



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

“DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA LA PRODUCCIÓN DE QUESOS EN LAS COMUNIDADES: CHIMBORAZO, SANTA ISABEL- SAN JUAN-CHIMBORAZO”

TESIS DE GRADO

PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

ING. EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

PRESENTADO POR

GABRIEL FERNANDO LARREA LUZURIAGA

HENRY ALEXIS BAYAS LÓPEZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2011

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS por permitirme la vida para poder cursar mis estudios y a la exitosa culminación de mi carrera, a mis padres, por convertirse en el motor que siempre me han impulsado para ser mejor persona.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de manera especial a todos los docentes de la escuela de Ciencias Químicas que colaboraron directa e indirectamente para la culminación de mis estudios universitarios y el desarrollo de este trabajo de investigación

De manera especial al Dr. Celso Recalde por su valiosa colaboración y asesoramiento en la dirección de la presente Tesis.

Al Dr. Robert Cazar, Miembro del Tribunal de Tesis por el gran aporte brindado en la elaboración del trabajo.

Al Dr. Rigoberto Muños y a la Ing. Isabel Escudero Colaboradores de la presente Tesis, por el gran aporte brindado en la elaboración del trabajo.

GABRIEL L

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento, a Dios por darme la vida, a mis Padres por su gran apoyo y guía, y a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de manera especial a los Docentes de la Escuela de Ciencias Químicas de la carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental, quienes han sido los protagonistas de forjar en mi, valores que engrandecen al ser humano; de manera especial al Dr. Celso Recalde y al Dr. Rigoberto Muñoz quienes han sabido orientar la ejecución de esta investigación.

A la Ing. Isabel Escudero por su valiosa colaboración y asesoramiento en la parte estadística de la presente Tesis.

Al Dr. Robert Cazar, Miembro del Tribunal de Tesis por el gran aporte brindado en la elaboración del trabajo.

A todas las personas que colaboraron directa e indirectamente en la culminación de este trabajo de investigación.

HENRY B.

DEDICATORIA

A DIOS por brindarme la fortaleza para seguir siempre adelante, y a los seres más preciados y queridos de mi vida que me han apoyado de manera incondicional en la culminación de mi carrera superior como son mis padres y mis hermanos.

A todos aquellos amigos que supieron brindarme su apoyo y su amistad en todo el proceso de mi vida politécnica.

GABRIEL L.

DEDICATORIA

A mi padre celestial, el que me acompaña y siempre me levanta de mi continuo tropiezo.

A mis forjadores de mi camino, mis Padres que día a día lucharon por mi bienestar, en especial en los más duros momentos, me brindaron comprensión, paciencia y sobre todo por haber depositado toda su confianza en mí persona, a ustedes los amo.

A mi único Hermano con quien comparto las mismas ideologías y anhelos, eres la persona que más confío en el mundo.

A todos aquellos amigos universitarios, músicos y en general, que estuvieron presentes para brindarme su apoyo y su amistad en todo el proceso de mi vida politécnica.

HENRY B.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA LA PRODUCCIÓN DE QUESOS EN LAS COMUNIDADES: CHIMBORAZO, SANTA ISABEL- SAN JUAN-CHIMBORAZO”**, de responsabilidad del señor egresado Gabriel Fernando Larrea Luzuriaga ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dra. Yolanda Díaz
**DECANA DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS.**

Dr. José Vanegas
**DIRECTOR DE LE ESCUELA
DE CIENCIAS QUIMICAS**

Dr. Celso Recalde
DIRECTOR DE TESIS

Dr. Robert Cazar
MIEMBRO DE TRIBUNAL

Sr. Carlos Rodríguez
**DIRECTOR DPTO.
DE DOCUMENTACIÓN**

NOTA DE TESIS ESCRITA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA LA PRODUCCIÓN DE QUESOS EN LAS COMUNIDADES: CHIMBORAZO, SANTA ISABEL- SAN JUAN-CHIMBORAZO”**, de responsabilidad del señor egresado Henry Alexis Bayas López ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dra. Yolanda Díaz
**DECANA DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS.**

Dr. José Vanegas
**DIRECTOR DE LE ESCUELA
DE CIENCIAS QUIMICAS**

Dr. Celso Recalde
DIRECTOR DE TESIS

Dr. Robert Cazar
MIEMBRO DE TRIBUNAL

Sr. Carlos Rodríguez
**DIRECTOR DPTO.
DE DOCUMENTACIÓN**

NOTA DE TESIS ESCRITA

Yo, Gabriel Fernando Larrea Luzuriaga, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

GABRIEL FERNANDO LARREA LUZURIAGA

Yo, Henry Alexis Bayas López, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

HENRY ALEXIS BAYAS LÓPEZ

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	Área (m ²)
BTU	Unidad térmica Británica (1 BTU = 1055.06 J)
CDF	Climate and Development Fundación
CIEA	Centro de Investigación de Energía alternativa
CO ₂	Dióxido de Carbono
COMUNIDEC	Comunidades en Desarrollo en el Ecuador
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
EUR€	Euros
FEDETA	Federación Ecuatoriana de Tecnología Apropriada
Gls	Galones
GPL	Gas Licuado de Petróleo
h	hora
HCs	Hidrocarburos
INE	Instituto Nacional de Energía
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
J	Joule (0,239 caloría ó 9,48x 10 ⁻⁴ , BTU)
J/Kg °C	Joule por Kilogramo grado centígrado
J/mes	Joule por mes
J/s	Joule por segundo
K	Kilo (10 ³)
Kcal/h	Kilocalorías por hora
Kcal/Kg	Kilocalorías por Kilogramo
Kg	Kilogramo
Kg/cm ²	Kilogramo por centímetro cuadrado
Kg/h	Kilogramo por hora
Kg/lts	Kilogramo por litros
Kg/s	Kilogramo por segundo
KJ/kg	Kilo joule por Kilogramo
Km	Kilómetros
Km/s	Kilómetros por segundo
KW	Kilovatio
KW/m ²	Kilovatios por metro cuadrado
KWh	Kilovatio hora
KWh/m ²	Kilovatio hora por metro cuadrado
lts	litros
lts/día	litros por día
lts/mes	litros por mes
lts/s	litros por segundo
M	Mega (10 ⁶)

m	metros
m.s.n.m	metros sobre el nivel del mar
m ²	metros cuadrados
m ³	metros cúbicos
m ³ /s	metros cúbicos por segundo
min	minutos
MJ	Mega Joule
MJ/d*m ²	Mega Joule por día metros cuadrados
MJ/h	Mega Joule por hora
MJ/Kg	Mega Joule por kilogramo
MJ/m ²	Mega Joule por metros cuadrados
mm	milímetros
MW	Mega Vatios
N02	Dióxido de Nitrógeno
NO	Monóxido de Nitrógeno
ONG	Organismo no Gubernamental
PRC	Periodo de Recuperación
s	segundo
S02	Dióxido de Azufre
SENPLADES	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
UA	Unidad Astronómica
UNA	Universidad Nacional Agraria
US\$	Dólares USA
UV	Ultravioleta
W	Vatios (la medida de energía eléctrica)
W/m ²	Vatios por metro cuadrado
°C	Grados Centígrados
°T amb	Temperatura ambiente
%	Por ciento

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	3
OBJETIVOS	5

CAPITULO I

1. MARCO TEORICO.....	7
1.1. GENERALIDADES.....	7
1.2. LA ENERGÍA SOLAR EN EL ECUADOR Y EL MUNDO.....	8
1.3. LA RELACIÓN ENTRE EL SOL Y LA TIERRA.....	9
1.3.1. DISTANCIA SOL – TIERRA.....	10
1.3.2. ESTACIONES.....	11
1.3.3. DECLINACIÓN SOLAR.....	13
1.4. ENERGÍAS ALTERNATIVAS.....	15
1.5. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.....	16
1.5.1. APROVECHAMIENTO.....	17
1.5.1.1. Colectores de baja temperatura.....	19
1.5.1.2. Colectores de temperatura media.....	20
1.5.1.3. Colectores de alta temperatura.....	20
1.6. SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR PARA CALENTAMIENTO DE AGUA.....	21
1.6.1. FUNCIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR.....	21
1.6.1.1. Subsistema de Captación.....	23
1.6.1.2. Subsistema de Almacenamiento.....	25
1.6.1.3. Subsistema de Distribución.....	26

1.6.1.4.	Conexionado e Interconexionado de Colectores	
	Térmicos	29
1.7.	ELEMENTOS EXISTENTES EN UNA INSTALACIÓN	33
1.7.1.	ABSORBEDORES SOLARES.....	33
1.7.2.	CUBIERTA.....	34
1.7.3.	REFLECTORES SOLARES.....	34
1.7.4.	CARCASA.....	35
1.7.5.	JUNTAS.....	35
1.7.6.	FLUIDOS PARA COLECTORES SOLARES TÉRMICOS.....	35
1.7.7.	CIRCUITO DEL FLUIDO.....	36
1.7.8.	AISLAMIENTO.....	36
1.7.9.	VASO DE EXPANSIÓN.....	37
1.7.10.	PURGADORES.....	38
1.7.11.	VÁLVULAS.....	39
1.7.12.	BOMBAS.....	39
1.7.13.	APOYO ENERGÉTICO.....	39
1.7.14.	CONTROL.....	40
1.8.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR	41

