipa]

O clima desta cidade é seco e com escassa nebulosidade. São 300 dias de sol pleno ao ano, com 11 horas de insolação, sendo o período entre onze e catorze horas o que apresenta a mais alta taxa. Na figura 2.5 pode ser observada a irradiância em um dia típico. A irradiação global diária

¹ População estimada pelo Instituto Nacional de Estatísticas e Informática para cidade de Arequipa em junho de 2002.

média anual em plano horizontal é de 6,27 kWh/m²-dia (FLORES, 2001b). Sua temperatura média é de 21°C. Durante o dia o ar é seco e quente. Nas noites, principalmente dos meses de Maio, Junho e Julho, a temperatura cai para cerca de 8°C.

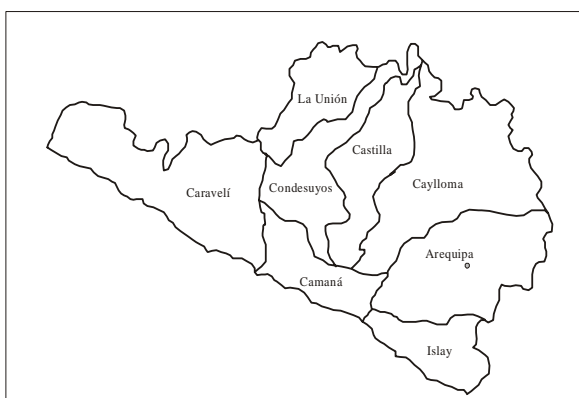


Figura 2.3. Região de Arequipa.

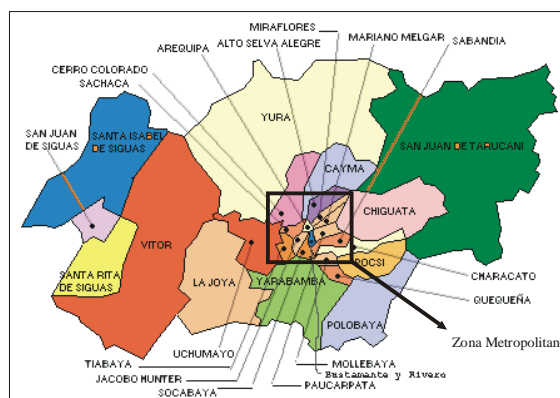


Figura 2.4. Cidade de Arequipa.
[Fonte: www.inei.gob.pe]

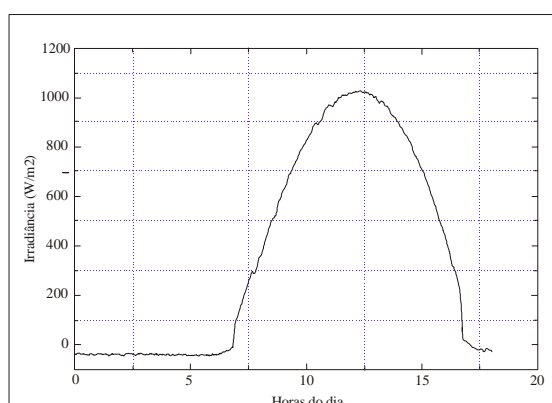


Figura 2.5. Irradiância global típica em plano horizontal na cidade de Arequipa.
[Fonte: Escola Profissional de Física da UNSA]

2.3. SISTEMA DE GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DA REGIÃO DE AREQUIPA

O sistema elétrico da região de Arequipa faz parte do Sistema Interconectado Sul (SIS) que, por meio da Linha de Transmissão Mantaro-Socabaya encontra-se conectado ao chamado Sistema

Interconectado Centro Norte (SICN), fazendo parte do Sistema Interconectado Nacional. A Linha de Transmissão Mantaro-Socabaya atravessa territórios das províncias com menor índice de eletrificação. Na figura 2.6 são mostradas as linhas de transmissão existentes e projetadas na região de Arequipa.

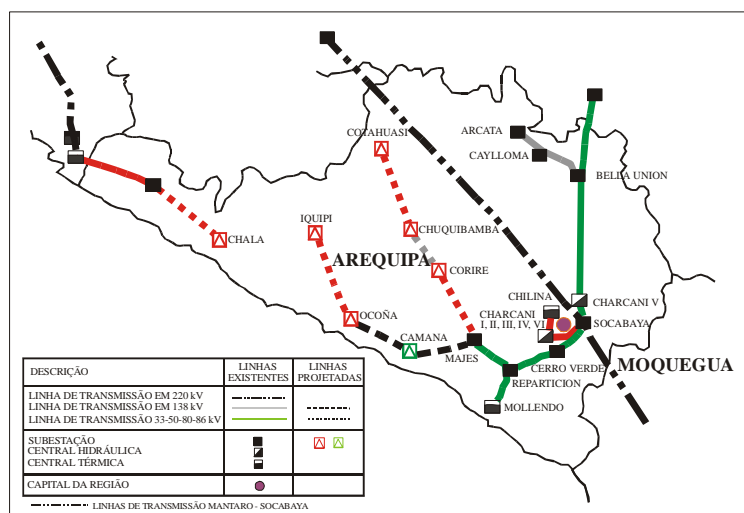


Figura 2.6. Distribuição elétrica na região Arequipa. [Fonte: MEM]

O abastecimento de eletricidade da região é obtido por meio de geração hidráulica, sendo complementado pela geração proveniente de centrais térmicas. Considerando a totalidade das fontes de geração, conta-se com 439,34 MW de potência instalada, distribuídos em 186,62 MW e 252,72 MW de energia hidráulica e térmica respectivamente. (DREM-Arequipa, 2000). Na tabela 2.1 e 2.2 indica-se a potência instalada na região por meio de centrais hidroelétricas e térmicas.

Tabela 2.1. Características das principais centrais hidroelétricas existentes na região de Arequipa.

Centrais Hidroelétricas	Ano Início	Queda (m)	Vazão de projeto (m ³ /s)	Tipo e N° de Turbinas	Potência Instalada (MW)
Charcani I	1907	26,85	7,6	Francis (1)	1,47
Charcani II	1912	18,70	6,0	Francis (1)	0,79
Charcani III	1938	57,50	10,0	Francis doble (1)	4,56
Charcani IV	1959-1970	117,35	15,0	Francis (3)	14,40
Charcani V	1989	706,40	24,9	Pelton (3)	153,87
Charcani VI	1976	69,00	15,0	Francis (3)	8,96

[Fonte: EGASA]

Tabela 2.2. Características das principais centrais térmicas existentes na região de Arequipa.

Centrais Térmicas	Potência Instalada (MW)	Produção Energia (GWh)
Chilina	54,8	9,5
Mollendo	260,0	10,4

[Fonte: EGASA]

Na região existem também alguns sistemas independentes de geração, pertencentes a algumas indústrias, centros mineradores ou agropecuários. Na tabela 2.3. pode-se observar a produção e venda de energia no ano 2000 e a porcentagem de moradias sem eletrificação para o ano de 1993, referente ao último censo demográfico.

Tabela 2.3. Produção e venda de energia elétrica por províncias (MWh) no ano 2000 e porcentagem de moradias sem eletrificação no ano de 1993.

PROVÍNCIA	PRODUÇÃO DE ENERGIA (MWh)			VENDA DE ENERGIA (MWh)	PORCENTAGEM DE MORADIAS SEM ELETRICIDADE (1993)
	Produção Hidráulica	Produção Térmica	Produção Total		
Arequipa	934.917,44	22.140,77	957.058,21	629.455,10	27,9
Islay	----	98.133,09	98.133,09	18.433,50	42,9
Camaná	2.295,90	10.728,20	13.024,10	8.227,00	58,9
Castilla	326,00	4.622,20	4.948,20	2.532,70	64,9
Caravelí	591,10	2.193,80	2.784,90	1.769,00	68,9
Condesuyos	720,50	145,60	866,10	475,20	63,0
La Unión	749,90	----	749,90	494,40	95,4
Caylloma	170,90	0,80	171,70	43.161,70	89,3
TOTAL	939.771,74	137.964,46	1.077.736,20	704.548,40	

[Fonte: (MORANTE & ZILLES, 2001)]

Conclui-se da tabela que a região de Arequipa é exportadora de energia elétrica, pois produz mais do que consome. Entretanto, muitas das localidades da região ainda não dispõem deste serviço, e além disso, a maior parte desta energia é consumida na região urbana (MORANTE & ZILLES, 2001).

2.4. O CONSUMO DE ENERGIA NOS SETORES RESIDENCIAL, INDUSTRIAL, COMERCIAL E DE SERVIÇOS

O último balanço peruano de energia útil foi publicado em 1998. Neste mostram-se os resultados obtidos a partir de uma pesquisa nacional sobre o consumo de energia útil, que envolveu as 24 regiões do Peru. O número de entrevistas foi de 17.817, das quais 10.440 foram realizadas em residências particulares (6.552 urbanas e 3.888 rurais), 3.096 em centros agropecuários e 4.281 em estabelecimentos industriais e comerciais. Na tabela 2.4 e 2.5 pode-se observar o consumo de energia final e útil, respectivamente, na região de Arequipa.

Tabela 2.4. Consumo de Energia Final (TJ).

SETOR	FONTES DE ENERGIA ²											
	DO	PI	QE	GM	GLP	LE	CV	DA	YT ³	SL	EE	TOTAL
RESIDENCIAL	0,0	0,0	2.483,0	0,0	479,0	2.482,0	78,7	310,8	17,9	1.638,0	647,8	8.092,9
COMERCIAL E DE SERVIÇOS	78,4	0,0	18,0	0,8	11,4	0,0	3,6	0,0	0,0	189,8	80,6	382,6
INDUSTRIAL	161,9	3.242,0	0,0	18,4	9,4	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	962,0	4.396,0
OUTROS ⁴	768,0	1.211,8	0,0	106,2	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	724,2	2.818,4

[Fonte: (MEM, 1998)]

Tabela 2.5. Consumo de Energia Útil (TJ).

SETOR	FONTES DE ENERGIA											
	DO	PI	QE	GM	GLP	LE	CV	DA	YT	SL	EE	TOTAL
RESIDENCIAL	0,0	0,0	753,4	0,0	215,7	275,5	4,0	38,0	2,3	655,4	417,3	2.361,6
COMERCIAL E DE SERVIÇOS	43,1	0,0	6,3	0,1	5,4	0,0	0,2	0,0	0,0	75,9	43,7	174,7
INDUSTRIAL	89,8	1.720,0	0,0	3,3	4,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	642,7	2.461,4
OUTROS	173,6	709,4	0,0	16,3	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	407,7	1312,8

[Fonte: (MEM, 1998)]

² DO=Óleo *Diesel*, PI=Petróleo Industrial, QE=Querosene, GM=Gasolina Motor, GLP= Gás Liquefeito de Petróleo, LE=Lenha, CV=Carvão Vegetal, DA=Dejetos de Animais, YT=Yareta, SL=Solar e EE=Eletricidade.

³ Planta umbelífera que cresce em zonas andinas de grande altitude. Este vegetal, depois de ser secado ao ambiente, é queimado como fonte combustível para uso doméstico geralmente em zonas rurais. Possui poder calorífico de 3.516 kcal/kg [Fonte: (GUZMÁN, 2001)].

⁴ Agropecuário-Agroindustrial, Pesca-Industria Pesqueira e Minero Metalúrgico.

2.4.1. Setor residencial

Este setor compreende domicílios tanto urbanos quanto rurais da região de Arequipa. Em 1998, o consumo total de energia final do setor foi de 8.093 TJ, o que corresponde a 51,2% do total do consumo de energia final da região.

O consumo energético em termos de energia final é maior na área rural que na urbana pelo fato da primeira utilizar fontes que apresentam baixa eficiência (lenha, dejetos de animais, *yareta*). Assim, para satisfazer iguais quantidades de energia útil são necessárias maiores quantidades de energia final. Na figura 2.7 mostra-se a participação por fontes no consumo de energia final para toda a região.

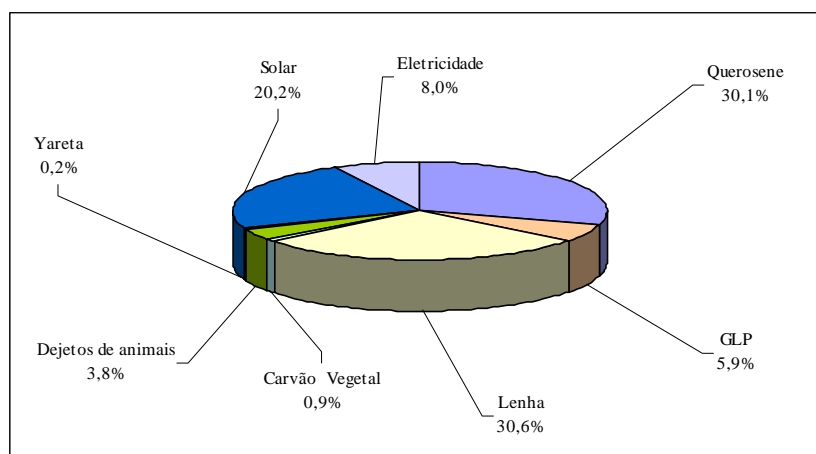


Figura 2.7. Consumo de Energia Final - Estrutura de Participação por Fontes no setor residencial. [Fonte: (MEM, 1998)]

Em 1998, o consumo total em energia útil do setor foi de 2.361,6 TJ. Em termos de energia útil, a estrutura do consumo de energia por fontes se modifica em relação ao consumo de energia final. A importância relativa da lenha diminuiu, enquanto que a energia solar e o querosene incrementaram sua participação, tal como é mostrado na figura 2.8. Na área urbana existe maior participação das fontes solar térmica, querosene, eletricidade e GLP. Na área rural predomina o uso da lenha.

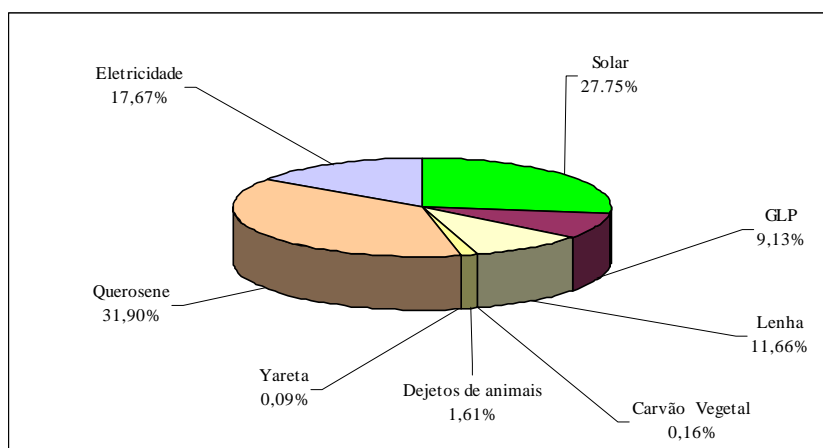


Figura 2.8. Consumo de Energia Útil - Estrutura de Participação por Fontes no setor residencial. [Fonte: (MEM, 1998)]

2.4.2. Setor comercial e de serviços

Compreende as atividades comerciais e de serviços; entre as mais importantes estão hospitais, colégios, restaurantes, hotéis, empresas financeiras e comerciais. Este setor representa 2,4% do consumo de energia final da região de Arequipa, igual a 382,6 TJ.

Em relação à composição por fontes, pode-se observar que no ano de 1998 a energia solar geralmente empregado no aquecimento de água perfaz 49,6% do total deste setor. A energia elétrica representou 21,1%, exceto para cocção. O óleo *diesel*, por sua vez, representou 20,5%, tal como indicado na figura 2.9.

O setor comercial e de serviços representa 2,7% do consumo de energia útil, o que equivale a 174,7 TJ. A estrutura de participação por fontes de energia útil é exibida na figura 2.10. Nota-se a importância da energia solar neste setor, com quase 43,4% de participação, seguida da energia elétrica com 25,0%.

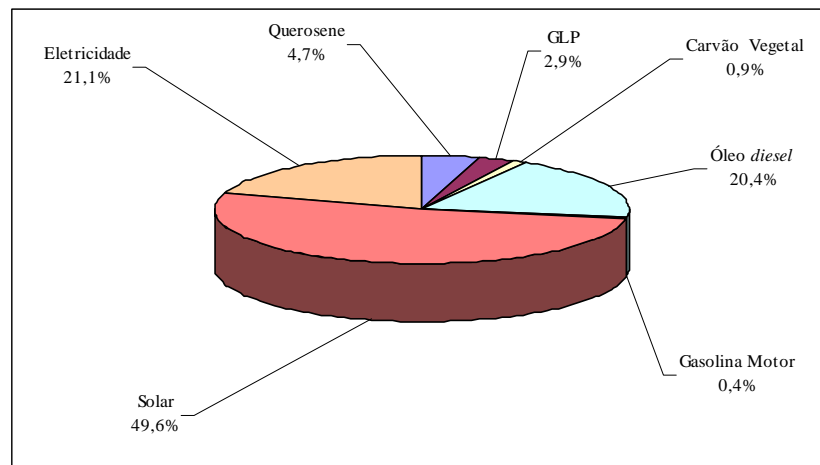


Figura 2.9. Consumo de Energia Final - Estrutura de Participação por Fontes no setor comercial e de serviços. [Fonte: (MEM, 1998)]

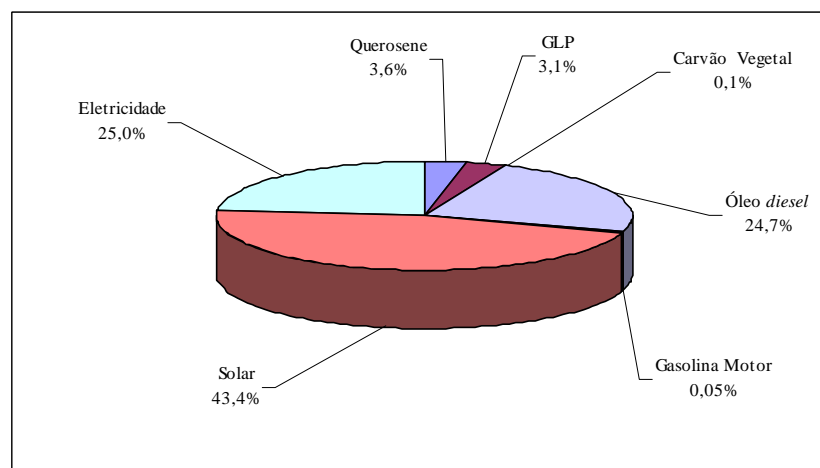


Figura 2.10. Consumo de Energia Útil - Estrutura de Participação por Fontes no setor comercial e de serviços. [Fonte: (MEM, 1998)]

2.4.3. Setor industrial

Este setor compreende as atividades da indústria manufatureira de alimentos (exceto aquelas relacionadas com elaboração de produtos de peixe e fabricação de açúcar), bebidas, produtos têxteis, vestuário, tratamento e tingimento de peles e couros, produtos de couro, produtos de

papel, atividades de edição, material gráfico, produtos químicos, plásticos, indústrias básicas de ferro e de aço, fabricação de maquinarias, artefatos e instrumentos eletrônicos, fabricação de móveis, reciclagens, indústria da construção e outras indústrias manufatureiras.

O setor industrial representa 27,8% do consumo de energia final da região, equivalente a 4.396 TJ. No que concerne a estrutura por fontes de energia, observa-se que cerca de 96% da energia final consumida provém das fontes principais (petróleo industrial 73,7% e eletricidade com 21,8%); a participação das demais fontes de energia é menor, como se observa na figura 2.11.

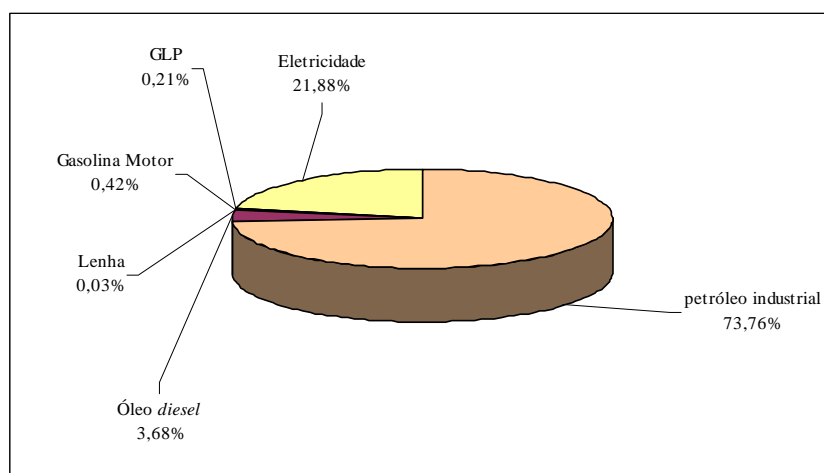


Figura 2.11. Consumo de Energia Final - Estrutura de Participação por Fontes no setor industrial. Fonte: (MEM, 1998)

O setor industrial representa 36,2% do consumo de energia útil da região, o que corresponde a 2.461,4 TJ. Frente aos demais setores econômicos da região é o que registra a maior participação de energia útil. Isto se deve à maior eficiência alcançada no uso da energia dos processos de manufatura. Em relação ao consumo de energia útil por fontes, observa-se que os petróleos industriais⁵ e a eletricidade, com 69,8% e 26,1% respectivamente, representam as maiores participações. Na figura 2.12 observa-se que a única fonte de energia que aumenta sua participação é a eletricidade, dada sua maior eficiência na conversão de energia final em útil.

⁵ São combustíveis procedentes das frações mais pesadas do petróleo. [Fonte: MEM]

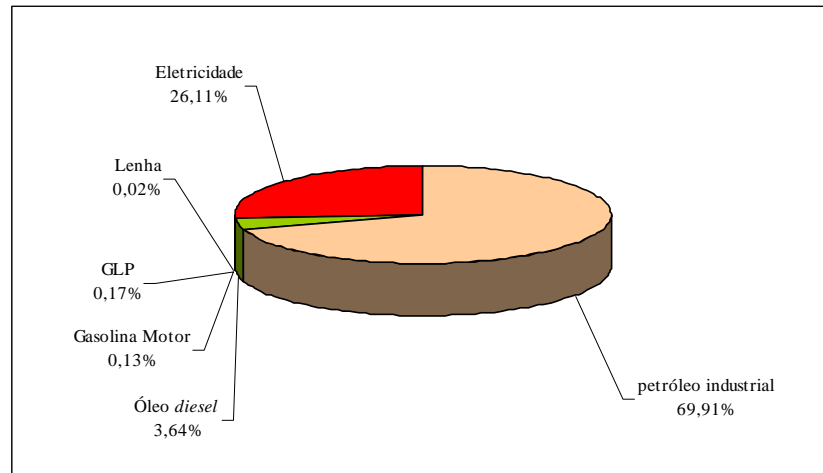


Figura 2.12. Consumo de Energia Útil - Estrutura de Participação por Fontes no setor industrial.
Fonte: (MEM, 1998)

2.5. O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA PARA FINS SANITÁRIOS

A utilização mais típica do aquecimento de água por energia residencial é para uso sanitário. O consumo de energia elétrica para banhos nos domicílios pode ser avaliado a partir do tipo de equipamento elétrico utilizado (potência de um chuveiro ou aquecedor elétrico) e pelo tempo de banho.

2.5.1. O tempo de duração, consumo de água ou energia e frequência de um banho

O tempo e a frequência dos banhos são características culturais e individualizadas. Uma variável cultural que afeta sensivelmente o consumo de água quente é representada pelos próprios hábitos de higiene pessoal. De fato, a tradição e as condições climáticas afetam fortemente a frequência com a qual se procede às operações de higiene pessoal e os modos pelos quais elas se realizam (BARGHINI, 1996). De acordo com os dados obtidos através da pesquisa de campo, contudo

sem poder afirmar de maneira conclusiva, pode-se deduzir que a frequência do banho na cidade de Arequipa fica em torno de 3 a 4 vezes por semana. Entretanto este aspecto precisa de um estudo mais aprofundado e uma amostra de maior porte.

Com relação aos aquecedores uma pequena amostragem, sem pretensões de validade estatística mas apenas para indicar comportamento, indicou que o tempo de banho fica em torno de dez minutos, podendo atingir até quinze minutos em alguns casos.

O banho de chuveiro elétrico costuma ter menor duração que o de aquecimento central. Vários fatores contribuem para tal; um deles seria o conforto e maior disponibilidade de água quente a partir do aquecimento central. Em entrevistas com os vendedores de chuveiros elétricos e aquecedores de acumulação, a vazão de água aquecida encontrada, em ambos os casos, foi de aproximadamente 3,5 l/min.

2.5.2. Equipamentos elétricos utilizados para o aquecimento da água

Basicamente, podem ser divididos os diferentes tipos de equipamentos destinados ao aquecimento de água em dois grupos: sistemas de aquecimento instantâneo e sistemas de acumulação.

O aquecimento elétrico de água é normalmente feito por meio de resistências metálicas de imersão. Os tipos de aquecedores elétricos mais comumente utilizados em Arequipa são os chuveiros elétricos (grande maioria) e os *boilers* elétricos.

O chuveiro elétrico é um aquecedor de passagem instalado na própria peça de utilização. A operação deste tipo de aquecedor é realizado de maneira simples, sendo que dentro do chuveiro existe uma resistência que é ligada automaticamente quando a torneira é aberta. O aquecimento ocorre devido ao efeito Joule, que corresponde à transferência à água do calor produzido na passagem da corrente elétrica pelo resistor.

O usuário pode alterar a temperatura de entrega da água através de uma chave situada no topo do chuveiro, que normalmente possui três ou quatro posições de funcionamento (água fria, água morna, água quente e/ou super quente), as quais regulam a resistência do mesmo. Para uma mesma tensão, a diminuição do valor da resistência elétrica (posição inverno) irá ocasionar num aumento da potencia dissipada pelo chuveiro, fornecendo mais energia e promovendo uma maior elevação da temperatura de água.

Devido a este aquecimento imediato da água antes do consumo, a potência do chuveiro elétrico é bem superior a dos *boilers*. Observa-se que os chuveiros atualmente encontrados no mercado se situam na faixa de 2.800 W e 7.400 W e que conseguem atender aos requisitos de fluxo e temperatura mínima no período de inverno.

O chuveiro elétrico, uma vez ligado com uma dada regulagem (inverno ou verão), apresenta o consumo de energia elétrica independente da vazão, sendo o calor não absorvido pela água dissipado para o ambiente (de fato o rendimento do aparelho é o que varia). Por outro lado, reduz-se consideravelmente os gastos de instalação, dispensando o duplo circuito e o duplo comando de água fria e quente. Para a instalação do chuveiro elétrico deve ser dedicado um circuito independente devido à sua potência elevada, evitando risco de sobrecarga no circuito.

O boiler é um aquecedor de acumulação (realiza o aquecimento e armazenamento da água em um momento anterior ao seu consumo) onde um elemento resistivo aquece a água lentamente. O aquecimento ocorre devido ao efeito Joule. A temperatura é controlada por meio de um termostato que faz operar a resistência elétrica quando a temperatura da água está abaixo de um limite, e o desliga quando a água atinge uma temperatura adequada. O ajuste de temperatura pode ser feito pelo próprio usuário. Cabe ressaltar que no aquecimento por acumulação a potência elétrica deste equipamento é inferior à potência dos chuveiros elétricos. O *boiler* deve ser bem isolado termicamente para manter a temperatura por longo tempo, sendo que o mesmo deve ser feito nas tubulações de água quente. Neste tipo de aquecimento a maior parte do calor é absorvida pela água, havendo entretanto perdas maiores ou menores dependendo do isolamento térmico do reservatório, quando o tempo de permanência da água é grande.

2.6. USO DA ENERGIA SOLAR TÉRMICA NA CIDADE DE AREQUIPA

2.6.1. Introdução da fonte solar térmica

O aproveitamento da energia solar térmica na cidade de Arequipa deu-se desde as culturas pré-incaicas e intensificou-se com a chegada dos espanhóis em 1534 d.C. Nas culturas pré-colombinas já eram utilizadas bacias e caixas feitas de pedra onde se armazenava água, que esquentavam quando colocadas ao Sol. Outro uso muito difundido foi o secado de alimentos (cereais, carnes, pescado e alguns vegetais), que tradicionalmente se fazia com exposição ao sol. Este uso direto da energia é realizado até os dias de hoje.

Atualmente, como se mostra na figura 2.13 continua-se deixando depósitos de água simplesmente colocados em locais ensolarados, o que se manifesta na disponibilidade de água quente durante praticamente todo o ano. Na verdade, todos estes procedimentos tradicionais acabaram contribuindo para a geração de uma cultura de aproveitamento da energia solar em Arequipa, permitindo a aceitação imediata da população uma vez inserida a tecnologia dos aquecedores solares.



Figura 2.13. Garrafas PET de refrigerante pintadas de preto (esquerda) e outras não (direita), contendo água expostas ao Sol. [Foto: F. Morante, 2004]

2.6.2. Aquecedores solares de água

Como mencionado, as primeiras manifestações tecnológicas de aquecedores solares planos em território peruano foram realizadas na cidade de Arequipa. Nesta localidade, há aproximadamente 80 anos, construíam-se aquecedores solares de 300 litros de capacidade com coletores de 6 m² de superfície. Estes primeiros aparelhos foram construídos e instalados nesta cidade pelo Sr. Ernesto Barreda, cuja profissão era mecânico-eletricista e a quem se pode considerar uma pessoa de experiência neste campo (SCIF, 1962). Na figura 2.14 pode-se observar um aquecedor solar fabricado no ano de 1930.

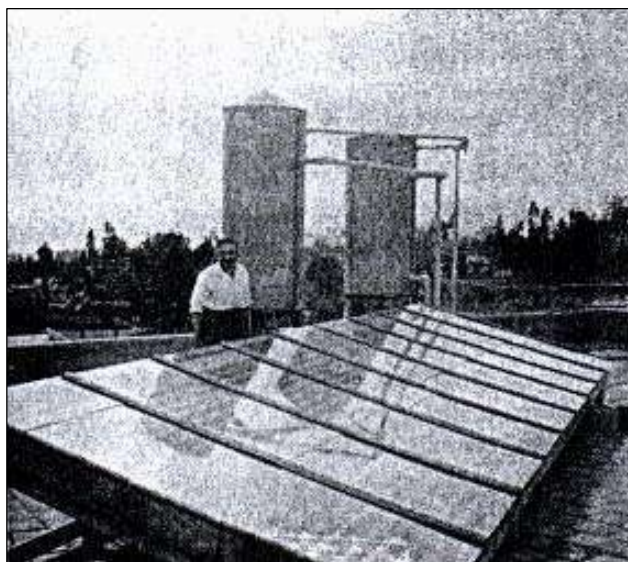


Figura 2.14 - Aquecedor solar de 300 l/dia, ao lado de seu construtor, o Sr. Ernesto Barreda.
[Fonte: (SCIF, 1962)]

Esta atividade permaneceu por muitos anos em mãos de artesãos e em alguns casos os aquecedores solares foram construídos em pequenas oficinas apropriadamente equipadas. Porém, somente nos últimos 23 anos foi realizada uma atividade sistemática mais produtiva, da qual se obteve melhores resultados. A fabricação e as vendas de aquecedores solares são efetuadas principalmente para atender a demanda para usos domiciliares da própria cidade de Arequipa. No entanto, de forma crescente nestes anos, uma grande parte desta demanda provém de outras partes do país, como norte, centro e sul. Esta demanda de localidades não-arequipenhas é geralmente do setor de hotelaria.

No período compreendido entre 1981 e 1988, segundo os próprios donos da empresa ENERSOL, foram produzidos e vendidos mais de três mil aquecedores solares domiciliares, com alguns deles sendo utilizados para sistemas de pré-aquecimento em processos industriais. Posteriormente, a partir de 1988, as vendas reduziram-se drasticamente. Porém, isto não se deu por perda de confiança na tecnologia, e sim por uma recessão generalizada ocorrida em todo o país, nesse ano e nos seguintes.

Esta empresa produz coletores com tubulação de cobre e ferro. Os de cobre destinam-se a zonas temperadas, enquanto que os de ferro, àquelas com possibilidade de geadas. Alguns aquecedores de ferro construídos por esta empresa foram instalados em grandes altitudes. Entretanto, a experiência do grupo de energia solar da Universidade de Cusco indica que a tais altitudes, onde há fortes probabilidades de geadas durante o inverno, a tecnologia dos aquecedores solares nacionais ainda não é confiável (MARTICORENA, 1996).

Como se mostra no anexo II, existem outras empresas fabricantes e comercializadoras de aquecedores solares em Arequipa. Algumas destas empresas são constituídas por pessoas que já trabalharam para a ENERSOL, de modo que utilizam tecnologia similar. Evidentemente, o maior potencial de usuários desta tecnologia se encontra nos hospitais, escolas, centros de saúde, quartéis e pequenas indústrias, além de locais de concentração permanente de pessoas que, em geral, necessitam de água quente para higiene pessoal e lavagem de roupas e utensílios, ou ainda para fins industriais (indústria de tintas, lã, couro, entre outras).

Quanto ao número de aquecedores solares instalados nesta cidade, consultas feitas a um especialista, professor da Universidade de San Agustín, e ao responsável pela transferência da tecnologia do antigo ITINTEC para a ENERSOL, assinalam que em Arequipa existem, provavelmente, entre 20.000 e 25.000 destes aquecedores. Apesar disso, o número exato somente poderá ser verificado com a realização de um censo populacional que inclua serviços de energias residenciais. Considera-se que uma avaliação da demanda atual de coletores solares para aquecimento de água resultaria em valores superiores aos aqui indicados⁶.

⁶ Devido à importância destes dados está se tentando introduzir no questionário do próximo censo nacional a ser realizado pelo INEI nos primeiros meses de 2005 uma pergunta sobre tal tema.

Outro tipo de coletor que também é utilizado para o aquecimento de água, é aquele conhecido como tubo-evacuado. Entretanto apesar da existência de modelos japoneses, americanos e italianos, não se verifica aceitação por parte dos usuários devido à ausência de garantia de manutenção, já que muitas destas empresas encerram suas atividades e deixam os clientes sem assistência.

2.7. SETORES QUE UTILIZAM A ENERGIA SOLAR TÉRMICA NA CIDADE DE AREQUIPA

Como observado, a tecnologia solar térmica é muito difundida na cidade de Arequipa. Os principais setores atendidos pelos fabricantes de Arequipa são fundamentalmente o residencial, o comercial e de serviços. Dependendo da quantidade de água quente consumida, as instalações solares são projetadas para sistemas por termossifão ou de circulação forçada. Em geral, os pequenos sistemas são sistemas termosifônicos. Os médios e grandes sistemas utilizam circulação forçada.

A partir das visitas efetuadas às diversas instalações e da pesquisa realizada junto aos fabricantes, pode-se verificar a predominância de sistemas por termossifão em áreas de até 10 m² de coletores, nos setores residencial e comercial. Algumas instalações médias, geralmente os hotéis, também utilizam o sistema de termossifão. Sistemas com circulação forçada são quase inexistentes.

Em suma, de acordo com os resultados dos questionários respondidos pelos fabricantes, conclui-se que cerca de 93% do mercado de Arequipa voltado para o aquecimento de água a baixa temperatura é encontrado no setor residencial. Os setores comercial e industrial representam os restantes 7%.

2.7.1. Setor Residencial

Este setor representa o melhor mercado para os fabricantes locais (ver anexo II). Sua aplicação tem por finalidade o aquecimento de água para banho doméstico e lavagem de louças e roupas, na faixa de 40°C a 65°C. As instalações são constituídas em grande parte por pequenas áreas de coleta, e apresentam a configuração de um sistema de aquecimento com circulação de água por termossifão. Na figura 2.15 podemos observar uma residência com um sistema de aquecimento solar.



Figura 2.15. Aquecedor solar no setor residencial de Arequipa. [Foto: M. Salcedo, 2003]

Os sistemas forçados são instalados quando há dificuldades arquitetônicas na colocação do reservatório solar em nível superior aos coletores, as quais são raras. As grandes áreas de coleta destinam-se ao aquecimento de água de piscina (a cidade de Arequipa apresenta poucas dessas áreas). Tais instalações são feitas por sistemas forçados, compostos por coletores planos com cobertura e isolamento. Ainda não se tem no mercado coletores sem cobertura, os quais são fabricados com material plástico de polietileno de alta densidade, sendo praticamente constituídos pela placa absorvedora nua.

O maior número de instalações neste setor pode ser explicado pelas características do consumo: grande custo operacional do energético substituído (energia elétrica); facilidade de instalação e adaptação, quando comparada aos outros setores.

2.7.2. Setor Comercial e de Serviços

Este setor é o segundo melhor mercado para aplicação de energia solar para o aquecimento de água a baixa temperatura. Todo o consumo de água quente neste setor realiza-se abaixo de 60°C. Entretanto, por falta de dados estatísticos, somente é possível inferir que a maior parte das instalações solares para aquecimento de água destina-se à lavagem de louça e higiene. Este tipo de consumo ocorre no setor de serviços: escolas, hospitais, restaurantes, refeitórios, clubes, hotéis e creches.

São vendidas pequenas (sistemas termosifônicos) e grandes instalações (em hotéis), podendo deslocar o alto consumo de eletricidade e gás deste setor (não há estatísticas sobre os tipos de instalações). Na figura 2.16, observa-se a utilização de aquecedores solares em hotéis.



Figura 2.16. Aquecedor solar no setor comercial de Arequipa. [Foto: M. Salcedo, 2003]

2.7.3. Setor Industrial

Este setor apresenta dois tipos de aplicações de aquecimento solar a baixa temperatura: serviços e processo. Entende-se como serviços os usos de água quente destinados aos banhos dos funcionários, ao final dos turnos de trabalho, e à lavagem de louças nos refeitórios industriais. Na figura 2.17 podemos observar uma fábrica com um sistema de aquecimento solar.