CAPITULO II

2.	MATERIALES Y METODOS	44
2.1.	METODOLOGÍA	44
2.2.	MATERIALES	44
2.2.1.	APARATOS Y EQUIPOS.....	44
2.2.2.	SOFTWARE.....	45
2.3.	MÉTODOS	45
2.3.1.	TEMPERATURA AMBIENTE (Sensor de temperatura # 110S)....	46
2.3.2.	RADIACIÓN SOLAR (Li-Cor #LI-200SA Pyranometer).....	47
2.3.3.	TEMPERATURA (SPER SCIENTIFIC 800024).....	47
2.3.4.	MEDICIÓN DEL CAUDAL (Volumétrico).....	48

CAPITULO III

3. PARTE EXPERIMENTAL	50
3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE LA MICROEMPRESA SANTA ISABEL	50
3.1.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y POLÍTICO-ADMINISTRATIVA	50
3.1.2. DEFINICIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	51
3.1.3. ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN	51
3.1.4. PROCESO DE PASTEURIZACIÓN	54
3.1.5. PROCESO DE CÁLCULO	55
3.1.5.1. Consumo Energético Actual	55
3.1.5.1.1. Calor Generado (GLP)	55
3.1.5.1.2. Calor Absorbido (Calor útil por el Agua)	56
3.1.5.1.3. Eficiencia de calor producida por GLP	57
3.1.5.1.4. Perdidas de Calor en el Sistema Actual (GLP)	57
3.1.5.1.5. Emisión de CO2 a la Atmosfera	58
3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE LA MICROEMPRESA CHIMBORAZO	59
3.2.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y POLÍTICO-ADMINISTRATIVA	59
3.2.2. DEFINICIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	60
3.2.3. ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN	60
3.2.4. PROCESO DE PASTEURIZACIÓN	63
3.2.5. PROCESO DE CÁLCULO	64
3.2.5.1. Consumo Energético Actual	64
3.2.5.1.1. Calor Generado (Diesel)	64
3.2.5.1.2. Calor Absorbido (Calor útil por el Agua)	65
3.2.5.1.3. Eficiencia de calor producida por Diesel	65
3.2.5.1.4. Perdidas de Calor en el Sistema Actual (Diesel)	66
3.2.5.1.5. Emisión de CO2 a la Atmosfera	66

3.2.5.1.6. Caracterización de los Contaminantes del Caldero.....	67
3.3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA ENERGETICO PROPUESTO.....	69
3.3.1. ESQUEMA DEL PROCESO DE CÁLCULO.....	69
3.3.1.1. Variables de Dimensionamiento del Proyecto.....	69
3.3.1.1.1. Necesidad o Demanda Energética.....	69
3.3.1.1.2. Recurso Energético Disponible.....	73
3.3.1.2. Calculo del Área Necesaria para los Colectores.....	79
3.3.1.2.1. Calculo de los m ² Necesarios.....	79
3.3.1.2.2. Calculo de Paneles Solares Necesarios.....	80
3.3.1.2.3. Calculo de los m ² a Instalar.....	80
3.3.2. SISTEMA AUXILIAR.....	81

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y PROPUESTA DEL PROYECTO.....	84
4.1. RESULTADOS.....	84
4.1.1. CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	86
4.1.2. EMISIÓN DE CO ₂ POR LOS CALENTADORES.....	87
4.2. PROPUESTA DEL PROYECTO.....	89
4.2.1. MICROEMPRESA SANTA ISABEL, QUESERA QUESO FRESCO.....	89
4.2.1.1. Diseño del Sistema de Captación.....	89
4.2.1.2. Diseño del Sistema de Acumulación.....	90
4.2.1.3. Diseño del Circuito Hidráulico.....	92
4.2.1.3.1. Circuito Primario.....	92
4.2.1.3.2. Circuito Secundario.....	93
4.2.1.4. Accesorios Hidráulicos.....	95
4.2.1.4.1. Unidad de Control.....	95
4.2.2. MICROEMPRESA CHIMBORAZO, QUESERA EL NEVADITO.....	96
4.2.2.1. Diseño del Sistema de Captación.....	96

4.2.2.2.	Diseño del Sistema de Acumulación	97
4.2.2.3.	Diseño del Circuito Hidráulico	99
4.2.2.3.1.	Circuito Primario	99
4.2.2.3.2.	Circuito Secundario	100
4.2.2.4.	Accesorios Hidráulicos	101
4.2.2.5.	Unidad de Control	101
4.3.	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA	102
4.3.1.	GENERALIDADES	102
4.3.2.	INVERSIÓN	102
4.3.3.	PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	104
4.3.3.1.	Quesera Santa Isabel “Queso Fresco”	104
4.3.3.2.	Quesera Chimborazo “El Nevadito”	105

CAPITULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
5.1.	CONCLUSIONES	108
5.2.	RECOMENDACIONES	110
	RESUMEN	111
	SUMARY	112
	BIBLIOGRAFIA	113
	ANEXOS	115

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.	ALANCE ENERGÉTICO EN LA BIOSFERA.....	10
FIGURA 2.	MOVIMIENTO DE LA TIERRA ALREDEDOR DEL SOL.....	11
FIGURA 3.	POSICIÓN TIERRA-SOL EN LOS EQUINOCCIOS Y SOLSTICIOS.....	12
FIGURA 4.	MAPA MUNDIAL DE LA RADIACIÓN PROMEDIO ANUAL EN KWh/m ² ÁREA HORIZONTAL.....	13
FIGURA 5.	ESFERA CELESTIAL QUE MUESTRA EL MOVIMIENTO, APARENTE DEL SOL Y LA DECLINACIÓN SOLAR.....	14
FIGURA 6.	APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS.....	18
FIGURA 7.	ELEMENTOS DE UN COLECTOR SOLAR PLANO.....	20
FIGURA 8.	SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO SOLAR.....	21
FIGURA 9.	ESQUEMA BÁSICO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR DE BAJA TEMPERATURA.....	23
FIGURA 10.	IMÁGENES DE UN CAPTADOR DE TUBOS PARALELO Y UN CAPTADOR DE SERPENTÍN.....	25
FIGURA 11.	ESQUEMAS DE UNA INSTALACIÓN DE CIRCUITO ABIERTO CIRCUITO CERRADO.....	27
FIGURA 12.	ESQUEMAS DE UNA INSTALACIÓN DE CIRCUITO CERRADO.....	28
FIGURA 13.	ESQUEMAS DE UNA INSTALACIÓN DE CIRCULACIÓN FORZADA.....	28
FIGURA 14.	ESQUEMAS DE UNA INSTALACIÓN DE CIRCULACIÓN NATURAL.....	29
FIGURA 15.	CONEXIONADO DE UN COLECTOR CON EL RESTO DEL SISTEMA.....	30
FIGURA 16.	INTERCONEXIONADO PARALELO CON RETORNO INVERTIDO.....	30
FIGURA 17.	INTERCONEXIONADO EN PARALELO CON TUBERÍA EXTERIOR Y RETORNO INVERTIDO.....	31

FIGURA 18. INTERCONEXIONADO EN PARALELO CON TUBERÍA EXTERIOR Y EQUILIBRADO CON VÁLVULAS.....	31
FIGURA 19. INTERCONEXIONADO EN SERIE.....	32
FIGURA 20. INTERCONEXIONADO PARALELO/SERIE. 2+2.....	32
FIGURA 21. ESQUEMA DE SISTEMA DE CALEFACCIÓN DE AGUA SOLAR TÍPICO.....	40
FIGURA 22. SENSOR DE TEMPERATURA # 110S.....	46
FIGURA 23. LI-COR #LI-200SA PYRANOMETER.....	47
FIGURA 24. UBICACIÓN Y ORIENTACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO.....	91
FIGURA 25. CIRCUITO PRIMARIO EN LA QUESERA QUESO FRESCO.....	92
FIGURA 26. CIRCUITO SECUNDARIO EN LA QUESERA QUESO FRESCO.....	94
FIGURA 27. UBICACIÓN Y ORIENTACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO.....	98
FIGURA 28. CIRCUITO PRIMARIO EN LA QUESERA EL NEVADITO.....	99
FIGURA 29. CIRCUITO SECUNDARIO EN LA QUESERA EL NEVADITO.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	CÁLCULO DEL CALOR GENERADO CON GLP EN EL DIA, MES Y AÑO	55
TABLA 2:	CÁLCULO DEL CALOR ABSORBIDO EN EL DIA, MES Y AÑO	56
TABLA 3.	EMISION DE CO2 ALA ATMOSFERA CON EL USO DE GLP AL DIA, MES Y AÑO	58
TABLA 4.	CÁLCULO DEL CALOR GENERADO CON DIESEL EN EL DIA, MES Y AÑO	64
TABLA 5.	CÁLCULO DEL CALOR ABSORBIDO EN EL DIA, MES Y AÑO	65
TABLA 6.	EMISION DE CO2 ALA ATMOSFERA CON EL USO DE DIESEL AL DIA, MES Y AÑO	67
TABLA 7.	VALORES CARACTERÍSTICOS DEL DIESEL	67
TABLA 8.	CÁLCULO DEL CAUDAL POR EL MÉTODO VOLUMÉTRICO EN LA QUESERA SANTA ISABEL	70
TABLA 9.	CÁLCULO DEL CAUDAL POR EL MÉTODO VOLUMÉTRICO EN LA QUESERA DE CHIMBORAZO	70
TABLA 10.	VOLUMEN DE AGUA NECESARIA EN EL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN EN LA QUESERA SANTA ISABEL Y CHIMBORAZO	70
TABLA 11.	CONSUMO DE AGUA NECESARIA EN EL PROCESO DE PASTEURIZACION DIARIA Y MENSUAL	71
TABLA 12.	CONSUMO DE ENERGIA NECESARIA MENSUAL EN EL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN	71
TABLA 13.	CALOR ABSORBIDO POR EL AGUA EN EL PROCESO DE PASTEURIZACION AL 100% EN EL DIA, MES Y AÑO	71
TABLA 14.	CALOR ABSORBIDO POR EL AGUA CON UN 85% A CUBRIR EN EL PROCESO DE PASTEURIZACION EN EL DIA, MES Y AÑO	72
TABLA 15.	DATOS DE LA TEMPERATURA MEDIA AMBIENTE DIARIA EN LOS AÑOS 2007- 2010	72