Quanto aos processos industriais, os sistemas solares de aquecimento de água a baixa temperatura têm aplicações na pré-lavagem de garrafas no sub-setor de bebidas e de tinturas no sub-setor têxtil.



Figura 2.17. Aquecedor solar no setor industrial de Arequipa. [Foto: M. Salcedo, 2003]

Não existem estudos experimentais desenvolvidos para a aplicação de sistemas solares em processos industriais tais como manutenção da temperatura de óleo combustível por aquecimento solar. Além das possíveis aplicações da energia solar (banho e lavagem) no setor industrial, tem-se ainda a grande vantagem técnica que está ligada a alta densidade de energia quando se tem sol, o que serviria para o pré-aquecimento nos processos industriais e, desta forma economizando outras formas de energia.

CAPÍTULO III

ESTADO DA ARTE DOS COLETORES PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA NA CIDADE DE AREQUIPA

3.1. INTRODUÇÃO

O aquecimento de água pela energia solar na cidade de Arequipa é feito utilizando o que se denomina de coletor solar. Este equipamento transforma a energia radiante proveniente do Sol em energia térmica. Como visto, a grande maioria dos sistemas solares em operação na cidade de Arequipa volta-se para aplicações residenciais de aquecimento de água. Geralmente, o coletor solar plano utilizado nestes sistemas são basicamente constituídos de uma caixa retangular, hermeticamente fechada, com isolamentos térmicos nas laterais e parte inferior, cobertura de vidro plano transparente na parte superior e entre esta cobertura e o isolamento térmico encontra-se o absorvedor em cuja tubulação circula o fluido de trabalho. Na figura 3.1 observam-se os componentes básicos de um coletor plano.

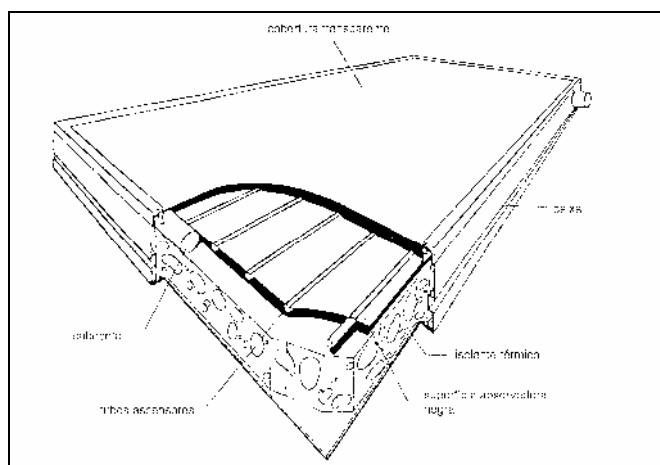


Figura 3.1. Componentes de um sistema de aquecimento solar de água por coletor plano.
Fonte: (Norton, 1991 apud Borges & Pereira, 2001)

O fluido é aquecido por condução através da placa absorvedora. Na figura 3.2 é mostrado o sistema de aquecimento que se completa com a instalação, no circuito do coletor, de um dispositivo para estocagem de água quente. A partir desse dispositivo é que são feitas as tomadas de água quente para consumo.

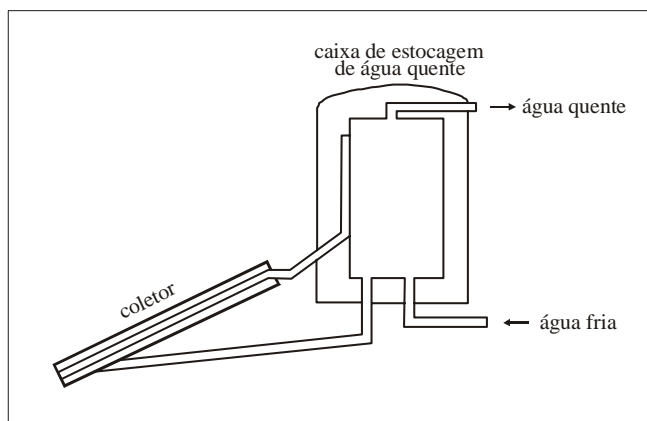


Figura 3.2. Sistema de aquecimento de circulação natural.

3.2. TIPOS DE COLETORES PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA PARA FINS SANITÁRIOS

Estes coletores são utilizados nas aplicações a médias temperaturas, no intervalo de 40°C até 70°C. Este tipo de aplicação representa cerca de 100% do mercado atual de coletores solares na cidade de Arequipa, e sua penetração é crescente. A produção atual de coletores que funcionam a média temperatura é de 450 m²/mês (ver anexo II).

3.2.1. Tipos de coletores segundo as geometrias de placas absorvedoras dos coletores

Em Arequipa, cidade que no Peru lidera a produção e o mercado de aquecedores solares, observa-se uma série de modelos que vêm evoluindo tanto na forma quanto nas aplicações. Neste desenvolvimento um dos componentes que sofreu modificações foi o coletor e tanque de

estocagem. Em Arequipa basicamente encontram-se ainda instalados os seguintes tipos de coletores:

3.2.1.1. Tipo Serpentina

Estes coletores são constituídos por tubulações de ferro galvanizado ou PVC (policloruro de vinilo), como ilustrado na figura 3.3 Contudo, podem ou não utilizar madeira e vidro como caixa e cobertura respectivamente.

3.2.1.2. Tipo tanque

Este tipo de coletor integra em um só bloco o armazenamento e a captação de energia. Está conformado basicamente por tubos de ferro fundido pintados de preto, com diâmetros entre 7 e 10 polegadas, colocados em uma caixa com isolamento térmico e cobertura de vidro. Onde a água não circula, sendo estocada durante o período de insolação. Este tipo de coletor tem pouco tempo de aparição e sua principal aplicação está dirigida a serviços diurnos de lavanderia e cozinha. Na figura 3.4 observa-se este tipo de coletor.

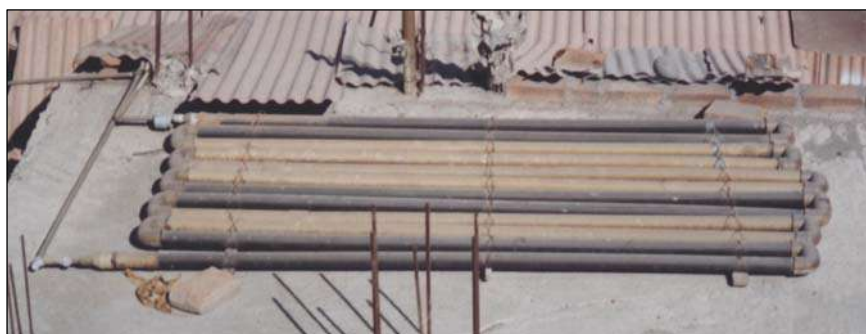


Figura 3.3. Coletor tipo serpentina [Foto: F. Morante, 2004]



Figura 3.4: Coletor tipo tanque [Foto: F. Morante, 2004]

3.2.1.3. Tipo grade de tubos de ferro galvanizado

Este tipo de coletor integra em seu desenvolvimento conceitos mais definidos de transferência de calor, promovendo o contato entre a chapa plana e os tubos ascensores. Estes últimos são

paralelos e estão conectados a dois tubos distribuidores de maior diâmetro. Emprega-se ferro galvanizado na tubulação e na chapa, as quais são pintadas de tinta preta fosca. A caixa é usualmente de ferro com pintura exterior, cobertura de vidro e isolamento de poliuretano. Os contatos chapa-tubo também seguem diferentes critérios, e em alguns casos a chapa plana situa-se acima dos tubos. Em outros casos os tubos estão em contato com a chapa dentro de um canal, os quais são unidos através de amarres de arame. A figura 3.5 ilustra este tipo de coletor.

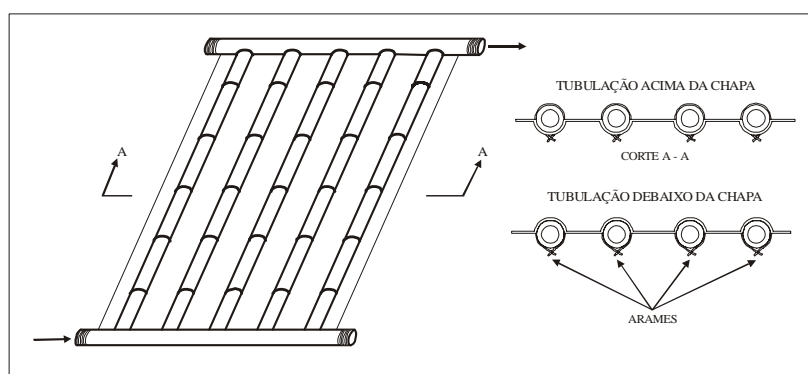


Figura 3.5. Coletor tipo grade de tubos de ferro galvanizado.

3.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ATUAIS DOS SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR EM AREQUIPA

Atualmente, no mercado de Arequipa, encontra-se muito difundido sistemas solares de aquecimento de água com as seguintes características de seus componentes:

3.3.1. Absorvedor

O absorvedor é o componente central de um sistema de aquecimento solar, onde sua função é absorver a radiação solar e transferir o calor ao fluido que está circulando (MEINEL, 1982). Com base nas respostas dos questionários, pode-se concluir que os fabricantes em geral empregam os tubos de cobre e chapas de aço de baixo teor de carbono. Alguns fabricantes (43%) além de

trabalhar com chapas de aço de baixo teor de carbono também utilizam ferro galvanizado dentro de sua produção. As chapas de cobre e alumínio não são empregadas já que o custo destas placas tornam-se maiores quando comparados aos demais. Apesar disso, uma empresa está começando a desenvolver modelos de cobre e alumínio. A figura 3.6 ilustra as características técnicas do absorvedor de um coletor típico utilizado na cidade de Arequipa.

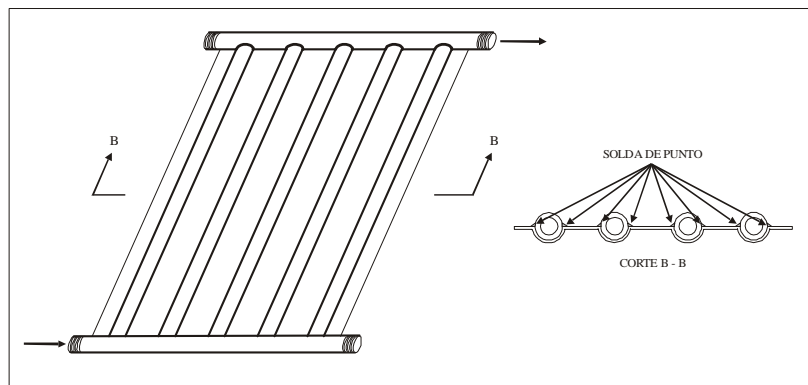


Figura 3.6. Placa absorvedora utilizada nos coletores solares na cidade de Arequipa.

As tubulações que estão em contato com a chapa são constituídas por dois tubos rígidos distribuidores de 7/8 de polegada e tubulações ascensoras flexíveis de 1/2 polegada, ambos de cobre. Em relação à união dos tubos de cobre, o processo utilizado é o de brasagem¹. Para os materiais e formas de solda existem diversas opções tais como, o bronze e soldas de diversos teores de prata, em varetas. A solda prata é mais dispendiosa; a de bronze é mais barata e, por essa razão mais utilizada. Para os processos de fusão do material de brasagem tem-se o oxiacetileno.

O contato térmico entre a chapa e os tubos influencia diretamente o rendimento do coletor. Em função disto deve-se analisar o processo de contato entre a chapa coletora e a tubulação. Cabe enfatizar que foi observado, quando da visita a diversos fabricantes, que a ligação placa-tubo, nos modelos ferro galvanizado-cobre, é feita em sua maioria pelo processo mecânico de estampado,

¹ Brasagem é um processo de soldagem no qual a união é executada por meio de uma liga metálica de ponto de fusão mais baixo do que o do metal-base, portanto este não funde durante a soldagem, sendo a junta preenchida por efeito capilar. [Fonte: http://www.apcd.org.br/Biblioteca/Revista/2000/nov_dez/470.asp]

fixando-se o tubo na chapa com amarras de arame espaçados de 10 cm, o que diminui muito a transferência de calor para o tubo.

Nos modelos aço-cobre a união também é feita, em sua maioria, pelo processo mecânico de estampado de forma de facilitar a solda tubo-chapa. Alguns fabricantes não fazem a ligação placa-tubo pelo sistema de solda contínua, mas ponto a ponto, o que diminui o rendimento do coletor solar.

Para esta faixa de temperatura (40°C até 70°C) as superfícies absorvedoras são todas recobertas por tintas não seletivas, como por exemplo a tinta preta fosca, que melhora a absorção de calor. A tinta é de boa aderência nas condições de operação dos coletores e possui um longo período de vida útil.

3.3.2. Cobertura

A cobertura transparente de vidro ou plástico tem a propriedade de reduzir as perdas de calor por convecção e radiação para o ambiente, o que conduz a provocar o chamado "efeito estufa" (MEINEL, 1982). O vidro plano na cidade de Arequipa ainda é o material mais utilizado para cobertura de coletores planos. Foi verificado, quando da visita a diversos fabricantes, que a maioria usa o vidro com espessura de 4 mm, suficiente para resistir as condições climáticas da região, mesmo nas dimensões de 2 x 1 m. Somente dois fabricantes empregam vidro de 3 mm, que não são recomendados.

Muitos coletores vendidos a regiões de maior altitude utilizam o vidro duplo. A montagem do vidro às diversas caixas pode acontecer sob pressão de perfis metálicos parafusados ou rebitados. Os coletores fabricados em Arequipa, em sua maioria, utilizam o processo de colagem do vidro a perfis de alumínio (cantoneiras) por meio de materiais a base de silicone, utilizados normalmente para vedação².

² A entrada de água nos coletores é responsável pela redução do tempo de vida do equipamento, além de comprometer seu funcionamento, devido à perda do isolamento térmico e do surgimento de condensação na face interna do vidro. Este fato acarreta uma na eficiência do coletor solar plano.

3.3.3. Isolamento

As perdas de calor nas partes posteriores e laterais de um absorvedor podem ser reduzidas por uma camada de material isolante. Este material deve ter uma condutividade térmica baixa, manter sua forma e suportar as temperaturas e cargas encontradas durante a operação do coletor (BEZERRA, 1990).

A maioria dos fabricantes utiliza espumas de poliuretano, freqüentemente utilizadas para o isolamento da placa absorvedora. Outros fabricantes utilizam lã de vidro em fibras largas, sobrepondo duas camadas de pequena espessura (2 cm) coladas ao impermeável (silicone) ou, ainda melhor, painéis rígidos pouco densos de lã de vidro.

Uma boa solução que não possui alto custo que vem sendo utilizada por alguns fabricantes, consiste em combinar um painel rígido de lã de vidro de 0,5 cm de espessura com outro painel de 1,5 cm de espuma de poliuretano. Este último painel é colocado ao lado da caixa, e o primeiro ao lado do absorvedor. As elevadas temperaturas são suportadas pela lã de vidro, protegendo a espuma dos efeitos da umidade.

3.3.4. Caixa Coletora

A função da caixa do coletor é a de conter todo o conjunto e assegurar a vedação. Como os esforços mecânicos são reduzidos, não é necessária grande resistência. Geralmente, a caixa é colocada sobre um suporte de perfis metálicos fixados no solo ou no teto da edificação.

A maioria dos coletores solares disponíveis na cidade de Arequipa utilizam o alumínio LH3001 de 1,0 mm de espessura como caixa coletora. Deste tipo foram encontradas caixas de 0,5 e 1,0 mm de espessura, soldadas e rebitadas. Na figura 3.7 pode-se observar a caixa de alumínio com seus suportes. Ainda é possível encontrar caixas de ferro pintadas externamente de preto. A chapa do fundo pode ser de alumínio ou galvanizada. Também se verifica no mercado alguns fabricantes que ainda utilizam o ferro galvanizado dobrado.



Figura 3.7. Caixa coletora com suportes. [Foto: M. Salcedo, 2003]

3.3.5. Tanque

Os primeiros tanques de estocagem de água quente utilizados na cidade de Arequipa foram de ferro galvanizado. Atualmente estes tanques são formados por dois recipientes cilíndricos concêntricos em aço inoxidável DIN 1.4301, de tal modo construídos que o tanque interno mantenha um afastamento de 6,7 cm nas laterais e topos. Este espaço é preenchido com poliuretano de alta densidade (68,00 mm). Outros tanques utilizam lã de vidro e poliuretano juntos.

O recipiente externo é construído de aço inoxidável DIN 1.4016, e sua finalidade é a de proteger o isolamento térmico e, além disso, de atuar como um meio de proteção às condições externas (umidade, corrosão, chuva, etc.).

O tanque interno é apoiado sobre uma base semicircular. O sistema é construído visando evitar vazamentos, o que prejudicaria as propriedades isolantes da lã de vidro ou de qualquer outro material empregado para a mesma finalidade.

Atualmente muitos tanques de armazenamento são fabricados com uma resistência elétrica com um termostato auxiliar, estes são empregados geralmente em dias nublados ou quando existe muito consumo de água quente. A figura 3.8 ilustra as características de um tanque de estocagem.



Figura 3.8. Tanque de armazenamento. [Fonte: Catálogo comercial modificado]

3.3.6. Rede de distribuição

Do sistema de aquecimento até os pontos de consumo da água quente, existe uma rede de distribuição constituída por uma parte externa e por outra embutida nas paredes da residência. Antigamente foram utilizadas tubulações de ferro galvanizado. Na atualidade utilizam-se geralmente as tubulações do tipo Hidro3³ tanto na parte externa quanto na embutida. A alimentação da água fria do reservatório da residência para o tanque de armazenagem térmica do

³ Hidro3 é um tubo sintético flexível, desenvolvido especialmente para conduzir a água e outros líquidos a temperaturas e pressões elevadas (130°C). A condutividade térmica é quase 300 vezes menor que o cobre.

sistema de aquecimento é feita com tubos e acessórios do mesmo tipo. Na figura 3.9 e 3.10 pode-se observar respectivamente as características externas do tubo Hidro3 e detalhes da montagem de um coletor solar.

A ligação do circuito hidráulico no banheiro geralmente permite misturar água quente e fria. Os usuários que trocaram o aquecedor solar por chuveiros elétricos, geralmente utilizam a rede de distribuição de água quente existente, e como o chuveiro elétrico tem um circuito elétrico independente, este pode ser ligado como *back-up* em dias de muita nebulosidade.