TABLA 16.	DATOS DE LA TEMPERATURA MEDIA AMBIENTE MENSUAL EN LOS AÑOS 2007- 2010.....	73
TABLA 17.	DATOS DE LA RADIACION MEDIA ANUAL EN LOS AÑOS 2007- 2010.....	74
TABLA 18.	INTENSIDAD MEDIA SOLAR DIARIA EN LOS AÑOS 2007- 2010	75
TABLA 19.	ENERGÍA MEDIA INCIDENTE SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL POR METRO CUADRADO.....	76
TABLA 20.	CALCULO DE LA ENERGÍA INCIDENTE.....	77
TABLA 21.	CALCULO DE LA INTENSIDAD.....	77
TABLA 22.	CALCULO MENSUAL DEL RENDIMIENTO DE LOS COLECTORES.....	78
TABLA 23.	CALCULO MENSUAL DE LA ENERGIA APORTADA DE LOS COLECTORES.....	79
TABLA 24.	CALCULO CORRECCIÓN DE LA APORTACIÓN.....	79
TABLA 25.	CALCULO CORRECCIÓN DE LA APORTACIÓN MENSUAL.....	79
TABLA 26.	CONSUMO DE GLP Y EMISIONES DE CO2 A LA ATMOSFERA AL DIA, MES Y AÑO CON EL SISTEMA AUXILIAR.....	82
TABLA 27.	CONSUMO DE DIESEL Y EMISIONES DE CO2 A LA ATMOSFERA AL DIA, MES Y AÑO CON EL SISTEMA AUXILIAR.....	82
TABLA 28.	RESULTADOS EN EL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN ACTUAL.....	84
TABLA 29.	RESULTADOS DEL SISTEMA PROPUESTO.....	85
TABLA 30.	RESUMEN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE (GLP DE 15Kg).....	86
TABLA 31.	RESUMEN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE (DIESEL).....	87
TABLA 32.	RESUMEN DE LA EMISIÓN DE CO2 (GLP).....	87
TABLA 33.	RESUMEN DE LA EMISIÓN DE CO2 (DIESEL).....	88
TABLA 34.	RUBROS DEL SISTEMA PROPUESTO.....	103

TABLA 35.	INGRESOS ECONÓMICOS EN LA QUESERA SANTA ISABEL, QUESO FRESCO.....	104
TABLA 36.	RESUMEN DEL GASTO EN LA QUESERA SANTA ISABEL, QUESO FRESCO.....	104
TABLA 37.	INGRESO NETO ANUAL.....	104
TABLA 38.	INGRESOS ECONÓMICOS EN LA QUESERA CHIMBORAZO, EL NEVADITO.....	105
TABLA 39.	RESUMEN DEL GASTO EN LA QUESERA CHIMBORAZO, EL NEVADITO.....	105
TABLA 40.	INGRESO NETO ANUAL.....	105

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICA 1. TEMPERATURA AMBIENTE VS HORAS DE PRODUCCIÓN.....	73
GRAFICA 2. RADIACION SOLAR VS AÑOS.....	74
GRAFICA 3. INTENSIDAD SOLAR VS HORAS DE INSOLACIÓN.....	75
GRAFICA 4. RADIACION SOLAR VS MESES DE INSOLACIÓN.....	76

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1.	ESTACIÓN METEOROLÓGICA SYNPHONIE DATA RETRIEVER.....	46
FOTOGRAFÍA 2.	ESTACIÓN METEOROLÓGICA SYNPHONIE DATA RETRIEVER.....	46
FOTOGRAFÍA 3.	SENSOR DE TEMPERATURA SPER SCIENTIFIC 800024...	47
FOTOGRAFÍA 4.	MAGELLAN EXPLORIST XL- GPS.....	51
FOTOGRAFÍA 5.	PROCESO DE PASTEURIZACIÓN.....	54
FOTOGRAFÍA 6.	MAGELLAN EXPLORIST XL- GPS.....	60
FOTOGRAFÍA 7.	PROCESO DE PASTEURIZACIÓN.....	63
FOTOGRAFÍA 8.	UBICACIÓN DE LOS COLECTORES SOLARES.....	89
FOTOGRAFÍA 9.	UBICACIÓN DEL ACUMULADOR.....	90
FOTOGRAFÍA 10.	UBICACIÓN DE LOS COLECTORES SOLARES.....	96
FOTOGRAFÍA 11.	UBICACIÓN DEL ACUMULADOR.....	97

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

DIAGRAMA 1.	QUESERA SANTA ISABEL, QUESO FRESCO.....	53
DIAGRAMA 2.	QUESERA CHIMBORAZO, EL NEVADITO.....	62

INTRODUCCIÓN

La energía solar acompaña a nuestro planeta desde el inicio de los tiempos y seguirá haciéndolo durante varios miles de millones de años más. El sol se ha constituido en todas las épocas una fuente energética natural irremplazable para la humanidad porque gracias a su abundante y gratuito potencial energético, se puede tener aplicaciones variadas como: calentamiento de agua de uso domestico, generación de vapor, secado de productos, ambientación, climatización, obtención de temperaturas elevadas, pasteurización, etc. Que son aplicaciones que a diario se utilizan tanto en los sectores domésticos como industriales.

El primer diseño de un colector plano, similar al que conocemos actualmente, para aprovechar el calor solar fue concebido en la segunda mitad del siglo XVII por Horace de Saussure¹.

Actualmente se calcula que la Unión Europea había instalados 14 millones de m² de captadores solares (10.000 MW) a finales de 2004. Chipre; es el país es que más cantidad de energía solar térmica aporta por habitante en el mundo, con 431 kW por cada 1.000 habitantes. Más del 90% de los edificios construidos en Chipre están equipados con captadores solares térmicos. China es el país del mundo con más superficie de captadores solares instalados: 62 millones de metros cuadrados, lo que supone aproximadamente el 40% de los captadores instalados en el mundo. Hoy, 10 millones de familias disponen de agua caliente gracias al sol².

La producción de energía solar térmica, el proceso de calor y de servicio permite a la industria lechera lograr ahorros económicos significativos y principalmente reducir el impacto ambiental por el uso de combustibles fósiles como el petróleo, el gas y el carbón.

¹ Fuente: http://www.gasnatural.com/archivos/esp/Natural22_TecnologiaGNSolar.pdf, 2009

² Fuente: PEP PUIG, MARTA JOFRA. Energías renovables para todos; Madrid. España, 2003.

La Universidad de Lleida de España y la Universidad Nacional Agraria (UNA) de Nicaragua, impulsarán la ejecución de un proyecto de energía renovable, que incluye el diseño de un prototipo para la construcción de una planta que permita la pasteurización de la leche utilizando energía solar, con tecnología de fácil construcción, que se pueda adoptar e implementar en los sitios donde los productores tienen sus unidades de producción, utilizando para ello materiales locales³.

Ecuador posee un gran potencial en el campo de la energía solar debido a su posición geográfica que permite que los días y las noches sean prácticamente de 12 horas, cada uno. Sin embargo es aprovechada a pequeña escala, siendo muy poco fomentada en nuestro País.

Cabe destacar que el 70% de la producción lechera del Ecuador está distribuida en pequeños y medianos productores 1; separados por distancias relativamente grandes entre ellos y de los centros de consumo, existen pequeños centros de transformación que procesan entre 300 y 2000 litros de leche por día, que no cumplen con las condiciones técnicas para su funcionamiento 2; lo que eleva los precios en los procesos, siendo la energía uno de los rubros principales, al momento se emplea combustibles como: leña, diesel y gas, lo que ocasiona problemas de deforestación y su correspondiente aporte al consumo de combustibles sólidos.

La presente investigación pretende diseñar un sistema térmico solar en la producción artesanal de quesos en las comunidades de Santa Isabel y Chimborazo-San Juan, ambos sectores rurales donde el sistema para usar la energía solar en la pasteurización de la leche podrá ser factible y fácilmente adaptable al proceso actual, que no requiera de tecnología muy avanzada e implementar este sistema en la mayoría de queseras con las mismas características de proceso, disminuyendo el consumo de combustible fósil para dar paso a la fuente energética renovables gratuita, limpia e inagotable, conocida como energía verde.

³ Fuente: <http://energiasolarok.blogspot.com/2008/02/leche-pasteurizada-por-energia-solar-en.html>

JUSTIFICACIÓN

El calentamiento global, la disminución de la capa de ozono, el manejo del agua, entre otros problemas ambientales, han impulsado la búsqueda de nuevas tecnologías de producción limpia, donde los combustibles fósiles son una segunda o tercera opción por sus graves efectos ambientales y su impacto económico en los procesos productivos. El elevado precio del petróleo en el último año ha encarecido los procesos productivos, empeorando la crisis económica mundial.

Millones de toneladas por día de petróleo, gas y carbón son utilizados en el transporte, la industria y la calefacción, y los desechos de su combustión son arrojados a la atmósfera en forma de polvo, humo y gases. Estos gases, como el dióxido de carbono, son los responsables del efecto invernadero que provoca el aumento de la temperatura del planeta. De continuar esta situación, en algunas décadas la Tierra sufrirá un colapso climático que pondría en riesgo la vida de millones de personas.

La búsqueda e implementación de fuentes energéticas renovables a nivel global y regional se ha convertido en política de gobierno, es así que Ecuador a través de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) en el Plan de Desarrollo Nacional expresa que el fomento al desarrollo e implementación de fuentes renovables de energía es política de estado. En los planes de desarrollo local guardan coherencia con las tendencias y buscan mecanismos a fin de que estas tecnologías se socialicen y a futuro se masifiquen.

La región andina del Ecuador por sus condiciones meteorológicas es propicia para ganado vacuno de leche; en promedio desde 1988 hasta 2005 en esta región se ha producido el 73% de la producción nacional, siendo la superficie con pastos el 19.3 % de la total nacional⁴. El 56% son medianos productores y un 14% son pequeños productores, representando el 70% de los productores del grupo meta de esta propuesta.

⁴ Fuente: MAG/ Consejo Consultivo de Leche y derivados, pavasquez@mag.gov.ec

De los pequeños productores en su mayoría son campesinos indígenas, con ingresos menores a 100 dólares por familia al mes, que necesitan dar valor agregado a sus productos a fin de que sea competitivo y que se ajuste a las tendencias actuales de producción limpia y orgánica.

La principal actividad productiva de los campesinos de la sierra ecuatoriana es la de ganado de leche, presentando un importante nicho para la aplicación de energías alternativas; no sólo por la importancia económica y social de este sector sino también por ser un área de investigación innovadora que ha tenido poco apoyo por parte de los organismos públicos y privados responsables de su desarrollo.

La parroquia San Juan Provincia de Chimborazo, es una zona rural en donde se ha visto la necesidad de implementar un diseño alternativo que utilice energía solar en el proceso de pasteurización para la producción de quesos en las microempresas agroindustriales que sean rentables económicamente y viable para el ambiente, lo que significa que este producto puede llegar a niveles de mayor comercialización.

El proyecto tiene como propuesta utilizar materiales disponibles a nivel nacional o internacional, donde se pondrán a disposición especificaciones como el tipo de materiales que se pueden utilizar y dónde conseguirlos.

Esta parroquia no tiene la capacidad de autofinanciarse proyectos de desarrollo comunitario, sin embargo, gracias al apoyo del H. Consejo Provincial, COMUNIDEC y Climate and Development Fundación, (CDF) en convenio con la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se llevarán a cabo acciones productivas dentro de la comunidad.

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Diseñar un sistema solar térmico como alternativa energética para la producción de Quesos en las comunidades, Chimborazo y Santa Isabel, parroquia San Juan.

Objetivos Específicos:

- Simular el sistema térmico solar con el programa realizado en Excel por el Doctor Rigoberto Muñoz, Docente de la ESPOCH.
- Diseñar el sistema solar térmico con los datos obtenidos con el programa.
- Evaluar la viabilidad técnica y económica del uso de la energía solar térmica en la producción de quesos.

CAPITULO I

CAPITULO I

1. MARCO TEORICO

1.1. GENERALIDADES

“Declina, bello sol; poca atención te prestan-¡oh sagrado!-, ni te han reconocido, porque sin esfuerzo y silenciosamente sobre todos ellos, tan ocupados, te levantas.”.
HÖLDERLIN

Durante el presente año, el Sol arrojará sobre la Tierra cuatro mil veces más energía que la que vamos a consumir. No sería racional no intentar aprovechar, por todos los medios técnicamente posibles, esta fuente energética renovable gratuita, limpia e inagotable, conocida como energía verde, que puede liberarnos definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras o, simplemente, contaminantes. (1)

Como punto de partida debemos tener en cuenta que la luz es una de las formas que adopta la energía para trasladarse de un lugar a otro. En el caso del Sol, los rayos solares se propagan a través del espacio en forma de ondas electromagnéticas de energía. Este fenómeno físico, más conocido como radiación solar, es el responsable de que nuestro planeta reciba un aporte energético continuo de aproximadamente 1.367 W/m^2 . (2)

Un valor que recibe el nombre de constante solar y que, al cabo de un año, equivaldría a 20 veces la energía almacenada en todas las reservas de combustibles fósiles del mundo (petróleo, carbón...). (2)

La radiación solar tiene su origen en el Sol, que es una esfera gaseosa de 1 391 000 km de diámetro, una de las más de 135.000 millones de estrellas de la Vía Láctea. El Sol es un inmenso reactor de fusión termonuclear que quema cada segundo 600.000.000

toneladas de hidrógeno a 20 millones de grados Kelvin, La radiación que emite tarda algo más de 8 minutos en alcanzar nuestro planeta, a razón de 300.000km/s. De la radiación solar solo llega un 51.6% a la superficie de la tierra. Los restantes 48.4% se les pierde como reflexión (31%) y absorción (17.4%) en la capa de aire. La fuerza del sol se mide en kW/m² o por MJ/m² (Mega Joule). (3) (4)

El Sol está localizado a una distancia media de 150 millones de kilómetros respecto de la Tierra, distancia conocida como unidad astronómica (UA). (3)

Cualquier persona que quiera aprovechar la energía solar debe ser capaz de responder a la pregunta de qué cantidad de energía llega al lugar donde prevé realizar la captación, cada hora, cada mes, cada año o en promedio (horario, mensual, anual). Para ello es necesario comprender el movimiento relativo de la Tierra y el Sol. (3)

1.2. LA ENERGÍA SOLAR EN EL ECUADOR Y EL MUNDO

A todo nivel geográfico en países desarrollados como en los en vías de desarrollo, se utilizan fuentes alternas de energía y particularmente aplicaciones de la energía solar. (5)

Desde la época de los años 70's, en diferentes latitudes del mundo se empezó a diversificar el uso de la energía solar dentro del contexto energético mundial, es así como países del primer mundo (EE.UU, Alemania, Francia, Canadá, Rusia, China, Italia, otros) prestan gran atención al uso de la energía solar con fines térmicos y fotovoltaicos e introducen al uso de la energía solar con fines térmicos y fotovoltaicos e introducen importantes porcentajes de generación energética mediante esta fuente. (5)

Igualmente en países subdesarrollados y entre estos Ecuador también se hacen esfuerzos por investigar, adaptar y desarrollar fuentes alternativas de energía, particularmente en el calentamiento de agua de uso domestico, mediante esfuerzos aislados de profesionales, centros de investigación y desarrollo de energía renovables, las Escuelas Politécnicas y Universidades del País, desarrollan estudios variados relacionados con:

- Determinación del potencial solar en diferentes latitudes.
- Diseño de prototipos de colectores solares para calentamiento de agua de uso doméstico.
- Diseño y construcción de equipos solares.
- Funcionamiento de colectores solares planos para calentamiento de agua.
- Estudio sobre materiales para colectores solares planos.
- Instalaciones domesticas a baja escala.
- Comercialización de equipos de calentamiento de agua.
- Escalamiento de equipos solares.

Las Instituciones que han efectuado trabajos importantes en este aspecto son:

- Escuelas Politécnicas (EPN, ESPOL, ESPOCH, ESPE).
- Centros de Investigación y Desarrollo de Tecnologías: Ex INE (Instituto Nacional de Energía), Ex CIEA (Centro de Investigación de Energía alternativa).
- Federación Ecuatoriana de Tecnología Apropriada (FEDETA).
- Empresas privadas (SOLAARTEC, Instalcobre).
- Otros

Instituciones, y Empresas que han desarrollado modelos, prototipos y equipos de calentamiento de agua con energía solar, de variada condición tecnológica, costos y eficiencias, que han sido introducidos al medio con muchos inconvenientes, particularmente por la idiosincrasia de la gente, que procura servicios inmediatistas como el uso del agua caliente mediante electricidad y GL.P, que es aparentemente más barato y de uso inmediato. (5)

1.3. LA RELACIÓN ENTRE EL SOL Y LATIERRA

En la superficie terrestre la insolación diaria queda bastante alejada de los niveles extra-atmosféricos, por efecto de la absorción, la reflexión (efecto “albedo”) y la dispersión

de radiación por parte de las nubes y del resto de elementos químicos en suspensión que, además de recortar los niveles de radiación directa que llega a la Tierra la transforman en radiación difusa. Como ejemplo, en días soleados más del 90% de la radiación es directa, superando 1.000 W/m^2 a nivel de la superficie de la Tierra; en cambio, para días seminublados se reduce hasta 600 W/m^2 , en días nublados llega a 300 W/m^2 y en días con niebla se puede llegar hasta 100 W/m^2 . (3)