Figura 3.9. Tubos Hidro3.
[Foto: www.industriassaladillo.com.ar]



Figura 3.10. Montagem do coletor solar.
[Foto: F. Morante, 2002]

3.4. FABRICAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO

A introdução de qualquer nova tecnologia no mercado requer sempre um esforço maior de comercialização para a demonstração de seus méritos e, em adição a isto, de competição com outros produtos existentes no mercado. O conhecimento prévio das dificuldades encontradas para sua aceitação por parte da população pode favorecer o desenho de estratégias que resultem em medidas aceleradoras de sua penetração no mercado (EVERETT, 1966).

Assim, um programa intenso de esclarecimento deveria ser realizado pelo governo com o objetivo de explicar as vantagens e necessidades da economia de energia à população. Embora a propaganda desenvolvida pelos fabricantes sobre os sistemas de aquecimento solar de água seja muito importante, o esclarecimento por parte do governo sobre a utilização da energia solar, em seus programas de economia de energia, ajudaria em muito a comercialização desses equipamentos (SALVATIERRA, 2002).

Quanto à fabricação e comercialização, existem dois setores nos quais a economia regional e nacional está caracterizada. Estes setores são os seguintes:

3.4.1. Setor formal e informal no Peru

Considera-se setor formal os grandes, médios e pequenos fabricantes, registrados legalmente, que pagam impostos e serviços públicos. Entretanto, na economia peruana também se constata a forte presença do denominado setor informal. Na verdade, o industrial informal peruano é de dois tipos: o primeiro é o próprio industrial formal, que informaliza parte de sua produção como consequência do alto custo da regulação ou dos impostos, este pode ser denominado fabricante semi-informal. Embora esconda parte de seu faturamento, ele não é diferente do industrial já estabelecido. Em muitos casos vê-se obrigado a fazê-lo porque o custo da legalidade é muito alto no Peru, tendo assim que abandonar a formalidade para ocultar-se total ou parcialmente no mercado informal. Isto se produz sempre que há alta de preços, ou aumento da inflação, uma forma indireta de subir os custos (GHERSI, 2001).

O segundo tipo de industrial informal está constituído pelos artesãos ou industriais propriamente informais, os quais dedicam-se de maneira completamente ilegal ao desenvolvimento de qualquer atividade manufatureira. No caso do Peru, existem áreas onde esta atividade é mais pronunciada, tais como na área de mecânica, nas confecções e têxteis e na fabricação de móveis de madeira. São as três áreas onde existe uma grande quantidade de atividades do tipo informal. Desta forma gera-se uma atividade microempresarial significativa fora da estrutura legal peruana (DE SOTO, 1987).

3.4.2. Setores predominantes na indústria de coletores solares

Quanto aos fabricantes de coletores solares da cidade de Arequipa, a pesquisa realizada (anexo II) indica que é possível distinguir até dois sub-setores formais que se dedicam a fabricação e comercialização desses equipamentos:

3.4.2.1. Setor formal parcialmente dedicado (SFPD)

São empresas que geralmente têm como ocupação principal a fabricação de estruturas metálicas (portas, janelas e serviços em geral). Como parte de sua produção também elaboram aquecedores solares, os quais são exibidos e vendidos com nota fiscal na mesma oficina. Em outro caso, como mostrado na figura 3.11, comerciantes formais de vidro, carpetes e cortinas também fabricam e vendem aquecedores solares; no entanto, comercializar este produto não é seu objetivo principal. Este setor representa 15% das empresas consultadas.



Figura 3.11. Venda e fabricação de aquecedores solares no setor formal parcialmente dedicado [Foto: Esquerda catálogo comercial e as outras F. Morante, 2004]

3.4.2.2. Setor formal totalmente dedicado (SFTD)

São empresas que se dedicam exclusivamente à fabricação de aquecedores solares, os quais são exibidos e vendidos em lojas, com nota fiscal. Comercializam seus produtos em todo o Peru, com maior ênfase nas regiões do sul. Este setor representa 85% das empresas consultadas.

Em média, as empresas de Arequipa estão atuando há dez anos na área de aquecimento solar de água, sendo que muitas delas iniciaram suas atividades com a produção de estruturas metálicas e prestação de serviços, passando depois à produção exclusiva de aquecedores solares. O capital social declarado por algumas das empresas pesquisadas varia entre US\$ 5.000,00 e US\$ 100.000,00, sendo o mesmo 100% peruano. O número de empregos diretos gerados está em torno de 5 por empresa. Entretanto, outras empresas como a N° 6 e a N° 7, possuem quase 20 pessoas trabalhando em suas fábricas (apenas três empresas declararam a terceirização em sua produção). De todas as empresas na área solar, 95% declararam prestar assistência técnica, 90% instalação, 42% projeto e 33% consultoria.

Quanto às dificuldades para o desenvolvimento, todas as empresas manifestaram a falta de incentivo governamental e a pouca divulgação da tecnologia. As mesmas geralmente não mantêm nenhum contato com propostas de desenvolvimento, somente recebem informação técnica através de palestras esporádicas do Programa de Economia de Energia (P.A.E.) do Ministério de Energia e Minas do Peru.

A maior parte da comercialização é realizada na região de Arequipa. Algumas poucas empresas vendem para outras regiões do Peru e, atualmente, uma empresa está entrando no mercado da Bolívia. Grande parte das empresas têm estabelecido suas lojas em uma mesma rua como é mostrado na figura 3.12, onde os aquecedores são exibidos ao público e onde alguns fabricantes exibem os benefícios de seu produto de forma didática, mostrando como o coletor trabalha de forma real.

Geralmente, a venda dá-se à vista ou em parcelas. Dado que a economia peruana permite a existência de contas bancárias em dólares, na maioria dos casos os preços e parcelas são fixados nessa moeda. Obviamente, as transações comerciais também podem ser feitas na moeda local (Soles) de acordo com o valor do dólar na ocasião do pagamento. Recentemente, duas empresas adotaram um novo tipo de venda: fornecem um aquecedor em forma de teste por um mês, e a venda é concretizada somente se o consumidor aprovar o aparelho.



Figura 3.12. Lojas de aquecedores solares em uma mesma rua. [Foto: F. Morante, 2004]

Na Tabela 3.1 mostram-se as características técnicas e econômicas dos coletores fabricados por três empresas do SFTD e uma do SFPD. Pode-se perceber que aquecedores com os mesmos materiais, capacidades e áreas possuem preços diferentes, sendo os do SFPD mais baratos. Isto se deve ao fato de o SFTD oferece garantias de serviço de venda⁴, enquanto que o SFPD não oferecem serviços pós-venda muito confiáveis⁵.

Tabela 3.1. Características técnicas e econômicas dos coletores fabricados por empresas formais totalmente dedicadas e parcialmente dedicadas.

EMPRESA	Preços em US\$ por tipo de coletor		
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
	80 litros de capacidade 1,44 m ² de área	120 litros de capacidade 1,92 m ² de área	180 litros de capacidade 2,88 m ² de área
Empresa SFTD N°5	420,00	510,00	630,00
Empresa SFTD N°6	380,00	492,00	686,00
Empresa SFTD N°7	450,00	560,00	690,00
Empresa SFPD N°12	350,00	450,00	570,00

⁴ O consumidor tem o direito de ter seu equipamento reparado pelo fabricante sem nenhum ônus, caso este venha a apresentar falha, desde que este esteja dentro do prazo pré-estabelecido pelo fabricante.

⁵ Muitas vezes os fabricantes fecham suas empresas antes do fim da garantia de seus equipamentos, deixando desamparados seus clientes.

3.5. CARACTERÍSTICAS ARQUITETÔNICAS DAS RESIDÊNCIAS E ASPECTOS NORMATIVOS PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA EM AREQUIPA

O crescimento da cidade de Arequipa dá-se de forma horizontal, e não vertical. Uma das razões para tal é sua localização andina, mais precisamente em torno da denominada cordilheira vulcânica. Assim, a cidade está submetida a uma intensa atividade tectônica, o que causa sismos e terremotos com intensidades variando entre 5 e 8 graus na escala *Richter*. A área central da cidade tem um estilo arquitetônico típico, com edificações onde foram utilizados blocos de lava vulcânica chamada *silhar*, de cor esbranquiçada e dureza média. As paredes das construções antigas são espessas, com largura entre 1 e 2 metros. Esta forma construtiva inclui arcos e abóbodas inseridos em um sistema estrutural resistente, cujo o objetivo é suportar o efeito destruidor dos sismos e terremotos. Nas casas antigas predominam amplos pátios e salas, com tetos altos, pátios em estilo românico e decoração barroca em suas fachadas. Tudo isso levou a UNESCO a declarar o centro histórico da cidade de Arequipa como patrimônio cultural da humanidade.

Nos bairros ou distritos mais modernos tem-se uma grande quantidade de casas de dois andares, feitas com pórticos de concreto armado e muros de tijolo. Por outro lado, há poucos prédios, os quais possuem no máximo 10 andares. Nas figuras 3.13, 3.14, 3.15 e 3.16 podem ser observadas as diferentes configurações arquitetônicas que caracterizam a cidade.



Figura 3.13. Predominância da área central da cidade com crescimento horizontal.
[Foto: [http:// www.tierra-inca.com/](http://www.tierra-inca.com/)]



Figura 3.14. Bairros mais modernos com edificações em crescimento vertical.
[Foto: www.tierra-inca.com/]



Figura 3.15. Construções antigas no centro histórico da cidade.

[Foto: <http://www.arequipalinda.com/>]



Figura 3.16. Construções nas áreas mais modernas da cidade.

[Foto: <http://www.arequipalinda.com/>]

Apesar da importância do aquecimento solar de água nesta cidade, verifica-se que na atualidade não existe nenhuma base normativa que regule que as construções futuras nas vizinhanças dos domicílios não interfiram com a sombra projetada. Cabe ressaltar que este sombreamento reduz, às vezes totalmente, o funcionamento do aquecedor solar. Ademais, em alguns casos a área disponível de teto não é suficiente para a instalação de coletores solares. Em outras palavras, não existe no Peru qualquer tipo de restrição, por meio das Normas Técnicas de Construção, em relação à área livre disponível para instalação de coletores solares nos projetos das edificações.

Em adição a isso, em edifícios já construídos, outro inconveniente é a falta de tubulações isoladas para água quente, desejável para instalação de um sistema central de aquecimento de água. Entretanto, este inconveniente é resolvido facilmente com um investimento adicional no custo total da instalação. Em contrapartida, nos edifícios de vários andares a instalação hidráulica adicional pode se tornar inviável por ser demasiada onerosa.

Embora se verifique a existência destes problemas o Regulamento Nacional de Construções do Peru contempla que a distribuição de água quente, desde o equipamento de produção até os acessórios sanitários, ou pontos de uso, pode ser realizada com ou sem retorno de água quente. O sistema sem retorno deverá ser utilizado naqueles edifícios onde serão instalados equipamentos centrais de produção de água quente (CPC, 2003). No entanto, nenhum ponto deste regulamento

especifica que as construções devam possuir tubulações para água quente e, também, se a água é aquecida por energia solar ou por outra fonte de energia.

3.6. PESQUISA DE SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS NO QUE CONCERNE A UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS SOLARES

Fundamentalmente, os resultados dos questionários mostram elevada satisfação por parte dos usuários devido à redução no consumo de energia elétrica. A economia de energia observada foi a esperada. Em alguns casos também se menciona o aumento do conforto (maior vazão de água quente e maior duração de banhos).

Como foi mencionado no capítulo anterior, de acordo com as evidências, entretanto sem poder afirmar categoricamente, a frequência de banhos flutua entre 3 a 4 vezes por semana. Outro dado apurado refere-se ao fato de que a maior quantidade de banhos quentes ocorrem na parte da manhã, entre 6 e 9 horas, com maior frequência das 7 às 8 da manhã. Além disso, 3 a 4 pessoas em média utilizam o aquecedor solar em uma residência.

De acordo com os dados obtidos, pode-se dizer que o gasto em energia elétrica em praticamente todas as residências atendidas pelos aquecedores solares diminuiu. Por exemplo, para o caso de uma família que substituiu um chuveiro elétrico por um aquecedor solar de 120 litros cujo custo foi de US\$ 520,00, pode-se observar que houve uma redução do consumo de energia elétrica de 240 kWh/mês para aproximadamente 168 kWh/mês (figura 3.17). Assim, a economia desta família foi de 26 Nuevos soles⁶ ou US\$ 7,00 por mês e, conseqüentemente havendo 300 dias de Sol pleno ao ano, o tempo de retorno do investimento será de aproximadamente 7,5 anos. No anexo IV mostra-se a conta de energia elétrica desta família antes e depois da instalação do sistema solar. Cabe mencionar que o aquecedor solar foi instalado no mês de Janeiro, e em razão da defasagem entre a leitura do aparelho e a emissão do recibo o consumo desse mês se reflete em Fevereiro.

⁶ Tipo de câmbio em Maio de 2004, 1 US\$ = 3,48 Nuevos Soles, sendo que 1 kWh custa US\$ 0,09. [Fonte: SEAL]

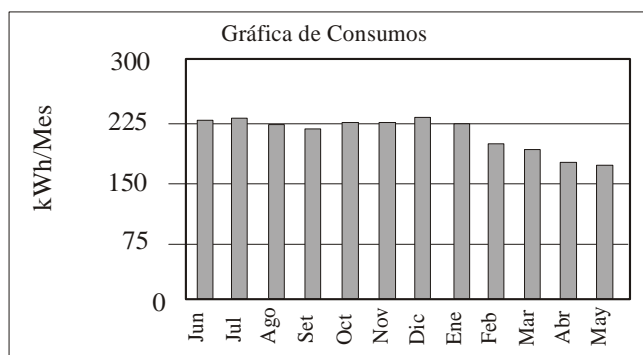


Figura 3.17. Consumo de energia eléctrica entre Junho de 2003 e Maio de 2004 de uma família com aquecedor solar funcionando desde Janeiro de 2004. [Fonte: SEAL]

Outra informação importante resultante da pesquisa efetuada é a grande presença de aquecedores solares nos bairros de maior poder aquisitivo. A maioria dos proprietários de aquecedores solares soube da possibilidade de instalar um sistema por recomendação de um amigo ou familiar. Ressaltar-se, portanto, que se os usuários possuidores de aquecedores não ficarem satisfeitos, podem comunicar sua insatisfação a outros potenciais clientes, algo que evidentemente não acontece em Arequipa.

Destaca-se também o crescimento constante das vendas de aquecedores nos últimos 8 anos. Isto pode ser explicado pelo fato de que atualmente existe um mercado mais amplo, onde os preços tendem a cair. A figura 3.18 indica há quanto tempo ocorreu a compra de um aquecedor.

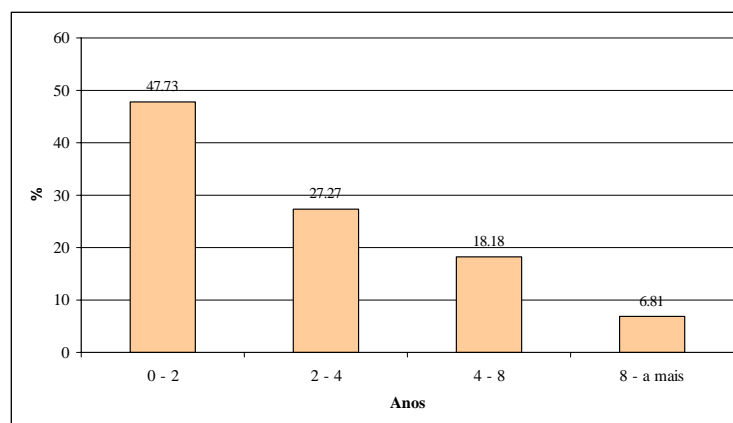


Figura 3.18. Histograma de há quanto tempo foi a compra de um aquecedor solar.

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTAÇÃO DA BANCADA PARA TESTES DE DESEMPENHO DE COLETORES SOLARES

4.1. INTRODUÇÃO

Este capítulo tem por objetivo principal discutir o desempenho técnico dos aquecedores solares fabricados na cidade de Arequipa. Para tal, são apresentados a bancada de testes, o local e os equipamentos utilizados no decorrer da parte experimental. Adicionalmente, são comentadas as normas e procedimentos experimentais básicos que devem ser seguidos para caracterizar a curva de eficiência instantânea do coletor, a determinação do parâmetro $F_R U_L$ e a incerteza das medidas em condições de regime quase permanente com a precisão desejada. Destaca-se também a utilização dos instrumentos para obter as medidas de temperatura, irradiância, velocidade do vento e vazão.

4.2. MÉTODOS UTILIZADOS PARA DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉRMICA E DO PARÂMETRO $F_R U_L$

O levantamento da curva de eficiência instantânea é de muita importância para análise de desempenho do coletor solar térmico. Segundo Zilles (1988), existem vários métodos que podem ser utilizados para alcançar este objetivo. No Peru, em 2001 foi aprovada a Norma Técnica Peruana (INDECOPI, 2001) de métodos de ensaio para determinar a eficiência de coletores solares (ver anexo VI). Esta norma foi aprovada pelo INDECOPI, organismo peruano de

normalização. De acordo com termos da referida norma sua aplicação, em princípio, é de caráter voluntário. Os organismos competentes podem torná-la obrigatória e, incorporá-la em seus regulamentos técnicos. No momento não existem empresas ou instituições credenciadas pela Comissão de Regulamentos Técnicos e Comerciais do INDECOPI, para certificar aquecedores solares. Esta norma técnica utilizou como referência a norma *ANSI/ASHRAE 93-1986*.

O procedimento básico dos métodos para determinação da eficiência térmica do coletor consiste em colocar o coletor em operação com radiação solar e realizar medidas da irradiância, temperatura do fluido, vazão do fluido, temperatura ambiente e velocidade de vento, com o coletor operando em regime quase permanente. A seguir, calcula-se o calor útil obtido e determina-se a eficiência para diversos valores de temperatura do fluido na seção de entrada do coletor. Nesta dissertação utiliza-se o método especificado através da mencionada norma NTP 370.400 para medição das curvas de eficiência instantânea.

O procedimento seguido para determinar o parâmetro $F_R U_L$ foi o método descrito pela Comissão Européia de Comunidades (CEC, 1980). Este relatório contém o teste *indoor* do coletor.

As temperaturas de trabalho utilizadas, tanto para a determinação da eficiência térmica com para o parâmetro $F_R U_L$, foram 30°C, 45°C, 60°C e 75°C.

4.2.1. Determinação da eficiência térmica em regime quase permanente

Com o coletor instalado no circuito de ensaio ajusta-se a vazão para um valor equivalente a 0,02 kg/s por metro quadrado de área de absorvedor. Regula-se a temperatura do fluido na seção de entrada do coletor solar para um valor igual ao da temperatura ambiente com uma tolerância de $\pm 1^\circ\text{C}$. A irradiância global deve manter-se superior a 790 W/m^2 . A velocidade de vento deve estar entre 2,2 e 4,5 m/s, e então aguarda-se que se estabeleçam as condições de regime quase permanente. Um ensaio é considerado em tal regime se durante um intervalo de tempo, no mínimo igual à constante de tempo do coletor e não inferior a 6 minutos, tem-se as seguintes condições:

- a) flutuação da temperatura do fluido na seção de entrada do coletor no máximo $\pm 0,1$ °C,
- b) flutuação da temperatura do ar ambiente no máximo $\pm 1,5$ °C,
- c) flutuação da vazão do fluido através do coletor no máximo ± 2 %,
- d) flutuação da diferença de temperatura da água entre as seções de entrada e saída do coletor solar no máximo $\pm 0,6$ °C,
- e) diferença máxima entre os picos da irradiância global sobre o plano do coletor inferior a 32 W/m^2 .

O regime quase permanente é o termo usado para descrever a condição de operação de um coletor solar, quando a vazão e a temperatura de entrada do fluido de trabalho são praticamente constantes no decorrer do tempo. As variações na temperatura do fluido na seção de saída devem-se às pequenas variações no fluxo da irradiância global.

O coletor deverá ser ensaiado em várias condições de temperatura do fluido na seção de entrada do coletor, desde a temperatura ambiente até a máxima temperatura possível, próximo da eficiência zero. No mínimo quatro condições de temperatura do fluido na seção de entrada do coletor devem ser selecionadas sobre a faixa de operação do coletor. No ensaio efetuado foram utilizados 10 pontos de medida no intervalo de 30°C a 75°C . Um desses valores deve ser igual ou diferir no máximo 2°C da temperatura ambiente.

Para cada nível de temperatura do fluido na seção de entrada do coletor solar deve-se obter mais de um ponto de ensaio, sendo estes conduzidos antes e após o meio dia solar (ângulo horário igual a zero), e se possível de maneira simétrica.

A eficiência térmica em regime quase permanente (η) é calculada, em cada condição, pela expressão (DUFFIE & BECKMAN, 1991):

$$\eta = \frac{\dot{m}C_p(T_s - T_e)}{A_C G_T} \quad (4.1)$$

Sendo, \dot{m} a vazão média da água [kg/s], C_p o calor específico da água [J/kg°C], $(T_s - T_e)$ a diferença de temperatura entre as seções de entrada e saída [°C], A_c a área do coletor [m²] e G_T a irradiância global que chega no plano da superfície inclinada [W/m²]. Segundo a NTP, um mínimo de 16 pontos deve ser obtido para cada curva. Os diversos valores de " η " obtidos durante os ensaios são representados graficamente em função do parâmetro $(T_e - T_a)/G_T$.

Expressando as energias da equação anterior em função das temperaturas e dos parâmetros que governam as trocas térmicas pode-se escrever (DUFFIE & BECKMAN, 1991):

$$\eta = F_R \tau \alpha - F_R U_L \frac{(T_e - T_a)}{G_T} \quad (4.2)$$

Onde F_R , chamado fator de remoção de calor, representa a capacidade do coletor em transferir calor da placa para a água; α é a absorvância efetiva, que mede a fração de energia que ultrapassa a chapa e é de fato absorvida pela placa; τ é a transmitância total da cobertura; U_L é o coeficiente global de perdas, que reúne todas as perdas térmicas do coletor e T_a é a temperatura ambiente.

Analisando a equação 4.2 acima é possível perceber que a mesma é do tipo $Y=a+bX$, ou seja, uma equação linear e portanto uma reta, onde o termo constante (coeficiente linear) " a " representa $F_R \tau \alpha$ e a inclinação (coeficiente angular) " b " representa $F_R U_L$. A apresentação dos resultados em forma de gráficos é muito importante, pois permite extrair com facilidade esses dois parâmetros, os quais descrevem de forma simplificada o comportamento do coletor.

Para que estas informações possam ser extraídas diretamente, os gráficos normalmente apresentam em sua ordenada a eficiência instantânea η , e na abscissa a razão entre a diferença de temperatura do fluido na entrada do coletor e a temperatura ambiente e a irradiância global no plano do coletor, o seja, $(T_e - T_a)/G_T$.

4.2.2. Determinação do parâmetro $F_R U_L$

O parâmetro $F_R U_L$ é determinado em função de $(T_e - T_a)$. Com o coletor operando em regime quase permanente, com $G_T=0$, pode-se escrever (LINTHORST, 1985):

$$F_R U_L = \frac{\dot{m} C_p (T_s - T_e)}{A_C (T_a - T_e)} \quad (4.3)$$

O fluido de trabalho circula com diferentes temperaturas de entrada no coletor. Quando as condições de regime quase permanente são obtidas, realizam-se medições para cada uma das temperaturas de trabalho utilizadas (30°C a 75°C). Os resultados são representados em um plano cartesiano de $F_R U_L$ versus $(T_e - T_a)$.

4.3. LOCAL DO EXPERIMENTO

A montagem e os experimentos da bancada de testes foram realizados no laboratório de energia solar pertencente ao departamento de Física da Universidade Nacional de San Agustín de Arequipa, *campus* engenharias. As figuras 4.1 e 4.2 mostram os laboratórios aonde foram efetuados os testes.



Figura 4.1. Laboratório de testes *indoor*.
[Foto: M. Salcedo, 2003]



Figura 4.2. Laboratório de testes *outdoor*.
[Foto: M. Salcedo, 2003]

4.4. BANCADA DE TESTES IMPLEMENTADA

A bancada implementada para determinar a curva de eficiência instantânea é mostrada na figura 4.3 Trata-se de um equipamento que permite manter constantes a temperatura de entrada e a vazão durante o período requerido para a medição. A fixação do coletor é garantida por uma estrutura metálica que pode manter-se em diferentes ângulos de inclinação em relação à horizontal. A temperatura de entrada da água no coletor pode ser ajustada entre 20°C e 100°C, com variação de 0,1°C. Para obtê-la, a água que sai do coletor é resfriada por meio de um trocador de calor (marca *Lab. Techn* - Modelo 10096) até que se alcance a temperatura desejada, para, então, ser reaquecida utilizando-se um aquecedor elétrico (marca *Ultra Thermostat MTA Kutesz*).

O aquecedor é regulado eletronicamente através das informações providas por um sensor de temperatura colocado em seu interior. A vazão de água através dos coletores, medida por um rotâmetro com sinal eletrônico, pode variar entre 9 e 144 l/h. A medição da irradiância global é realizada através de um piranômetro (marca *Kipp & Zonen* modelo CM11) instalado no plano do coletor.

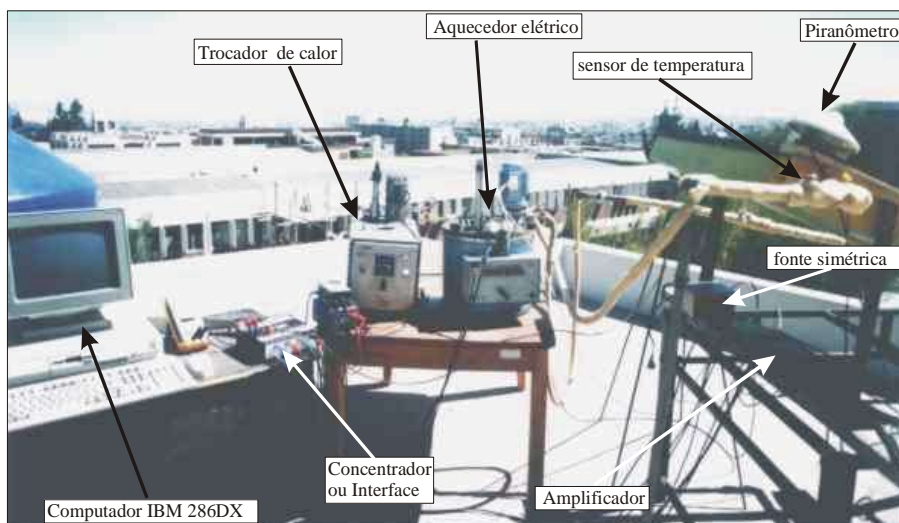


Figura 4.3. Bancada implementada para testes com coletores solares. [Foto: M. Salcedo, 2003]

A medição da velocidade de vento é feita por um anemômetro constituído de conchas de alta sensibilidade e boa precisão (2%), o qual permite medidas entre 0,3 e 10 m/s. As temperaturas são verificadas através de um sensor que utiliza o circuito integrado de precisão LM35.

A figura 4.4 mostra os sensores (a) de irradiância, (b) de temperatura ambiente e (c) de velocidade de vento utilizados na bancada implementada.



(a)



(b)



(c)

Figura 4.4. (a) Piranômetro *Kipp & Zonen* utilizado para medir a irradiância, (b) Sensor que utiliza o circuito integrado de precisão LM35 para monitorar a temperatura ambiente, (c) Anemômetro utilizado para medir a velocidade de vento. [Foto: M. Salcedo, 2003]

4.5. SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

O diagrama esquemático do sistema de aquisição de dados está representado na figura 4.5. Alguns detalhes dos equipamentos adicionais empregados são mostrados na figura 4.6. O sistema é constituído por *hardware*, *software* e sensores apropriados (BANNISTER & WHITEHEAD, 1994).

O *hardware* é composto basicamente por uma fonte simétrica ± 12 V, um amplificador de sinal e um concentrador (*interface*). A fonte alimenta o amplificador e o rotâmetro. Os sinais de tensão fornecidos pelos sensores são lidos por uma placa de aquisição CIO-DAS08 de 12 bits, com 8 canais diferenciáveis incorporados a um computador IBM-286DX.

Um *software* especialmente desenvolvido em linguagem Turbo C para esse sistema (anexo III) controla simultaneamente o aquecimento e resfriamento do fluido portador de calor (SCHILDT, 1988). Os sinais fornecidos pelos sensores são convertidos pelo *software* em dados digitais por meio de coeficientes de calibração previamente determinados. As medidas são apresentadas em tempo real na forma de tabelas, ao mesmo tempo em que são enviadas para armazenamento no microcomputador. No anexo V mostra-se de que maneira os dados são registrados pelo sistema de aquisição em operação, tais como: os registros das temperaturas ambiente, temperatura de entrada e saída do coletor, a vazão e a irradiância ao longo do tempo.

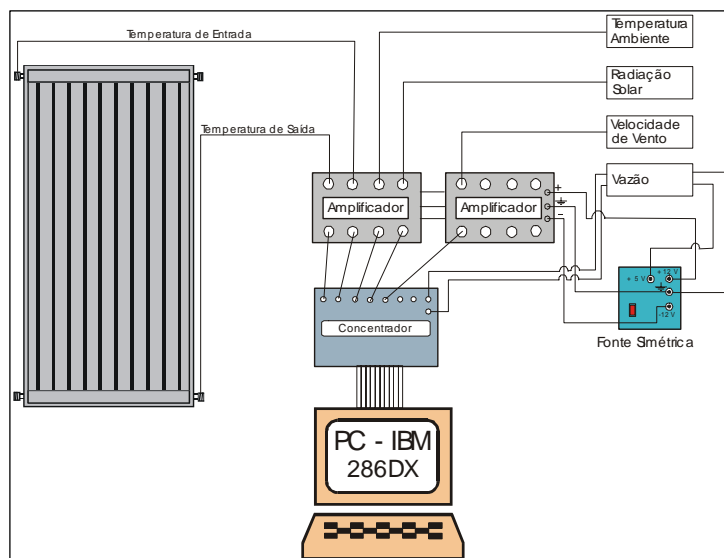


Figura 4.5. Sistema montado para a aquisição de dados.

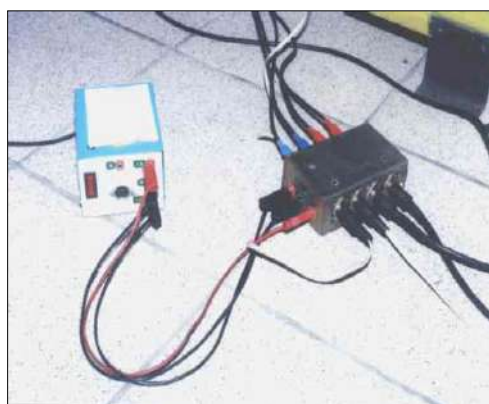


Figura 4.6. Fonte simétrica e amplificador de sinal. [Foto: M. Salcedo, 2003]

4.6. DESCRIÇÃO DO COLETOR ANALISADO

O coletor utilizado nos testes é o típico coletor de placa plana para aquecimento de água. Entretanto, este coletor não é utilizado amplamente em Arequipa. O mesmo possui as seguintes características:

- caixa de alumínio de 131 x 91 x 10 cm,
- serpentina com 7 tubos de cobre de 1,27 cm de diâmetro com separação de 12 cm entre eles,
- placa coletora de cobre pintada com tinta preta fosca, separada por uma distância de 5 cm da cobertura de vidro, que tem 0,4 cm de espessura,
- isolante térmico de lã de vidro de 5 x 3 cm, usado na parte inferior e lateral do coletor.

A figura 4.7 apresenta um esquema do coletor com suas principais características dimensionais.

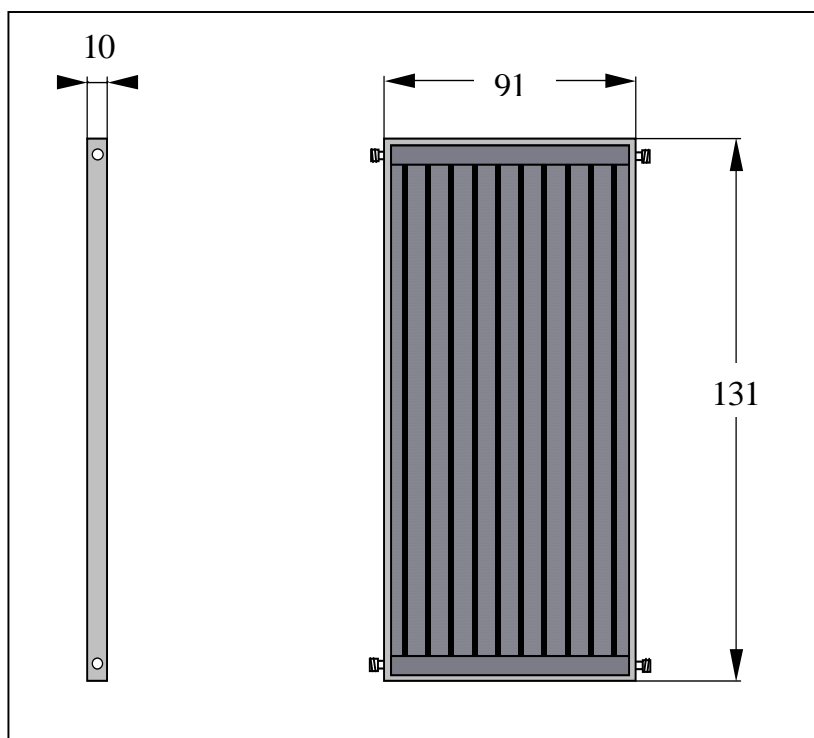


Figura 4.7. Características do coletor analisado.

4.7. DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉRMICA INSTANTÂNEA E DO PARÂMETRO F_{RU_L}

4.7.1. Determinação das coordenadas da curva de eficiência

Com o sistema em operação, espera-se o estabelecimento do regime quase permanente. Este procedimento é repetido para cada ponto, sendo apenas alteradas as temperaturas de entrada. Os testes para determinar os pontos das curvas foram realizados ao ar livre, ao longo de 20 dias selecionados dentre os mais adequados para este trabalho. O período escolhido compreendeu os meses de Junho e Julho de 2003, tendo sido selecionados 16 pontos no decorrer do mesmo.

As coordenadas da curva de eficiência térmica instantânea mostrada na figura 4.8 são calculadas utilizando a média aritmética dos valores dos parâmetros registrados pelo sistema de aquisição de dados implementado, com o auxílio das equações (4.1) e do parâmetro $(T_e - T_a)/G_T$.

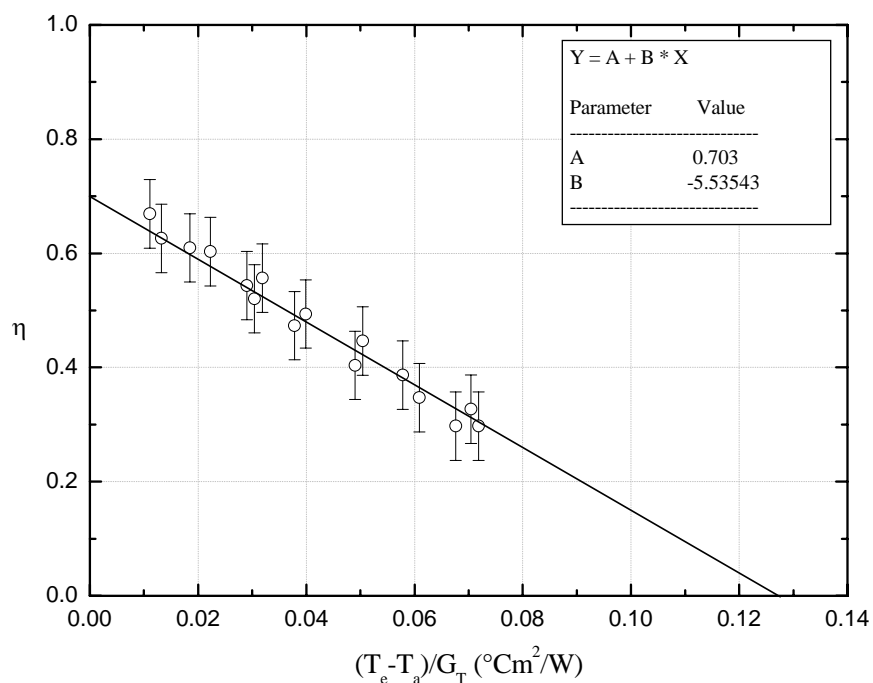


Figura 4.8. Curva de eficiência térmica instantânea do coletor em regime quase permanente.

Para o coletor foram utilizados: $A_C=1,192 \text{ m}^2$ e uma vazão média de $0,024 \text{ l/s}$. Não foi possível determinar mais pontos à temperaturas altas ($> 75^\circ\text{C}$) devido ao alcance de trabalho do rotâmetro. A representação gráfica das curvas de eficiência instantânea é obtida a partir do ajuste pelos mínimos quadrados a um polinômio de primeiro grau para cada um dos conjuntos de pontos. A partir da equação (4.2) foi obtida a seguinte equação:

$$\eta = 0,70 - 5,53 \frac{T_e - T_a}{G_T} \quad (4.4)$$

Onde $F_R(\tau\alpha) = 0,70$ representa a eficiência máxima do coletor e $F_R U_L = 5,53 \text{ Wm}^{-2}\text{C}^{-1}$ caracteriza as perdas térmicas. A figura 4.8 mostra uma distribuição típica de pontos para um coletor com uma única cobertura de vidro, utilizando a metodologia descrita anteriormente. Observa-se um afastamento dos pontos experimentais em relação a uma função linear, o qual se deve fundamentalmente às variações climáticas durante a realização da experiência.