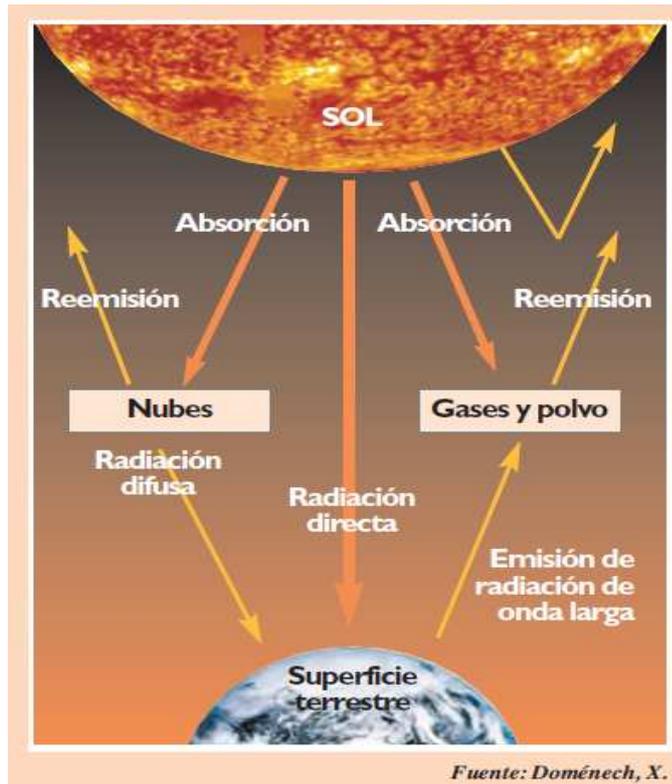


FIGURA 1. BALANCE ENERGÉTICO EN LA BIOSFERA

1.3.1. DISTANCIA SOL - TIERRA

La energía emitida por el Sol no llega a la Tierra de manera uniforme. Varía según la hora del día, según la inclinación estacional del globo terráqueo respecto del Sol, según las distintas zonas de la superficie terrestre, etc., debido a los movimientos de la Tierra y a la absorción de la radiación solar por parte de la atmósfera. (2)

La tierra describe una trayectoria elíptica alrededor del sol, con una distancia mínima de 0.983 UA y una máxima de 1.017 UA. (6)

La mínima distancia se alcanza hacia el 3 de enero (perigeo) y la máxima el 4 de julio (apogeo), y manteniéndose a la distancia media aproximadamente los días 4 de abril y 5 de octubre. Los datos son aproximados debido a las variaciones cíclicas que pueden provocar otros cuerpos celestiales. (3) (6)

En la figura 2, se muestra un esquema del movimiento de la tierra alrededor del sol, puede comprobarse como los solsticios y los equinoccios no corresponden con el perigeo, ni el apogeo o con los días de distancia media entre el sol y la tierra. (6) (7)

Para el hemisferio norte, el solsticio de verano es el día de mayor duración del día, (mayor número de horas sobre el horizonte del sol), y el solsticio de invierno es el de menor duración del día. Estos se dan el día 21 de junio y el 21 de diciembre respectivamente. (6) (7)

Los equinoccios son los días en los que el sol permanece igual número de horas sobre el horizonte que debajo de éste, (igual número de horas de día que de noche). Existen dos equinoccios, el de primavera que se produce el 21 de marzo y el de otoño que se produce el 21 de septiembre. (7)

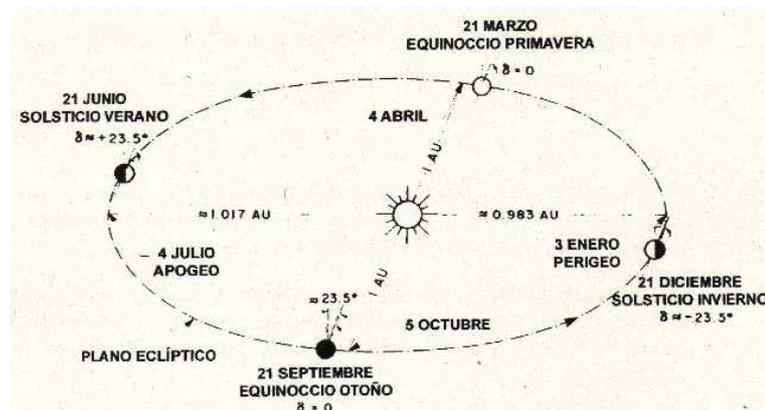


FIGURA 2. MOVIMIENTO DE LA TIERRA ALREDEDOR DEL SOL.

1.3.2. ESTACIONES

El eje perpendicular al eje de rotación de la Tierra está inclinado $23,45^\circ$ respecto al plano orbital marcado por la línea Tierra-Sol, con lo cual el eje que forman el Ecuador terrestre y el plano orbital varía a lo largo del año entre $+ 23,45^\circ$. Este ángulo es lo que conocemos como declinación, y da lugar a las distintas estaciones del año, ya que hace que los rayos del Sol incidan con mayor o menor ángulo sobre la superficie terrestre. (6)

La inclinación de este eje es la que provoca las estaciones, en la figura 3, se puede apreciar como para un mismo punto situado en el hemisferio norte, por ejemplo un punto correspondiente al Trópico de Cáncer, el 21 de junio la radiación solar incide perpendicularmente sobre la superficie de la tierra, mientras que para el 21 de diciembre incide con un ángulo de $66 \frac{1}{2}^\circ$. (6)

Esta diferencia de ángulos de incidencia provoca en el hemisferio norte que la radiación solar sobre la superficie de la tierra sea menor en invierno frente al verano, a pesar de estar más cerca el sol de la tierra en invierno. (6)

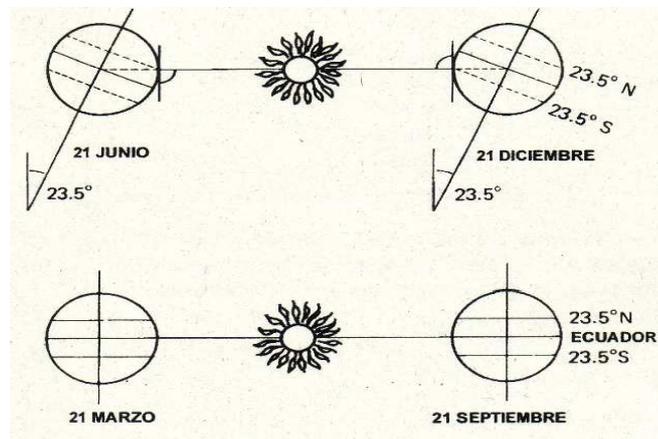


FIGURA 3. POSICIÓN TIERRA-SOL EN LOS EQUINOCIOS Y SOLSTICIOS

La mayor irradiación posible sobre una superficie horizontal, se produce en el verano del hemisferio sur, ya que se conjugan:

- el máximo acercamiento de la tierra al sol
- los ángulos de incidencia son los mayores.

Sin embargo la irradiación media anual es menor para el hemisferio sur, debido a que existen valores muy bajos de irradiación en invierno, (al producirse el máximo alejamiento y ser los ángulos de incidencia menores). (6)

Este mapa nos enseña que la mayoría de Centroamérica tiene un valor de 1950 kWh. Este valor dividido por 365 días nos da un valor promedio de 5.34 kWh diarios. En comparación los países centrales de Europa tienen un valor de 1100 kWh/m² los cuales son un 56% del sol en Centroamérica. (4)

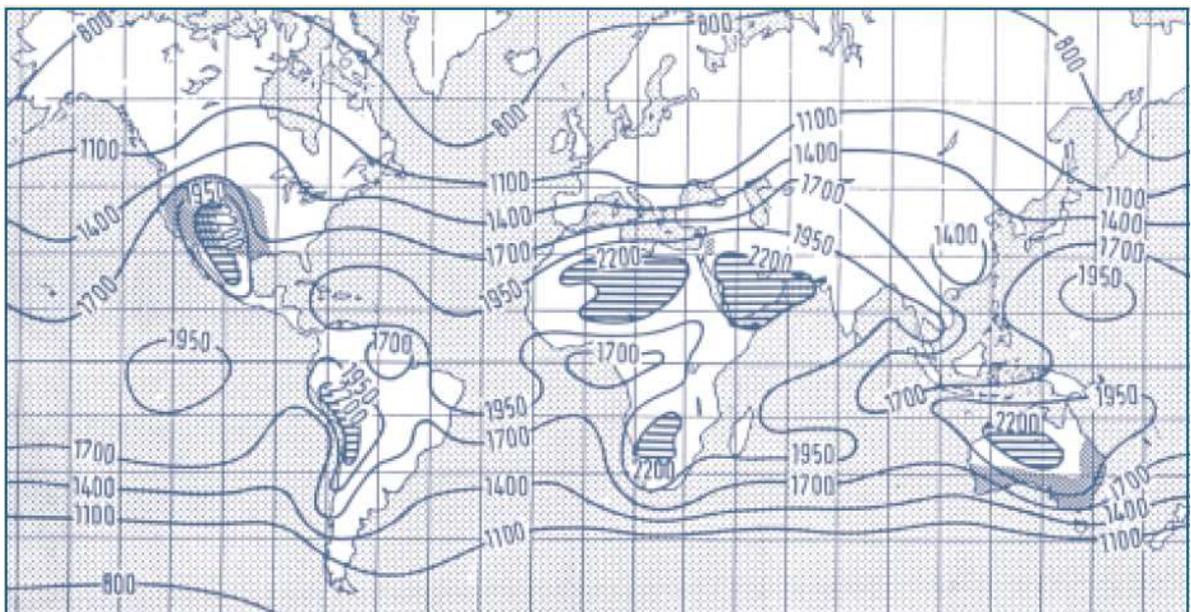


FIGURA 4. MAPA MUNDIAL DE LA RADIACIÓN PROMEDIO ANUAL EN KWh/m² ÁREA HORIZONTAL.