4.7.2. Determinação do parâmetro $F_R U_L$: com vento natural e forçado

Para determinar o parâmetro $F_R U_L$ foram seguidas as normas da Comissão das Comunidades Europeias. As medidas em várias temperaturas na entrada do coletor determinam um número de pontos de referência, esperando-se com isto obter as condições de regime quase permanente. Estes parâmetros são estabelecidos quase da mesma forma com que se determinou a eficiência. Porém, neste procedimento deve-se considerar o seguinte: a) o sentido da vazão do líquido portador de calor deve se dar de cima para baixo do coletor; b) o experimento é realizado em local fechado, sem presença de radiação solar.

As primeiras medições foram realizadas com vento natural sobre o coletor. Posteriormente foi instalado na frente deste um ventilador, cujo fluxo de ar com velocidade de 4 m/s incide quase paralelamente ao coletor. Os ajustes lineares para os pontos testados são exibidos na figura 4.9.

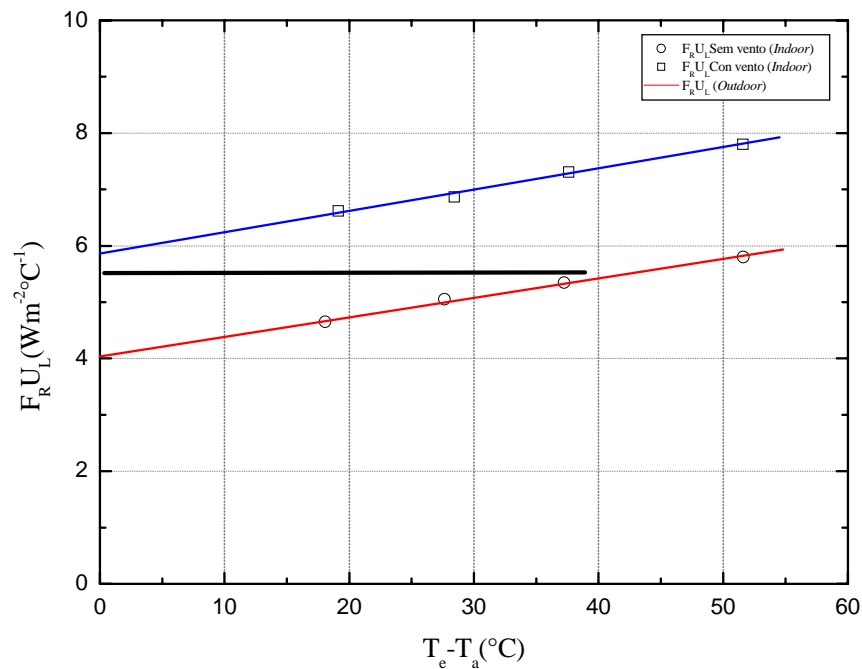


Figura 4.9. $F_R U_L$ em função de $(T_e - T_a)$, curva obtida em teste *indoor*

Pode-se notar que o coletor solar apresenta maiores perdas térmicas na condição de ventos forçados. Isto pode ser explicado pelo fato de ocorrer aumento na temperatura média do absorvedor. Da figura 4.9 pode-se observar que o valor de $F_R U_L$ obtido pelo método *outdoor* encontra-se dentro da região dos valores $F_R U_L$ obtidos atéveis do método *indoor*.

Como mencionado anteriormente, existem 26 empresas fabricantes de aquecedores solares na cidade de Arequipa. Portanto, considerando-se esse número e tendo em vista que o teste *outdoor* é concluído em tempo médio de quase um mês para cada equipamento solar, seria muito custoso e demorado atender toda a demanda de testes, caso houvesse uma forte adesão por parte de todos os fabricantes de coletores. Dessa forma, pode-se utilizar o ensaio *indoor* para realizar estudos do comportamento do coletor, exceto quando houver limitações para obtenção do produto da absorptância efetiva da placa (α) pela transmitância total da cobertura (τ), as quais poderiam ser determinadas, separadamente, em laboratórios que permitam determinar essas propriedades

físicas dos materiais. Por essa razão os testes *indoor*, realizados em tempo aproximado de 5 horas, seriam de extrema utilidade para o atendimento das necessidades de testes de coletores.

4.8. CÁLCULO DE INCERTEZAS DA CURVA DE EFICIÊNCIA TÉRMICA

A seguir, são determinadas as incertezas experimentais das grandezas envolvidas na medição da curva de eficiência do coletor solar térmico (ISO, 1996). Para tal, são analisadas as grandezas irradiância, vazão, temperatura ambiente, área do coletor, velocidade de vento e a diferença de temperatura do fluido na saída e na entrada do coletor, levando-se em consideração as incertezas decorrentes da instrumentação.

Os aparelhos e instrumentos utilizados para as análises realizadas neste trabalho permitem obter as seguintes grandezas com suas respectivas imprecisões:

- temperatura de entrada da água no coletor, $T_e, \pm 0,5$ [°C],
- diferença de temperatura entre a saída e a entrada do coletor, $(T_s - T_e), \pm 0,5$ [°C],
- vazão mássica do fluido no coletor, $\pm 1\%$ [l/s],
- temperatura ambiente, $T_a, \pm 0,5$ [°C],
- velocidade de vento, $V_w, \pm 2\%$ [m/s],
- irradiância global, $G_T, \pm 3\%$,
- área do coletor, $A_c, \pm 0,01$ [m²].

Cada ponto de ensaio na determinação da eficiência térmica será relacionado com sua respectiva incerteza, definida pela expressão:

$$\frac{\sigma_0}{\eta} = \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_1}{\dot{m}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_2}{T_e - T_s}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_3}{A_c}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_4}{G_T}\right)^2} \quad (4.5)$$

Onde σ é a incerteza da grandeza presente no respectivo denominador da fração. Obtém-se através desta expressão valores para o desvio padrão de cada ponto de eficiência menores que $\pm 0,06$.

No caso da variável T^* , para cada ponto usa-se a expressão:

$$\frac{\sigma_{T^*}}{T^*} = \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_{T^*_1}}{T_e - T_a}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{T^*_2}}{G_T}\right)^2} \quad (4.6)$$

$$\text{Onde } T^* = \frac{(T_e - T_a)}{G_T}$$

$\sigma_{T^*_1}$ e $\sigma_{T^*_2}$ são os desvios padrões respectivos das grandezas representadas nos denominadores, os resultados obtidos para σ_{T^*} são menores que ± 0.04 .

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES, CONTRIBUIÇÕES E SUGESTÕES

5.1. CONCLUSÕES

A análise dos resultados e as constatações verificadas durante o desenvolvimento da pesquisa, conduzem a algumas conclusões que merecem destaque:

- No território peruano o maior potencial solar encontra-se principalmente na costa sul. Outras zonas que registram alta incidência são a costa norte e grande parte da serra localizada acima 2.500 m de altitude. A selva é a região que apresenta os mais baixos valores de irradiação no território o que, no entanto, não é um indicativo para evitar o uso da tecnologia solar nessa região. Na região de Arequipa, a disponibilidade elevada do recurso solar, as baixas temperaturas e a aderência cultural na utilização da energia solar favorecem a disseminação do uso dos sistemas de aquecimento solar.
- O uso da energia solar térmica no Peru se limita ao aquecimento de água a baixa temperatura. Sendo muito conveniente para o consumo dos setores residencial, comercial e industrial. Destes, o setor residencial é o principal mercado, a curto e médio prazo, seguido pelo setor comercial.
- Os coletores solares planos fabricados na cidade de Arequipa são de diversos modelos e utilizam diversos materiais. Em sua grande maioria estes coletores são construídos com chapa plana, em aço de baixo teor de carbono ou ferro galvanizado e possuindo tubulação de cobre. Outros poucos modelos observados durante o trabalho de campo e que ainda

não estão no mercado, são construídos com chapas de cobre ou alumínio, ambos apresentando tubulação de cobre. Como as chapas funcionam como absorvedor, a ligação placa-tubo realiza-se a estampado com solda de ponto. Isto representa um detalhe importante que deve ser levado em conta no que diz respeito ao rendimento do coletor. Devido à variedade de materiais utilizados, fica difícil comparar o rendimento desses equipamentos e sua vida útil sem conhecermos detalhadamente sua montagem.

- Nos aquecedores solares, a maior parte dos custos é devido ao investimento inicial. Os custos de operação são baixos. A economia resultante, portanto, deve ser usada para pagar o investimento inicial. No caso de Arequipa a tecnologia de aquecedores solares é competitiva aos aquecedores convencionais. No entanto, muitas empresas mudam de nome ou simplesmente saem do mercado, ocasionando o abandono dos clientes e usuários. Com isso, a tecnologia pode não ser bem aceita. Devem ser criadas as condições necessárias para evitar que esse problema aconteça.
- A indústria fabricante de coletores solares de Arequipa, constituída inicialmente em sua grande maioria por pequenas empresas que fabricaram estruturas metálicas e pouca tradição no desenvolvimento tecnológico de coletores, tem tido dificuldades técnicas e financeiras para disseminar a tecnologia solar térmica. Na verdade, a indústria de aquecedores solares no Peru ainda é incipiente. A difusão da tecnologia solar térmica é prejudicada em grande medida pela falta de conhecimento do desempenho dos equipamentos por parte dos fabricantes.
- A ascensão da indústria de aquecedores solares depende do apoio do Estado. Isso deve ser feito através da aplicação de recursos para financiamento com juros baixos e incentivos econômicos. O objetivo deve estar dirigido de modo a fazer dos aquecedores solares uma opção economicamente atrativa para os usuários. Em contrapartida, a indústria deve ser receptiva ao apoio estatal, dando um passo no melhoramento da qualidade dos equipamentos, instalação e serviços.

5.2 CONTRIBUIÇÕES

- A bancada de testes e o método de teste *indoor* pode prestar um grande auxílio na evolução tecnológica dos coletores solares planos na cidade de Arequipa, pois o método sugerido permite obter rápidos resultados experimentais do desempenho dos aquecedores solares.
- Esta dissertação contribui para a divulgação da realidade da indústria de coletores solares em Arequipa. Como verificado através da pesquisa bibliográfica, pouco tem sido feito a respeito.

5.3 SUGESTÕES

- Realizar de maneira mais aprofundada um estudo de caráter sociológico - antropológico para determinar as causas da grande difusão dos aquecedores solares de água na cidade de Arequipa. Isso deve envolver distintos estratos sociais e, adicionalmente, a pesquisa pode contemplar uma avaliação dos impactos sociais e econômicos que a introdução desta tecnologia tem ocasionado.
- Utilizando os dados disponíveis na cidade de Arequipa, efetuar um estudo para determinar o quanto da potência instalada para produzir energia elétrica é poupada graças ao uso de aquecedores solares de água no lugar de chuveiros ou *boilers*.
- Avaliar a introdução de novos modelos de aquecedores solares, ainda que menos eficientes, porém mais baratos, visando a análise da relação custo-benefício que viabilize a instalação dos mesmos nas residências da população de baixa renda.
- Implementar um laboratório de testes de aquecedores solares e desenvolver as normas técnicas necessárias para realizar o controle de qualidade dando ênfase e incorporando ao método de teste *indoor* gradativamente como uma opção à norma NTP 370.400:2001, dada a dificuldade de aplicação imediata.

Anexo I

Questionário utilizado na pesquisa sobre usuários e fabricantes de aquecedores solares

a). FORMULÁRIO USUÁRIO

Número de formulário: _____

IDENTIFICAÇÃO DO USUÁRIO:

Empresa fabricante do aquecedor solar: _____

Nome do proprietário da casa: _____

Distrito: _____ Cidade: _____

1.- INFORMAÇÕES GERAIS

1) Por qual razão ou motivo adquiriu um aquecedor solar?

Poupar eletricidade

Reduzir a contaminação ambiental

Outros (especifique) _____

2) Como soube dos aquecedores solares e da possibilidade de instalar um em sua casa?

Publicidade do fabricante

Recomendou-me um amigo ou familiar

Meio de comunicação de massa (especifique) _____

Outro (especifique) _____

3) Há quanto tempo adquiriu seu aquecedor solar?

Anos: _____ Meses: _____

4) Número de residentes e idade.

Total de pessoas: _____

Idades: _____

2.- MECANISMOS DE AQUISIÇÃO

5) Adquiriu seu aquecedor solar com financiamento?

Sim Não Por quê? _____

Em caso afirmativo, sobre que condições o adquiriu? _____

3.- USO DE ÁGUA QUENTE

6) Quantas pessoas utilizam água quente do aquecedor solar para tomar banho?

_____ pessoas

7) Quantas pessoas tomam banho e em que horários? (Lembre-se que algumas pessoas tomam banho mais de uma vez por dia).

Manhã: _____ Horas _____ Pessoas

Tarde: _____ Horas _____ Pessoas

Noite: _____ Horas _____ Pessoas

Frequência do Banho: _____

8) Quanto dura o banho de cada pessoa? _____ Minutos

9) Por favor, indique outros usos da água quente em sua casa:

4. OPERAÇÃO

10) Seu aquecedor solar possui garantia?

Sim Não Não Sabe

11) Que combustível ou equipamento utiliza de reserva para aquecer água?

Aquecedor com gás LP

Aquecedor com Gás Natural

Equipamento Elétrico

Nenhum

Não sabe

12) Percebeu que poupou dinheiro utilizando o aquecedor solar?

Sim

Não

Não sabe

13) Em caso afirmativo, sabe de quanto é, aproximadamente, a economia mensal?

S/. _____ Nuevos Soles*

5.- GRAU DE SATISFAÇÃO DO USUÁRIO

14) Como avaliaria o serviço proporcionado por seu aquecedor solar?

Utilize uma escala de 1 a 10, com 1 para muito ruim e 10 para muito bom: _____

Por que qualifica desta maneira? _____

15) Recomenda o uso do aquecedor solar?

Sim

Não

Por quê? _____

Gostaria de fazer algum comentário adicional?

Sim

Não

Em caso afirmativo, especifique:

* A moeda peruana chama-se "Nuevos Soles" que em português seria "Novos Sois".

b). FORMULÁRIO FABRICANTES

IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA:

1) Empresa fabricante do aquecedor solar: _____

1.1) Capital Social: U\$/._____

1.2) Participação de Capital Nacional: _____ (%)

1.2.1) Acionistas Nacionais:

<u>Nome</u>	<u>%</u>	<u>Pessoa Física/Jurídica</u>
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

1.3) Participação de Capital Estrangeiro: _____ (%)

1.1.3) Acionistas Estrangeiros:

<u>Nome</u>	<u>%</u>	<u>Pessoa Física/Jurídica</u>
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

1.4) Início do Desenvolvimento das Atividades na Área Solar: _____

1.5) Número de funcionários total da empresa: _____

1.5.1) Funcionários que executam atividades na área solar: _____ (%)

2) Atividade que originou na área solar:

(metalurgia, fabricação de *boilers*, serviços para piscina, eletrônica, importadora de equipamentos, exportadora, outros)

2.1). Atividades desenvolvidas na área solar:

2.1.1) Fabricação de coletores:

- planos
- concentradores
- evacuados

2.1.1.1) Tipo:

(cobre/cobre, cobre/alumínio, cobre/ferro, cobre/aço, ferro/ferro, ferro/alumínio, alumínio/alumínio, plástico, outros)

2.1.1.2) Aplicação:

- aquecimento de água
- piscina
- outros (quais?) _____

2.1.1.3) Área coleta efetiva: _____ (metros quadrados)

Tipo de coletor: _____

2.1.1.4) Cobertura:

- vidro comum – 3, 4, 5, 6 mm
- vidro temperado – espessura: _____
- plástico com inibidor solar
- sem cobertura
- outros (quais?) _____

2.1.1.5) Temperatura de operação (máxima de equilíbrio): _____ °C

2.1.1.6) Energia média captada: _____ cal/m²

2.1.1.7) Eficiência: _____ (%) a temperatura de _____ °C

3) Órgãos governamentais que já manteve contato para propostas de desenvolvimento da área solar: (Quais?)

4) Órgãos em que houve colaboração: (Qual?)

5) Mercado existente (percentual):

- | | | |
|--|--|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> residencial | <input type="checkbox"/> comércio e serviços | <input type="checkbox"/> industrial |
| <input type="checkbox"/> hospital e creche | <input type="checkbox"/> hotel | <input type="checkbox"/> clube |
| <input type="checkbox"/> piscina residencial | <input type="checkbox"/> refeitório | <input type="checkbox"/> lavanderias |
| <input type="checkbox"/> escola e universidade | <input type="checkbox"/> quartéis | |
| <input type="checkbox"/> outros (quais?) _____ | | |

6) Vendas executadas em cada item da parte 5 (indique o percentual):

7) Dificuldades para o desenvolvimento:

- instalação

- () mão de obra
- () divulgação
- () normalização
- () incentivo governamental
- () desenvolvimento da tecnologia
- () importação
- () exportação
- () outros (Quais?) _____

8) Média de vendas:

8.1) Coletores: _____ m²/mês (anual)

8.2) Outros componentes e serviços: _____

Anexo II

Resultados da pesquisa sobre fabricantes e usuários de aquecedores solares

a) Principais Fabricantes - Características técnicas dos aquecedores solares

Empresa	Aplicação	Tipo de coletor	Área (m ²)	Tubulação - Placa coletora	Cobertura	Temperatura máxima atingida pelo coletor (°C)	Eficiência (%)
Empresa 1	Aquec. água	Plano	1,20	Cu-Aço	Vidro\4 mm	70	
Empresa 2	Aquec. água	Plano	0,90-1,20-2,00	Cu-Aço	Vidro\3-4 mm	65	80
Empresa 3	Aquec. água	Plano	0,95-1,45	Cu-Fe/Cu-Aço	Vidro\4 mm	60	
Empresa 4	Aquec. água	Plano	1,45	Cu-Aço	Vidro\4 mm	70	
Empresa 5	Aquec. água	Plano	0,92-1,44-1,92-2,88-3,84	Cu-Aço	Vidro\3-4 mm	65	
Empresa 6	Aquec. água	Plano	1,34-1,75	Cu-Aço	Vidro\4 mm	70	
Empresa 7	Aquec. água	Plano	1,35-1,80	Cu-Fe/Cu-Aço	Vidro\4 mm	70	
Empresa 8	Aquec. água	Plano	1,87	Cu-Fe/Cu-Aço	Vidro\4 mm	70	
Empresa 9	Aquec. água	Plano	0,90	Cu-Fe/Cu-Aço	Vidro\4 mm	70	
Empresa 10	Aquec. água	Plano	2,00	Cu-Fe/Fe-Fe	Vidro\3 mm	65	
Empresa 11	Aquec. água	Plano	0,90-1,40-1,90-2,80-3,80	Cu-Aço	Vidro\4 mm	65	
Empresa 12	Aquec. água	Plano	1,35	Cu-Fe/Cu-Aço	Vidro\3-4 mm	70	
Empresa 13	Aquec. água	Plano	0,90	Cu-Fe/Cu-Aço	Vidro\4 mm	65	
Empresa 14	Aquec. água	Plano	1,20	Cu-Aço	Vidro\4 mm	65	
Empresa 15	Aquec. água	Plano	1,20	Cu-Aço	Vidro\4 mm	65	
Empresa 16	Aquec. água	Plano	0,90	Cu-Fe/Cu-Aço	Vidro\4 mm	60	
Empresa 17	Aquec. água	Plano	1,00-2,00	Cu-Aço	Vidro\4 mm	70	
Empresa 18	Aquec. água	Plano	1,20	Cu-Aço	Vidro\4 mm	60	
Empresa 19	Aquec. água	Plano	0,90	Cu-Fe/Cu-Aço	Vidro\4 mm	65	
Empresa 20	Aquec. água	Plano	0,92-1,44-3,84	Cu-Aço	Vidro\4 mm	65	
Empresa 21	Aquec. água	Plano	1,20-2,00	Cu-Aço	Vidro\4 mm	70	

b) Principais Fabricantes - Características institucionais e comerciais

Empresa	Origem	Início das operações da empresa na área solar	Numero de Funcionários	Funcionários na área solar %	Serviços na área solar	Órgãos do governo ou instituições que manteve contato	Dificuldades
Empresa 1	Estrutura Metálica	1998	15	30	++/+++	PAE	D
Empresa 2	Solar	1980		6	+/+/+/+/+/+/+/+/+/+	PAE	B-D-E-F
Empresa 3	Estru. Metal. - Solar	2000	7	100	++/+/+/+/+/+/+/+/+/+/+	PAE	C-E
Empresa 4	Solar	2001	6	50	++/+/+/+/+/+/+/+/+/+/+		D
Empresa 5	Estru. Metal.	2000		50	+/+/+/+/+/+/+/+/+/+/+	PAE	A-B-D-E-F
Empresa 6	Estru. Metal.	2000	25	80	+/+/+/+/+/+/+/+/+/+/+		D
Empresa 7	Solar	1995	18	100	+/+/+/+/+/+/+/+/+/+/+	PAE, PUCP, UNI, UNSA	B-C-D-F
Empresa 8	Estru. Metal.	1999	4	100	++/+++		B-D-F
Empresa 9	Solar	1995	7	100	++/+++		A-B-D-E
Empresa 10	Estru. Metal.	1994	5	100	+		A-B-D-E-F
Empresa 11	Estru. Metal.	1985	3	100	+/+/+/+/+/+/+/+/+/+/+		A-B-D-F
Empresa 12	Prestação de serviço	2001	6	100	++		B-D-E
Empresa 13	Estru. Metal	1996	5	70	++/+/+/+/+/+/+/+/+/+/+		B-D-F
Empresa 14	Solar - Eólico	1995	10	80	++/+++		B-D-F
Empresa 15	Estru. Metal	1998	3	100	++/+++		D
Empresa 16	Solar	1999	5	100	++/+++		D-F
Empresa 17	Solar	2000	8	90	+/+/+/+/+/+/+/+/+/+/+		D-F
Empresa 18	Estru. Metal	1998	3	100	++/+++		D
Empresa 19	Solar	1997	5	90	++/+++		D
Empresa 20	Vidros	2001	2	100	++/+++		B-D
Empresa 21	Solar	1998	5	100	++/+++		B-D-F

- (1) ++++ Projeto ++ Assistência Técnica +++ Instalação + Consultoria
(2) PAE Programa de Economia de Energia PUCP Pontifícia Universidade Católica do Peru
UNI Universidade Nacional de Engenharia UNSA Universidade Nacional de San Agustín
(3) A Desenvolvimento de tecnologia B Divulgação C Exportação
D Incentivo governamental E Instalação F Normalização

c) Principais Fabricantes - Características de mercado

Empresa	Mercado previsto pelos fabricantes (%)	Vendas de coletores (m ² /mês)	Capital social (US\$)	Participação do capital nacional (%)
Empresa 1	R-95, H-5	7	20.000	100
Empresa 2	R-85, H-6, HS-2, P-1, EU-1, CS-2, Q-1, I-1, L-1	65		100
Empresa 3	R-80, H-20	18		100
Empresa 4	R-85, H-15	7		100
Empresa 5	R-70, H-20, I-8, HS-2	70		100
Empresa 6	R-90, H-10	60	100.000	100
Empresa 7	R-72, H-16, I-5, CS-5, CR-1	130	100.000	100
Empresa 8	R-100	4	5.000	100
Empresa 9	R-80, H-10, I-5, EU-5	5		100
Empresa 10	R-95, H-5	5		100
Empresa 11	R-90, H-10	9		100
Empresa 12	R-70, H-15, CS-15	3		100
Empresa 13	R-90, H-5	5		100
Empresa 14	R-100	15		100
Empresa 15	R-85, H-8, I-7	6		100
Empresa 16	R-100	4		100
Empresa 17	R-95, H-5	15		100
Empresa 18	R-100	3		100
Empresa 19	R-100	5		100
Empresa 20	R-100	4		100
Empresa 21	R-97, H-3	10		100

(1) R Residencial
 I Indústria
 Q Quartéis
 CR Comunidades Rurais

H Hotel
 P Piscina
 HS Hospital

CS Comércio e Serviços
 E Escola
 L Lavanderia

d) Usuários

- Frequência de banho: 3 a 4 vezes por semana.
- Tempo de banho: de 10 a 15 minutos.
- Horas de banho: 6 a 8 da manhã.
- Razão de usar um aquecedor solar: poupar eletricidade.
- Outro uso da água quente: cozinha e lavanderia.
- A economia mensal é de aproximadamente: S/. 30-50 Nuevos Soles (9-14 Dólares).
- Maior presença de aquecedores solares em bairros de maior poder econômico.
- O tipo de compra de maior predominância: à vista.
- Soube dos aquecedores solares e da possibilidade de instalar um em casa: por recomendação de um amigo ou familiar.
- Os aquecedores solares foram comprados com garantias de serviço de venda.
- Utilizam o chuveiro elétrico ou *boiler* como *back up*.
- A avaliação do aquecedor é boa.

Anexo III

Apresentação de Programa elaborado em Turbo C para Aquisição e Controle da Bancada de Testes

```
#include <stdio.h>
#include <dos.h>
#include <time.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include <bios.h>

#define I_ANALOGO_0 0x300 /* 4 bits LSB */
#define I_ANALOGO_1 0x301 /* 8 bits MSB */
#define I_DIGITAL 0x303
#define R_CONTROLE 0x302

#define T0 0x0 /* CANAL 0 termômetro T0*/
#define T1 0x1 /* CANAL 1 termômetro T1*/
#define T2 0x2 /* CANAL 2 termômetro T2*/
#define T3 0x3 /* CANAL 3 termômetro T3*/
#define T4 0x4 /* CANAL 4 termômetro T4*/
#define AM 0x5 /* CANAL 5 anemômetro AM*/
#define TM 0x6 /* CANAL 6 termômetro T5*/
#define S1 0x7 /* CANAL 7 Piranômetro */
```

```

float get_analogo(int canal);
int get_digital(int n_bit);
int control_temp(float temp_termistor, float temp_referencia);
int fundir(char LSB, char MSB);
float frequência( int n_delta_t,int t_muestreo, int el_bit);
int cam_unidades(float *vector);
int tempo(char *s);

/*****
/* os parâmetros de main:      */
/* 1: nome do arquivo de saída */
/* 2: numero de Iterações      */
float temp_ref=0.0, temp_tanque=100.0; /* variáveis globais  temperaturas de referencia*/
*****/

main(int argc, char *argv[])
{
float dato[9],*p,n_media_f,delta_f,delta_i;
FILE *fp, *f_digital;
register int i,j;
int itera=0, n_media=15;
char time[100];

n_media_f=(float)n_media;
clrscr();
if (argc != 4)
{printf("São 3 argumentos !!!\n");
printf(" 1: Arquivo de saída\n 2: Número de Iterações  3: T.referência\n");
return 0; }

if ((fp=fopen(argv[1],"w"))==NULL)

```

```

    { printf("Não se pode abrir o arquivo dados.dat \n");
      return 1;
    }
clrscr();
temp_ref=atof(argv[3]);
outportb(I_DIGITAL,0x0); /*coloca as saídas digitais a 0x00*/
/*control_temp(temp_tanque, temp_ref);*/
tempo(time);

printf("T0(ent) T1(sal) T2(amb) T3(pla) T4(vid) AM(m/s) T5(tan) S1(w/^m2) Flu(L/s)
Tmp\n");
fprintf(fp," %s \n", time);
fprintf(fp,"T0(entrada) T1(saída) T2(ambiente) T3(placa) T4(vidro) AM(K/h) T5(tanque)
S1(w/m^2) Fluxo(L/s) Time\n");

delta_i=(float)biostime(0,0);

while( itera < atoi(argv[2]) )
{ delta_f=biostime(0,0);
  dato[0]=0.0;dato[1]=0.0;dato[2]=0.0;dato[3]=0.0;dato[4]=0.0;
  dato[5]=0.0;dato[6]=0.0;dato[7]=0.0;dato[8]=0.0;

  for(j=0; j < n_media;j++)
  { p=dato;
    for(i=0;i<8;i++)
    { *p = *p+( ( get_analogo(i)*0.00244140625) - 5.0 );
      p++;
    }
    *p=*p+frequência(4000,5,1);
  }
}

```

```

    dato[0]=dato[0]/n_media_f;
    dato[1]=dato[1]/n_media_f;
    dato[2]=dato[2]/n_media_f;
    dato[3]=dato[3]/n_media_f;
    dato[4]=dato[4]/n_media_f;
    dato[5]=dato[5]/n_media_f;
    dato[6]=dato[6]/n_media_f;
    dato[7]=dato[7]/n_media_f;
    dato[8]=dato[8]/n_media_f;

    cam_unidades(dato); /*troca as unidades*/
    temp_tanque=dato[6];

    clrscr();
    printf("T0(ent) T1(sal) T2(amb) T3(pla) T4(vid) AM(m/s) T5(tan) S1(w/^m2) Flu(L/s)
    Tmp\n");
    for(i=0;i<9;i++)
    { printf("%1.3f ",dato[i]);
      fprintf(fp, "%f ",dato[i]);
    }

    printf("%1.0f\n", (delta_f-delta_i)/18.5);
    fprintf(fp,"%f \n", (delta_f-delta_i)/18.5);
    itera++;
}

fclose(fp);
return 0;
}

```

```

/*****

```

```

float get_analogo(int canal)
{ unsigned char lsb=0x0,msb=0x0;
  int dato;
  switch(canal) {
    case 0:
      outport(R_CONTROL,T0); /*T0*/
      break;
    case 1:
      outport(R_CONTROL,T1); /*T1*/
      break;
    case 2:
      outport(R_CONTROL,T2); /*T2*/
      break;
    case 3:
      outport(R_CONTROL,T3); /*T3*/
      break;
    case 4:
      outport(R_CONTROL,T4); /*T4*/
      break;
    case 5:
      outport(R_CONTROL,AM); /*AM*/
      break;
    case 6:
      outport(R_CONTROL,TM); /*TM*/
      break;
    case 7:
      outport(R_CONTROL,S1); /*S1*/
      break;
    default:
      outport(R_CONTROL,T0); /*T0*/
  }
}

```



```

control_temp(temp_tanque, temp_ref);
output(I_ANALOGO_1,0x1); /* ordena a conversão */
delay(50);          /* espera a conversão */
lsb=inportb(I_ANALOGO_0); /* byte menos significativo*/
msb=inportb(I_ANALOGO_1); /* byte mais significativo*/
dato= fundir(lsb,msb); /*printf("%x%x %x\n",msb,lsb, dato);*/

return (float)dato ;
}

/*****
int get_digital(int n_bit)
{ unsigned char palavra, estado;
  palavra=inportb(I_DIGITAL);
  switch(n_bit) {
    case 0:
      estado=palavra & 0x1;
      break;
    case 1:
      estado=palavra & 0x2;
      estado=estado>>1;
      break;
    case 2:
      estado=palavra & 0x4;
      estado=estado>>2;
      break;
    case 3:
      estado=palavra & 0x8;
      estado=estado>>3;
      break;
    case 4:

```

```

        estado=palavra & 0x10;
        estado=estado>>4;
        break;
    case 5:
        estado=palavra & 0x20;
        estado=estado>>5;
        break;
    case 6:
        estado=palavra & 0x40;
        estado=estado>>6;
        break;
    case 7:
        estado=palavra & 0x80;
        estado=estado>>7;
        break;
    default:
        estado=palavra & 0x1;
    }
    return (int)estado;
}

```

```

/*****

```

```

float frecuencia(int n_delta_t,int t_muestreo, int el_bit)

```

```

{register int i;

```

```

  unsigned int flanco_s=0,flanco_b=0,ofset_h=0,ofset_l=0,l,h,k=0,n_deltas_p;

```

```

  char *fluxo ;

```

```

  float T=0;

```

```

  flujo=malloc(n_delta_t);

```

```

  for (i=0;i<n_delta_t;i++)

```

```

    { flujo[i]=get_digital(el_bit);

```

```

    /*delay(t_muestreo);*/
}

for (i=0;i<n_delta_t;i++)
{ if (fluxo[i]==fluxo[i+1]) { ofset_h++;}
  else break;
}
for (i=n_delta_t-1;i>=0; i--)
{ if (fluxo[i]==fluxo[i-1]) { ofset_l++;}
  else break;
}
h=ofset_h+1; l=(n_delta_t)-(ofset_l+2);
/*printf("\n l=%d h=%d  ",l,h);*/

if(fluxo[h]==fluxo[l])
  { for(i=l;i>=h;i--)
    { if(fluxo[i]==fluxo[i-1])
      { k++; }
      else break;
    }
  }
l=l-k;

n_deltas_p= (n_delta_t-1)+h;

/* printf("l=%d\n",l); */
for (i=h;i<l;i++)
{
  if(fluxo[i]<fluxo[i+1]) { flanco_b++;}
  else if(fluxo[i]>fluxo[i+1]){ flanco_s++;}
  /*printf("%d",fluxo[i]);*/
}

```

```

    }
    if(flujo[h]==1)
        { T = (n_delta_t-n_deltas_p)/(flanco_s*26100.0);
        }
    else
        { T = (n_delta_t-n_deltas_p)/(flanco_b*26100.0);
        }

    free(flujo);
    return 1/T;
}

/*****/
int fundir(char LSB, char MSB)
{ unsigned short int M=0x0,R=0x0;
  unsigned char L=0x0;
  L=LSB & 0xF0;
  L=L>>4;
  M=MSB & 0xFF;
  M=M<<4;
  R=(M|L) & 0xFFF;

  return R;
}

/*****/

int control_temp(float temp_termistor, float temp_referencia)
{ if (temp_termistor < (temp_referencia) )
    { outputb(I_DIGITAL,0x1);
    }
}

```

```

else if (temp_termistor > temp_referencia)
    { outportb(I_DIGITAL,0x0);
    }
return 0;
}

/*****

int cam_unidades(float *vector)
{ float *p;
  p=vector;
  p[0]=-0.87876-23.67288*p[0]; /* T0  temperatura de entrada */
  p[1]=-0.71052-22.74547*p[1]; /* T1  temperatura de saída */
  p[2]=-4.61947-21.67955*p[2]; /* T2  temperatura do ar */
  p[3]=-0.21072-23.01978*p[3]; /* T3  temperatura da placa */
  p[4]=-3.98146-25.62876*p[4]; /* T4  temperatura do vidro */
  p[5]=-0.021452*p[5]; /* AM */
  p[6]=-0.62632-21.25671*p[6]; /* T5  temperatura do tanque */
  p[7]=((-p[7]/150.0)/(6.42/1000000.0) + 39); /* Radiômetro*/
  p[8]=(5.57273/10000)+(2.07734/10000)*p[8]; /*fluxo*/

  return 0;
}

int tempo(char *s)
    { struct tm *data_hora;
      time_t timer;
      time(&timer);
      data_hora=localtime(&timer);
      strcpy(s,asctime(data_hora));
      return 0;
    }

```

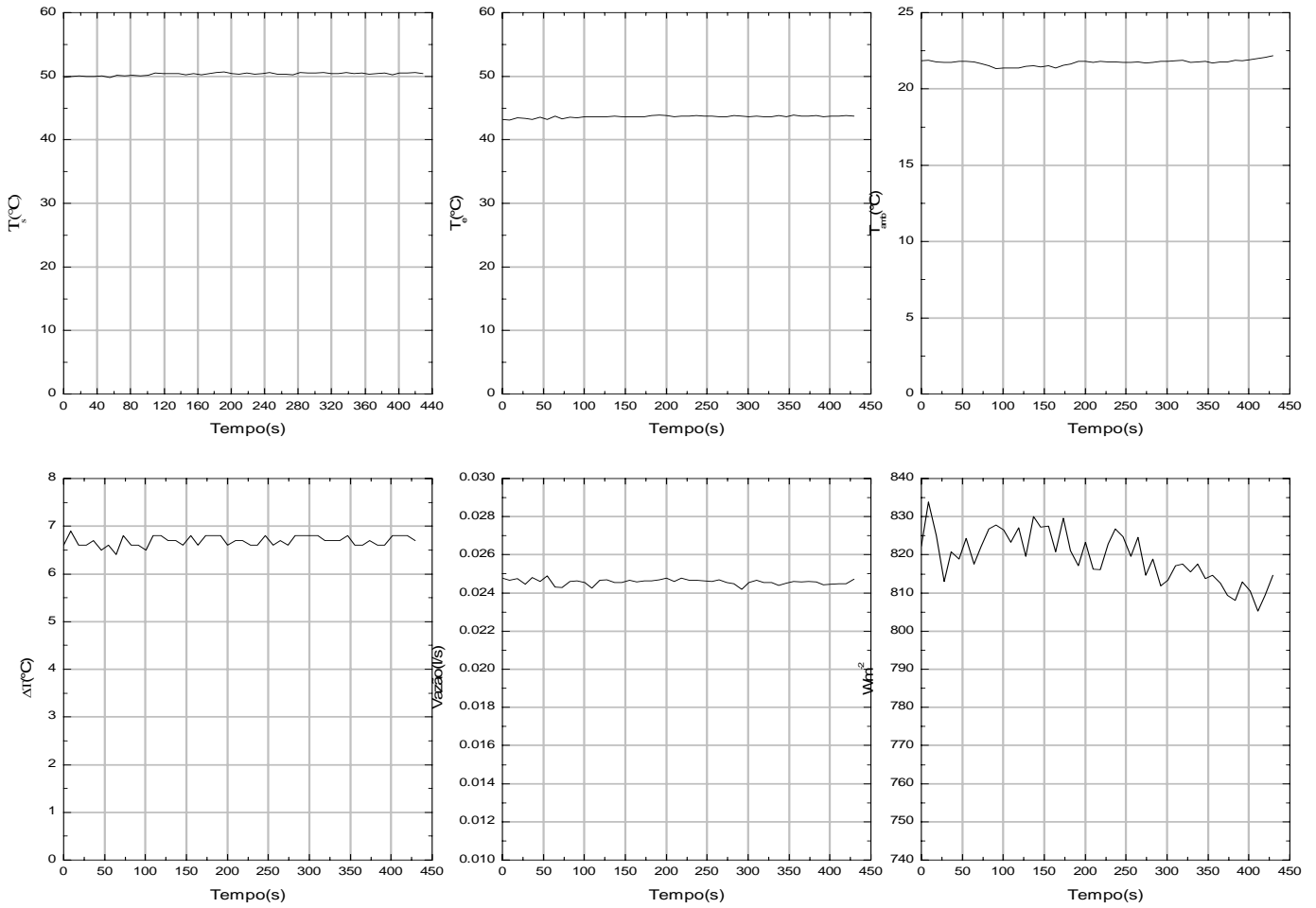
Anexo IV

Conta de energia eléctrica onde se mostra o consumo de una familia com aquecedor solar funcionando desde janeiro de 2004