1.3.3. DECLINACIÓN SOLAR

El plano en el que se desplaza la tierra alrededor del sol se denomina plano eclíptico, en éste se desarrolla el movimiento cíclico anual (365 días). La tierra además realiza un movimiento de giro alrededor de un eje llamado eje polar, el cual está inclinado $23 \frac{1}{2}^{\circ}$ respecto al plano eclíptico. (6)

La rotación sobre el eje polar produce el ciclo diario (24 horas), variando a lo largo del año la duración del día y de la noche. (6)

El ángulo entre el eje y el plano, permanecen constantes a lo largo del año, al igual que el plano ecuatorial (plano perpendicular al eje polar y que pasa por el ecuador) respecto al plano eclíptico. Sin embargo el ángulo formado por la línea de unión imaginaria entre el sol y la tierra y el plano ecuatorial varía en cada instante, este ángulo se llama declinación solar (δ). (6)

La declinación solar es nula en los equinoccios, mientras que referida para el hemisferio norte es máxima en el solsticio de verano ($23 \frac{1}{2}^\circ$) y mínima en el solsticio de invierno ($-23 \frac{1}{2}^\circ$). (6)

En la figura 5, se representa la declinación solar utilizando una esfera celestia, en la que la tierra se sitúa en el centro y el sol es el que realiza la rotación alrededor de ésta (movimiento aparente visto desde la tierra). (6)

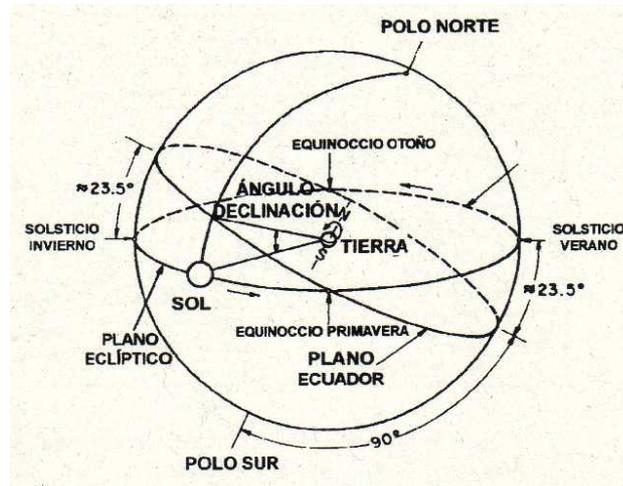


FIGURA 5. ESFERA CELESTIAL QUE MUESTRA EL MOVIMIENTO, APARENTE DEL SOL Y LA DECLINACIÓN SOLAR.

La declinación solar varía ligeramente a lo largo de los años, y para un mismo día del año pueden presentarse variaciones máximas de $\pm 10'$.

A lo largo de un día la declinación varía, ya que no sólo gira la tierra alrededor de su eje sino que se produce un pequeño movimiento de traslación (rotación alrededor del sol). El máximo valor diario de variación de la declinación solar es menor de $1/2^\circ$. Dado que esta variación diaria es tan pequeña, se suele considerar en los cálculos constante para un mismo día, introduciéndose un pequeño error al considerar esta, aproximación. (6)

1.4. ENERGÍAS ALTERNATIVAS

Una energía alternativa, o más precisamente una fuente de energía alternativa es aquella que puede suplir a las energías o fuentes energéticas actuales, ya sea por su menor efecto contaminante, o fundamentalmente por su posibilidad de renovación. (6)

El consumo de energía es uno de los grandes medidores del progreso y bienestar de una sociedad. El concepto de "crisis energética" aparece cuando las fuentes de energía de las que se abastece la sociedad se agotan. Un modelo económico como el actual, cuyo funcionamiento depende de un continuo crecimiento, exige también una demanda igualmente creciente de energía. Puesto que las fuentes de energía fósil y nuclear son finitas, es inevitable que en un determinado momento la demanda no pueda ser abastecida y todo el sistema colapse, salvo que se descubran y desarrollen otros nuevos métodos para obtener energía: éstas serían las energías alternativas. (6)

En conjunto con lo anterior se tiene también que el abuso de las energías convencionales actuales hoy día tales como el petróleo la combustión de carbón entre otras acarrear consigo problemas de agravación progresiva como la contaminación, el aumento de los gases invernadero y la perforación de la capa de ozono. (6)

En la actualidad se siguen buscando soluciones para resolver esta crisis inminente. Las energías renovables en las que se trabaja actualmente son:

- La energía eólica que es la energía cinética o de movimiento que contiene el viento, y que se capta por medio de aerogeneradores o molinos de viento.

- La energía hidráulica, consistente en la captación de la energía potencial de los saltos de agua, y que se realiza en centrales hidroeléctricas.
- La energía mareomotriz, que se obtiene de las mareas (de forma análoga a la hidroeléctrica).
- La undimotriz, a través de la energía de las olas.
- La energía solar, recolectada de forma directa en forma de calor a alta temperatura en centrales solares de distintas tipologías, o a baja temperatura mediante paneles solares domésticos, o bien en forma de electricidad utilizando el efecto fotoeléctrico mediante paneles fotovoltaicos.
- La energía geotérmica, producida al aprovechar el calor del subsuelo en las zonas donde ello es posible.
- La biomasa, por descomposición de residuos orgánicos, o bien por su quema directa como combustible.

La discusión energía alternativa/convencional no es una mera clasificación de las fuentes de energía, sino que representa un cambio que necesariamente tendrá que producirse durante este siglo. (6)

Es importante reseñar que las energías alternativas, aun siendo renovables, también son finitas, y como cualquier otro recurso natural tendrán un límite máximo de explotación. Por tanto, incluso aunque podamos realizar la transición a estas nuevas energías de forma suave y gradual, tampoco van a permitir continuar con el modelo económico actual basado en el crecimiento perpetuo.

1.5. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

La energía solar térmica o energía termosolar consiste en el aprovechamiento de la energía del sol para producir calor que puede aprovecharse para cocinar alimentos o para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción, o para producción de energía mecánica y a partir de ella, de energía eléctrica. (7)

Un colector solar transforma la energía solar incidente en otra forma de energía útil. Difiere de un intercambiador de calor convencional en que en éstos se realizan intercambios térmicos entre fluidos con elevados coeficientes de transferencia térmica, y en los que la radiación es un factor sin apenas importancia; en un colector solar, la transferencia térmica se realiza desde una fuente energética, (el sol), a un fluido, sin concentración de energía solar, por lo que el flujo incidente puede ser del orden de 1 kW/m^2 variable con una serie de parámetros. (8)

La gama de longitudes de onda que se aprovecha está comprendida entre 0,3 mm y 3,0 mm, que es una franja de radiación considerablemente más pequeña que la de la radiación emitida por la mayoría de las superficies que absorben energía. El análisis de los colectores solares implica problemas particulares de flujos de energía, bajos y variables, así como una gran relevancia de los fenómenos de radiación. En los colectores de placa plana, la superficie que absorbe la radiación solar es igual a la superficie que la capta. Se pueden diseñar colectores de placa plana para trabajar con temperaturas de placa absorbente comprendidas entre 40°C y 130°C . (8)

Estos colectores utilizan tanto la radiación solar directa como la difusa, no requieren de sistemas de seguimiento solar y prácticamente no precisan de mantenimiento. Sus aplicaciones van enfocadas a sistemas de calentamiento de agua, calefacción de edificios y aire acondicionado. (8)

El coste de la energía obtenida en un colector de placa plana depende del rendimiento térmico del sistema, de su vida media y de los costes de fabricación. De todas las formas de captación térmica de la energía solar, las que han adquirido un desarrollo comercial han sido los sistemas para su utilización a baja temperatura mediante colectores planos sin seguimiento solar. (8)

1.5.1. APROVECHAMIENTO

El aprovechamiento de la energía solar se puede llevar a cabo de dos formas: el aprovechamiento pasivo y el activo. (9)

El aprovechamiento pasivo de la energía solar no requiere ningún dispositivo para captarla. Por ejemplo, se usa en la arquitectura para sistemas de calefacción en climas fríos, a través de grandes ventanas orientadas hacia donde el sol emite sus rayos durante la mayor parte del día. Otras aplicaciones comunes son el secado de productos agrícolas y de ropa. (9)

Sin embargo, el uso o aprovechamiento activo ofrece soluciones más interesantes, pues ofrece alternativas para el uso de los recursos naturales que, comparadas con otras fuentes de energía, logran beneficios económicos sin deteriorar tales recursos. Los sistemas activos se basan en la captación de la radiación solar por medio de un elemento denominado “colector”. (9)