<h1>SEAL</h1> <p>SOCIEDAD ELECTRICA DEL SUR OESTE S.A. Consuelo 310 - Arequipa Telf. (54) 881200 Fax: 881199 seal@sealperu.com RUC: 20-10018862-8</p>		Estado de Cuenta Nro. 07149887 Fecha Emisión 2004-06-17 Correspondiente al mes de: JUNIO 2004 Este Documento vence para su cancelación: 03 de JULIO del 2004																										
Cliente ALPACA DE BEDOYA TEOFILA Dirección LA UNION 118 SN MARTIN SOCABAYA		202965 Contrato																										
RUC	T.N. 220 V N.S.M. 420303																											
Cuenta	07-46-218000 Zonal 0 Localidad Arequipa																											
S.E.	06-03-2538 T.C. Monofásico Aerea																											
LECTURA Y CONSUMO Opción Tarifaria BT5 BR Residencial Potencia Contratada 0,6 kW Fecha Lectura 2004-05-13 Lectura Anterior 0010358 Lectura Actual 0010534 2004-06-14 Factor de Medición 1,0 CONSUMO 176 kWh		CONCEPTOS Cargo Fijo 1,89 Energía 176 kWh X S/.0.3296 58,01 Alumbrado Publico 7,70 IGV 12,96 Cargo por Reposición y Mantenimiento 0,63 En los Importes se considera el recargo por FOSE (S/.1.40)																										
Gráfica de Consumos <table border="1"> <caption>Gráfica de Consumos (kWh)</caption> <thead> <tr> <th>Mes</th> <th>Consumo (kWh)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Jul</td><td>225</td></tr> <tr><td>Ago</td><td>225</td></tr> <tr><td>Set</td><td>225</td></tr> <tr><td>Oct</td><td>225</td></tr> <tr><td>Nov</td><td>225</td></tr> <tr><td>Dic</td><td>225</td></tr> <tr><td>Ene</td><td>225</td></tr> <tr><td>Feb</td><td>200</td></tr> <tr><td>Mar</td><td>180</td></tr> <tr><td>Abr</td><td>170</td></tr> <tr><td>May</td><td>160</td></tr> <tr><td>Jun</td><td>170</td></tr> </tbody> </table>		Mes	Consumo (kWh)	Jul	225	Ago	225	Set	225	Oct	225	Nov	225	Dic	225	Ene	225	Feb	200	Mar	180	Abr	170	May	160	Jun	170	Total a Pagar S/. 81,19
Mes	Consumo (kWh)																											
Jul	225																											
Ago	225																											
Set	225																											
Oct	225																											
Nov	225																											
Dic	225																											
Ene	225																											
Feb	200																											
Mar	180																											
Abr	170																											
May	160																											
Jun	170																											
Sr. Cliente: Este Documento no es cancelable al mensajero. Si cancela su deuda por consumo en un centro de Atención Sectorial CAS, éste debe obligatoriamente entregarle, en forma inmediata, un nuevo documento emitido por el sistema, el cual será sellado y firmado, siendo el único comprobante válido por el pago realizado.																												
Estado de Cuenta a:	JUNIO 2004	SEAL																										
Cuenta Nro.	07-46-218000-202965	 02029650620046																										
Importe Total S/.	81,19																											
Vencimiento	2004-07-03																											

Anexo V

Apresentação dos dados registrados no sistema de aquisição.



Anexo VI

Norma Técnica Peruana de métodos de ensayo para determinar a eficiência de coletores solares, aprovada em 2001

Pág. 212214 **El Peruano** NORMAS LEGALES Lima, sábado 3 de noviembre de 2001

Que, el 21 de junio del 2000, la Comisión solicitó opinión a los Comités Técnicos de Normalización acerca de la vigencia de 584 Normas Técnicas Peruanas de su competencia, asimismo sometió a consulta pública en el Diario Oficial El Peruano, un total de 1 376 Normas Técnicas Peruanas y solicitó a los Gremios representativos opiniones acerca de la necesidad de mantener la vigencia de dichas normas técnicas dada su antigüedad.

Que, como resultado del Plan de Actualización, el 23 de enero, el 22 de marzo y el 20 de junio del 2001 mediante las Resoluciones N° 0004-2001/INDECOPI-CRT, N° 31-2001/INDECOPI-CRT y N° 081-2001/INDECOPI-CRT, respectivamente, la Comisión resolvió dejar sin efecto un total de 209 Normas Técnicas Peruanas:

Que, desde la aprobación de la Resolución N° 081-2001/INDECOPI-CRT a la fecha, la Comisión ha continuado recibiendo opiniones para mantener y derogar otras Normas Técnicas Peruanas, en mérito a ello y luego de la evaluación correspondiente, la Secretaría Técnica ha recomendado la derogatoria de 13 Normas Técnicas Peruanas:

Estando a lo recomendado por la Secretaría Técnica, de conformidad con la Ley de Organización y Funciones del Indecopi y el Reglamento de Elaboración y Aprobación de Normas Técnicas, la Comisión con el acuerdo unánime de sus miembros, reunidos en su sesión de fecha 25 de octubre del 2001:

RESUELVE:

DEJAR SIN EFECTO las siguientes Normas Técnicas Peruanas:

NTP 244.004:1985	COLCHONES DE RESORTES. Muestreo e inspección
NTP 244.008:1985	COLCHONES DE RESORTES. Métodos de ensayo
NTP 011.019:1973	FRUTAS. Toronjas
NTP 209.087:1981	GELATINAS. Determinación del anhídrido sulfuroso
NTP 209.089:1981	GELATINAS. Determinación de fierro
NTP 209.090:1981	GELATINAS. Mineralización por vía humedad
NTP 209.091:1981	GELATINAS. Determinación de arsénico
NTP 209.092:1981	GELATINAS. Determinación de cobre
NTP 209.093:1981	GELATINAS. Determinación de cenizas
NTP 209.181:1982	GELATINAS. Detección de Salmonella y Staphylococcus aureus
NTP 334.016:1970	CEMENTOS. Análisis químico. Disposiciones generales
NTP 334.043:1976	CEMENTOS. Cemento portland puzolánico. Clasificación y nomenclatura
NTP 392.001:1974	MONTURAS PARA ANTEOJOS. Medición. Sistema de caja

Regístrese y publíquese.

AUGUSTO RUILOBA ROSSEL
Presidente de la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales

33770

RESOLUCIÓN COMISIÓN DE REGLAMENTOS TÉCNICOS Y COMERCIALES N° 00126-2001/INDECOPI-CRT

Lima, 31 de octubre de 2001

CONSIDERANDO:

Que, conforme a lo establecido en el Artículo 26° del Decreto Ley N° 25868, Ley de Organización y Funciones del INDECOPI, modificado por el Decreto Legislativo N° 807, corresponde a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, en su calidad de Organismo Nacional de Normalización, aprobar las Normas Técnicas recomendadas para todos los sectores;

Que, las actividades de Normalización deben realizarse sobre la base del Código de Buena Conducta para la Adopción, Elaboración y Aprobación de Normas que figura como Anexo 3 del Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio de la OMC, que fuera incorporado a la legislación nacional mediante Resolución Legislativa N° 26407. Dicho Acuerdo viene siendo implementado por la Comisión a través del Sistema Peruano de Normalización, del cual forman parte el Reglamento de Elaboración y Aprobación de Normas Técnicas Peruanas y el Reglamento de Comités Técnicos de Normalización, aprobados mediante Resolución N° 0072-2000/INDECOPI-CRT, respectivamente;

Que, toda vez que las actividades de elaboración y actualización de Normas Técnicas Peruanas deben realizarse con la participación de representantes de todos los sectores involucrados: producción, consumo y técnico, constituidos en Comités Técnicos de Normalización, la Comisión conformó los siguientes Comités Técnicos de Normalización Permanentes: a) Productos Agroindustriales - Sub CTN de Café, b) Uso racional de energía y eficiencia energética, y c) Codificación e intercambio electrónico de datos - Edi, de acuerdo a lo dispuesto en el Reglamento de Comités Técnicos de Normalización antes señalado;

Que, los Comités Técnicos de Normalización indicados, presentaron Proyectos de Normas Técnicas Peruanas (PNTP) en las fechas siguientes:

1. Productos Agroindustriales - Sub CTN de Café, 1 PNTP, el 10 de mayo del 2001.
2. Uso racional de energía y eficiencia energética, 1 PNTP, el 12 de junio del 2001.
3. Codificación e intercambio electrónico de datos - EDI, 1 PNTP, el 12 de junio del 2001.

Estos Proyectos de Normas Técnicas Peruanas fueron elaborados de acuerdo al Reglamento de Elaboración y Aprobación de Normas Técnicas Peruanas mediante el Sistema Ordinario, y sometidos a Discusión Pública por un período de sesenta días calendario.

Que, el primer Proyecto de Norma Técnica Peruana, fue sometido a Discusión Pública, a partir del 19 de julio. Asimismo, el segundo y el tercer Proyecto de Norma Técnica Peruana fueron sometidos a Discusión Pública, a partir del 27 de agosto del año en curso;

Que, el primer Proyecto de Norma Técnica Peruana, recibió observaciones que fueron revisadas, evaluadas y aprobadas por el Comité Técnico, poniéndolo a consideración de la Comisión. Asimismo el segundo y tercer Proyectos de Normas Técnicas Peruanas no recibieron observaciones;

Luego de la evaluación correspondiente, la Secretaría Técnica de la Comisión recomendó la aprobación de los Proyectos de Normas Técnicas Peruanas, como Normas Técnicas Peruanas;

Estando a lo recomendado por la Secretaría Técnica, de conformidad con el Decreto Ley N° 25868, el Decreto Legislativo N° 807 y la Resolución N° 0072-2000/INDECOPI-CRT, la Comisión con el acuerdo unánime de sus miembros, reunidos en su sesión de fecha 31 de octubre del 2001:

RESUELVE:

Primero.- APROBAR como Normas Técnicas Peruanas, las siguientes:

NTP 209.027:2001	CAFÉ VERDE. Requisitos. 2ª Edición. Reemplaza a la NTP 209.027:1982 y a la NTP 209.032:1982
NTP 399.400:2001	COLECTORES SOLARES. Método de ensayo para determinar la eficiencia de los colectores solares. 1ª Edición.
NTP 821.086:2001	EDI Mensaje de aviso de crédito múltiple (CREMUL). 1ª Edición.

Segundo.- Dejar sin efecto las siguientes Normas Técnicas Peruanas:

NTP 209.027:1982	CAFÉ. Café en grano (verde u Oro)
NTP 209.032:1982	CAFÉ. Métodos de ensayo

Regístrese y publíquese.

AUGUSTO RUILOBA ROSSEL
Presidente de la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales

33771

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ASHRAE Standard 93-77 *Methods of testing to determine the Thermal Performance of solar Collector ASHRAE*, Ney York, N.Y, 1977.

BALDI, G. (1999) *Estado Actual de las Fuentes de Energía Nuevas y Renovables en el Grupo Andino*, JUNAC, Bogotá, Colômbia.

BANNISTER B. & WHITEHEAD D. (1994) *Instrumentación, Transductores e Interfaces*, Addison Wesley Iberoamerica, 1994.

BARGHINI, Alessandro (1996). *Manual para la realización de estudios sobre usos finales de electricidad estudio del mercado*, International Energy Initiative, São Paulo.

BEZERRA, Arnaldo (1990). *Aplicações práticas da energia solar: aquecedor de água, fogão, destilador, silo-secador de grãos*, Editora Nobel, São Paulo, Brasil.

BORGES, Thomaz & PEREIRA, José (2001). *SOLPET-Pré-Aquecedor solar de água de material reciclado e pequeno investimento para uso em casas populares*, Campinas, p. 7

BUSTAMANTE, Henry (2000). *Uso de la energía solar en el Perú*. Memorias del VIII Simposio Peruano de Energía Solar, Puno, Peru. pp. 22-24.

BUSTAMANTE, Henry (2002). *Uso de la energía solar en el Perú para generación de calor*. Revista Eficiencia, N° 3, pp. 27-32.

CALDERÓN, Hugo (2000). *Distribución y Análisis de la Incidencia de la Radiación Solar sobre el Territorio Peruano*. Memorias del VIII Simposio Peruano de Energía Solar, Puno, Peru. pp. 80-88.

CEC, 1980. Commission of the European Communities. *Recommendations for European Solar Collector Test Methods*. U.K.

CPC, (2003). Cámara Peruana de la Construcción. *Reglamento Nacional de Construcciones*, 5ta Edición, Lima, Peru.

DE SOTO, Hernando (1987). *El Otro Sendero*, Instituto Libertad y Democracia, Séptima Edición, Lima, Peru.

DREM-Arequipa, (2000). *Compendio estadístico de electricidad nacional y regional*, Dirección Regional de Energía y Minas de Arequipa.

DUFFIE, J.A. & BECKMAN, W.A. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley, Second edition, New York.

EVERETT, Roger (1966). *Elementos de Cambio Social: difusión de innovaciones*, Editora Tercer Mundo, Colômbia.

FLORES, Pedro (2001a). *Termas Solares en Arequipa*. Memorias del IX Simposio Peruano de Energía Solar. Arequipa, Peru. pp. 265 - 269.

FLORES, Pedro (2001b). *Radiación Solar en Arequipa*. Memorias del IX Simposio Peruano de Energía Solar. Arequipa, Peru. pp. 212 - 215.

FUSE, J. (1984). *Radiación Solar en Arequipa*. En Rolando Holmes, Recursos Naturales de Arequipa, UNSA, Arequipa.

GHERSI, Enrique (2001). *La Economía Informal en América Latina*. [on-line] disponible en <http://www.elcato.org/economia.htm>. accessed em [05/02/2004]

GUZMÁN, Juan (2001). *Sustitución de biomasa en procesos alternativos de tratamiento de ulexita*, Revista Energía y Desarrollo, N°19, pp. 30-36.

INDECOPI (2001). Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad. *Método de Ensayo para Determinar la Eficiencia de los Colectores Solares*. N.T.P. 399.400:2001, Lima, Peru.

ISO, (1996). International Organization for Standardization. *Guia para Expressão da Incerteza de Medição*, Brasil.

LA REPUBLICA (2004) Cuatro regiones del sur gozarán del gas. [on-line] disponible en <http://www3.larepublica.com.pe/2004/AGOSTO/pdf7/>. accessed em [09/08/2004]

LINTHORST, J.M. (1985). *Natural Convection Suppression in Solar Collector*. EFF, Holland.

MARTICORENA, Benjamin (1996). *El diagnostico de las energías solar y eólica en el Perú*. Memorias del VI Simposio Peruano de Energía Solar. Tacna, Peru. pp. 27 - 34.

MEINEL, A.B. (1982). *Aplicaciones de la Energía Solar*. Editorial Reverté, España.

MEM (2002). *Balance Nacional de Energia 2002 - Perú*, volume 1. Ministerio de Energía y Minas - Oficina Técnica de Energía.

MEM (1998). *Balance Nacional de Energia Útil 1998 - Perú*, Ministerio de Energía y Minas - Oficina Técnica de Energía, Lima, Peru.

MORANTE, Federico & ZILLES, Roberto (2001). *MÁS ALLÁ DE LAS LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN ¿MECHEROS O ENERGÍA SOLAR?: La introducción de la tecnología*

fotovoltaica en la Región Arequipa. Memorias del IX Simposio Peruano de Energía Solar, Arequipa, pp. 19-25.

NORTON, B. (1991). *Solar Water Heaters*. Inc; (Eds.). Solar Energy Thermal Technology, Springer-Verlag, London. pp. 161-189

NÚÑEZ, M. & CASTILLO, R. (1986). *Tecnología de las Fuentes de Energía Nuevas y Renovables: Desarrollo y Aplicaciones*, Lima, Peru.

OLIVEROS, Alfredo (1990). *Tecnología Energética y Desarrollo*. Primera edición, CONCYTEC, Lima, Peru.

RIVASPLATA, Cesar (1996). *Ahorro de energía en campamentos mineros*. Revista Ciencia y Técnica, N° 5, pp. 15-20.

SALVATIERRA, H. (2002). *El Futuro está en el Sol (calentadores solares)*. [on-line] disponible en <http://www.obrasweb.com>. acessada em [12/12/2003]

SCHILD, H. (1988). *Turbo C: Guía del Usuario*, Mcgraw, Mexico.

SCIF (1962). *Posibilidades de la utilización de la Energía Solar en el Perú*. Ministerio de Fomento y Obras Publicas - SCIF (Servicio Cooperativo Inter-Americano de Fomento).

SENAMHI (2003). *Atlas de Energía Solar del Perú*. Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales, Lima, Peru.

TARNAWIECKI, Donald & GIESECKE, Ricardo (1996). *La Promoción de la Comercialización de Energías Renovables en el Perú actual*. Memorias del VI Simposio Peruano de Energía Solar, Tacna, Peru. pp. 146-155.

UPME (2003). *Guía de especificaciones de sistemas de calentamiento de agua*. Unidad de Planeación Minero Energético, Bogotá, Colombia.

VÁSQUEZ, J.W. & LLOYD, P (1987). *Estimación de Energía Solar en el Perú*. Revista Energética, Organización Latinoamericana de Energía, Año 11, N°1-Abril 1987, pp. 43 - 66.

ZEITINGER, C. & MÜLLER W. (1987). *Experiencias y Perspectivas en el Uso de Pequeños Sistemas Solares*. IPC, Puno, Peru.

ZILLES, R. (1988). *Comparação Experimental de Testes de Coletores Solares planos com Simulador e com Radiação Solar*. Dissertação de Mestrado. Engenharia Mecânica - Escola de Engenharias da Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Publicação realizada durante o desenvolvimento da pesquisa

Salcedo M., Murilo F. (2003). *Banco de pruebas implementado en la región Arequipa para caracterizar la eficiencia instantánea de colectores solares planos*, X Simposio Peruano de Energía Solar, Seminario Internacional de Energías Renovables, Cusco, Peru.

Trabalho submetido ao X Congresso Brasileiro de Energia, X CBE, a ser realizado no Rio de Janeiro de 26 a 28 de Outubro de 2004

Salcedo M., Murilo F. (2004). *Aquecimento solar de água na cidade de Arequipa-Peru*, X Congresso Brasileiro de Energia, Rio de Janeiro, Brasil.