El aprovechamiento térmico de la energía solar se divide en tres áreas:

- Aprovechamiento de baja temperatura (menos de 90°C): aplicado para calentamiento de agua y preparación de alimentos.
- Aprovechamiento de mediana temperatura (menos de 300°C): para aplicaciones industriales.
- Aprovechamiento de alta temperatura (hasta 4.000°C): aplicado para la generación de electricidad. (9)

La aplicación de este tipo de energía está en función del nivel térmico alcanzado y del sector de consumo energético, tal y como se muestra en la figura 6:

	Baja T ^a	Media T ^a	Alta T ^a
Industrial	Calentamiento de fluidos	Producción de vapor Calentamiento de fluidos Refrigeración Desalinización de aguas	Producción de vapor
Doméstico y servicios	Agua caliente sanitaria Calefacción Climatización de piscinas	Acondicionamiento de aire	
Agrícola	Invernaderos Calentamiento de agua Secaderos		

FIGURA 6. APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS

1.5.1.1. Colectores de baja temperatura.

Proveen calor útil a temperaturas menores de 90° C mediante absorbedores metálicos o no metálicos para aplicaciones tales como calentamiento de piscinas, calentamiento doméstico de agua para baño y, en general, para todas aquellas actividades industriales en las que el calor de proceso no es mayor a 90° C, por ejemplo la pasteurización, el lavado textil, etc. (9) (10)

El colector solar plano es el aparato más representativo de la tecnología solar fototérmica. Su principal aplicación es en el calentamiento de agua para baño y albercas, aunque también se utiliza para secar productos agropecuarios mediante el calentamiento de aire y para destilar agua en comunidades rurales principalmente. (10)

Para la mayoría de los colectores solares se tienen dimensiones características. En términos generales la unidad básica consiste de un colector plano de 1.8 a 2.1 m² de superficie, conectado a un termotanque de almacenamiento de 150 a 200 litros de capacidad; a este sistema frecuentemente se le añaden algunos dispositivos termostáticos de control a fin de evitar congelamientos y pérdidas de calor durante la noche. Las unidades domésticas funcionan mediante el mecanismo de termosifón, es decir, mediante la circulación que se establece en el sistema debido a la diferencia de temperatura de las capas de líquido estratificadas en el tanque de almacenamiento. Para instalaciones industriales se emplean varios módulos conectados en arreglos serie-paralelo, según el caso, y se emplean bombas para establecer la circulación forzada. (10)

Está constituido básicamente por:

- 1.- Marco de aluminio anodizado.
- 2.- Cubierta de vidrio templado, bajo contenido en fierro.
- 3.- Placa absorbedora. Enrejado con aletas de cobre.
- 4.- Cabezales de alimentación y descarga de agua.
- 5.- Aislante, usualmente poliestireno, o unicel
- 6.- Caja del colector, galvanizada.

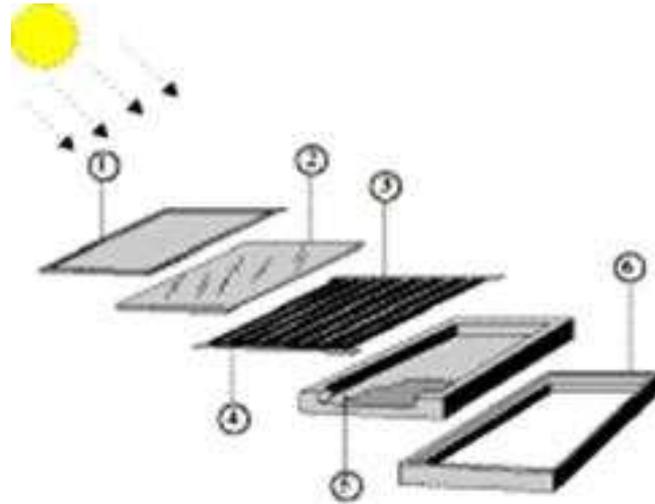


FIGURA 7. ELEMENTOS DE UN COLECTOR SOLAR PLANO

1.5.1.2. Colectores de temperatura media.

Son los dispositivos que concentran la radiación solar para entregar calor útil a mayor temperatura, usualmente entre los 100 y 300° C. En esta categoría se tienen a los concentradores estacionarios y a los canales parabólicos, todos ellos efectúan la concentración mediante espejos dirigidos hacia un receptor de menor tamaño. Tienen el inconveniente de trabajar solamente con la componente directa de la radiación solar por lo que su utilización queda restringida a zonas de alta insolación. (9) (10)

1.5.1.3. Colectores de alta temperatura.

Existen en tres tipos diferentes: los colectores de plato parabólico, la nueva generación de canal parabólico y los sistemas de torre central. Operan a temperaturas mayores a los 500° C y se usan para generar electricidad y transmitirla a la red eléctrica; en algunos países estos sistemas son operados por productores independientes y se instalan en regiones donde las posibilidades de días nublados son remotas. (9) (10)

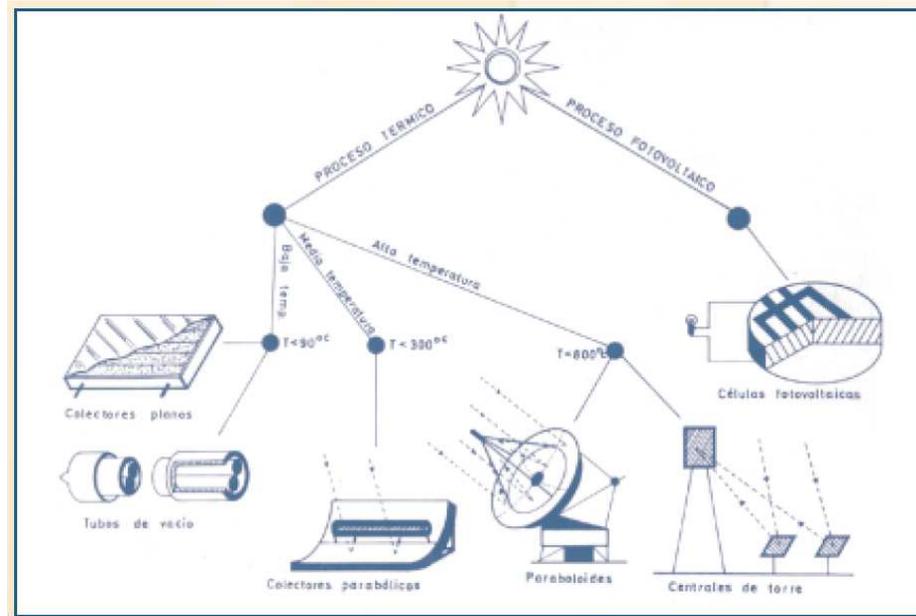


FIGURA 8. SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO SOLAR.

1.6. SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR PARA CALENTAMIENTO DE AGUA

1.6.1. FUNCIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR

El principio elemental en el que se fundamenta cualquier instalación solar térmica es el de aprovechar la energía del Sol mediante un conjunto de captadores y transferirla a un sistema de almacenamiento, que abastece el consumo cuando sea necesario. Este mecanismo tan sencillo al mismo tiempo que eficaz, resulta muy útil en múltiples aplicaciones, tanto en el ámbito doméstico como en el industrial. Baste con señalar algunas de ellas como el agua caliente para uso doméstico, el aporte de energía para instalaciones de calefacción, el calentamiento de agua para piscinas, o el precalentamiento de fluidos en distintos procesos industriales, para darnos cuenta del beneficio de esta energía para la humanidad. (2)

Así, la posibilidad de captar la energía del Sol desde el lugar que se necesita, junto con la capacidad de poder almacenarla durante el tiempo suficiente para disponer de ella cuando haga falta, es lo que hace que esta tecnología sea tan ampliamente aceptada en muchas partes del mundo. No en vano, la única contribución del hombre para

aprovechar esta fuente de energía es canalizar y retrasar el proceso natural que ocurre a cada instante en la superficie terrestre, por el que la radiación solar se convierte en energía térmica. (2)

El procedimiento actual que se lleva a cabo en cualquier instalación solar consiste en absorber la energía térmica contenida en los rayos solares. Una vez que el fluido que circula en el interior del captador se calienta, hay que evitar su enfriamiento a través de un aislamiento térmico lo más eficaz posible. También se puede, y es el caso más habitual, mantener el calor de una masa de agua por medio de un tanque de almacenamiento bien aislado. (2)

Cualquiera que sea el procedimiento utilizado, lo cierto es que se puede pensar en acumular cantidades importantes de energía durante largos periodos de tiempo (almacenamiento estacional). No obstante, los depósitos de almacenamiento terminan por perder la energía térmica conseguida a lo largo del tiempo, por lo que el funcionamiento de nuestra instalación también estará condicionado por la cantidad de radiación solar que llega hasta el captador y por la demanda de energía de cada momento. (2)

Generalmente se dimensiona para que la acumulación solar sea la demandada por los usuarios en un día. Para evitar posibles restricciones energéticas en aquellos periodos en los que no hay suficiente radiación y/o el consumo es superior a lo previsto, casi la totalidad de los sistemas de energía solar térmica cuentan con un aporte de energía extraordinario. En estas ocasiones, entrará automáticamente en funcionamiento un sistema de calentamiento auxiliar que permite compensar el déficit existente. Este sistema de apoyo utilizará los medios energéticos convencionales, como el gas, la electricidad el diesel etc. (2) (11)

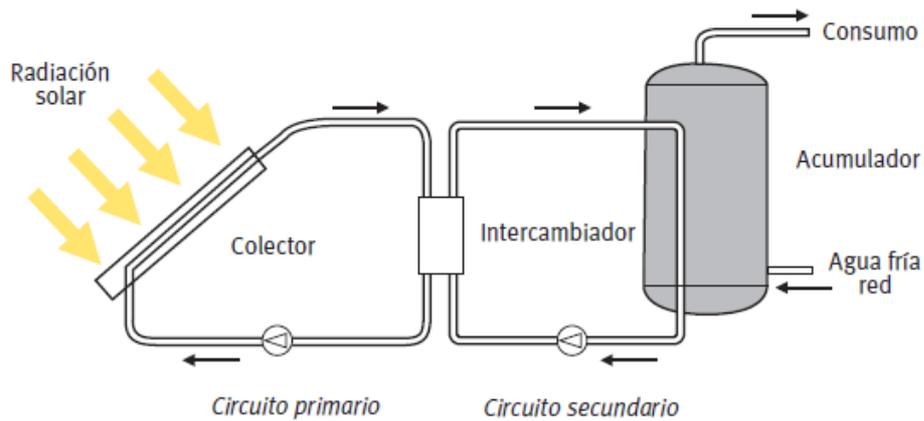


FIGURA 9. ESQUEMA BÁSICO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR DE BAJA TEMPERATURA

De todas las formas de captación térmica de la energía solar, las que han adquirido un desarrollo comercial han sido los sistemas para su utilización a baja temperatura mediante colectores planos sin seguimiento solar. (11)

El principio de funcionamiento es sencillo, se basa en la captación de la energía solar mediante un conjunto de colectores y su transferencia a un sistema de almacenamiento, que abastece el consumo cuando sea necesario. (2) (11)

Una instalación de energía solar térmica a baja temperatura se compone principalmente de tres subsistemas:

- Subsistema de captación
- Subsistema de almacenamiento
- Subsistema de distribución

1.6.1.1. Subsistema de Captación

El colector solar es el elemento encargado de captar la energía contenida en la radiación solar y transferirla al fluido a calentar. El tipo de colectores más extendido es el denominado colector solar plano, aunque existen distintos tipos de colectores, como son los colectores solares de vacío y los colectores cilíndrico-parabólicos. Otros elementos

de captación, provistos de sistemas concentradores de la radiación, sistemas de seguimiento, etc, se destinan a aplicaciones de media y alta temperatura. (11)

Los colectores solares planos destinados al calentamiento de agua pueden estar fabricados en distintos materiales (acero, cobre, aluminio, plásticos...) pero están basados siempre en el mismo principio, denominado "efecto invernadero", consistente en captar en su interior la energía solar, transformándola en energía térmica e impidiendo su salida al exterior. Los captadores planos, destinados por lo general a la producción de agua, están recubiertos de una caja herméticamente cerrada. En la cara superior de esta caja se coloca una superficie acristalada que deja atravesar la radiación solar e impide que se pierda la ganancia térmica obtenida. Generalmente la carcasa que envuelve al equipo de captación es metálica, aunque en algunos casos puede ser de plástico especial o de algún otro material. (2) (11)

En el interior del sistema captador se encuentra la placa absorbedora, que es el lugar donde se realiza la captación de la radiación solar propiamente dicha. Fabricada con materiales que conducen bien el calor (aluminio, cobre, planchas metálicas...), esta placa tiene un funcionamiento parecido al de un radiador: con una disposición de tubos que cuentan con una toma por donde entra el fluido a calentar y otra de salida. Pese a que existe un gran número de diferentes configuraciones de tubos internos, los tradicionales suelen utilizar los de tipo serpentina o los de tubo paralelo. Estos consisten en varios tubos de cobre, orientados en forma vertical con respecto al captador, en contacto con una placa de color oscuro que transfiere el calor al fluido circulante. El contacto entre la placa absorbedora y el tubo por donde circula el fluido no tiene porqué ser un elemento crítico del captador siempre que esté bien sellado con cualquiera de las técnicas de soldadura disponibles en estos momentos en el mercado. (2) (11)

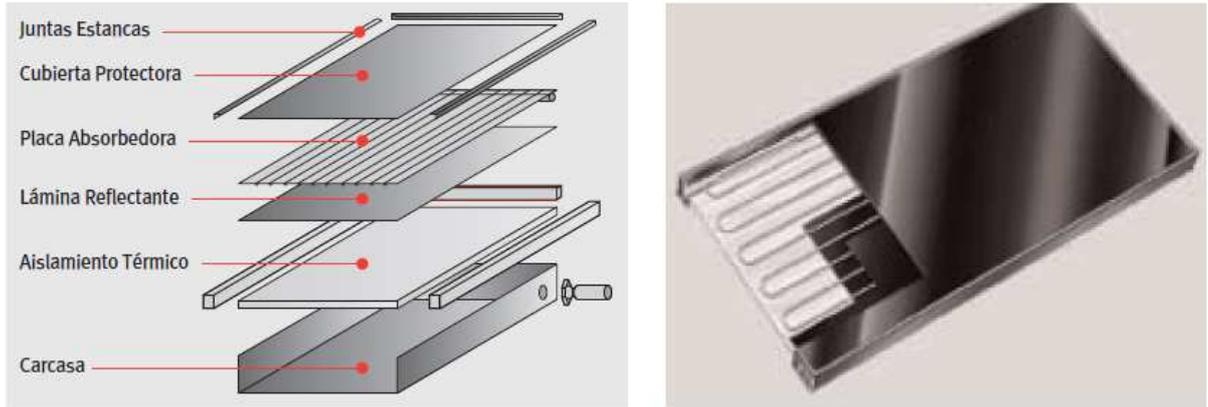


FIGURA 10. IMÁGENES DE UN CAPTADOR DE TUBOS PARALELO Y UN CAPTADOR DE SERPENTÍN

Las dimensiones de los captadores solares son muy diversas y van desde los $0,5 \text{ m}^2$ los más pequeños, hasta los 8 m^2 los más grandes, siendo la medida más habitual en torno a los 2 m^2 . (2)

En cuanto al rendimiento de los captadores solares, resulta difícil precisar qué cantidad de energía se podrá obtener en cada momento, puesto que este tipo de captadores de baja temperatura carecen de cualquier forma de seguimiento de la posición del Sol a lo largo del día, y captan tanto la radiación directa como la difusa con resultados muy variables. (2)

En líneas generales, la eficiencia de los captadores solares vendrá definida por su curva de rendimiento, que permite saber cuál es la cantidad de energía que podremos aprovechar en cada situación. Esta valoración se realiza sobre captadores nuevos, y de forma puntual, no siendo representativa del comportamiento del captador a lo largo de su vida útil, ya que su eficacia podrá evolucionar de diferente manera con el paso del tiempo, en función de su mantenimiento, etc. (2)

1.6.1.2. Subsistema de Almacenamiento

Tanto la energía que se recibe del sol como la demanda de agua caliente son magnitudes que dependen del tiempo y no siempre los requerimientos de ésta se producirán cuando se dispone de suficiente radiación. Por tanto, si se quiere aprovechar al máximo las

horas de sol, será necesario acumular la energía en aquellos momentos del día en que esto sea posible y utilizarla cuando se produzca la demanda. (11)

Lo habitual es almacenar la energía en forma de calor sensible por medio del agua que se pasará a consumo posteriormente.

La dimensión de los tanques de almacenamiento deberá ser proporcional al consumo estimado y debe cubrir la demanda de agua caliente de de uno o dos días. (11)

Es importante determinar la relación superficie de captación / volumen de acumulación adecuada para nuestra aplicación ya que grandes superficies de captación con volúmenes relativamente pequeños dan lugar a temperaturas de almacenamiento más altas, reduciendo la eficiencia de los colectores por otro lado. En el acumulador, el agua tiende a estratificarse por temperaturas debido a las densidades en función de la temperatura, de esta manera, la temperatura en la parte superior del depósito será algo mayor a la de la parte inferior. Es importante potenciar este efecto utilizando depósitos verticales con la altura al menos igual al doble del diámetro. (11)

El agua que pasa por los colectores se toma de la parte inferior del depósito (zona fría) y retorna a la parte superior (zona caliente) por lo que el rendimiento de la instalación se verá favorecido al trabajar a temperaturas lo más bajas posibles. (11)

1.6.1.3. Subsistema de Distribución

El sistema de distribución es el que se encarga de transportar el fluido caliente contenido en los captadores solares hasta el punto de consumo. Existen diferentes circuitos de distribución, dependiendo de las necesidades que pretendamos satisfacer o las condiciones climáticas del lugar donde vamos a realizar la captación. (2) (11)

- **Instalaciones de circuito abierto.** Estos sistemas transfieren directamente el agua caliente producida en el captador solar hacia el depósito de acumulación. El funcionamiento de estos equipos es muy simple: cuando el captador es

calentado por el Sol, el agua aumenta de temperatura desplazándose hacia arriba. Una vez en el depósito de almacenamiento, éste se vacía con una cantidad equivalente de agua más fría que se dirige al captador. (2)

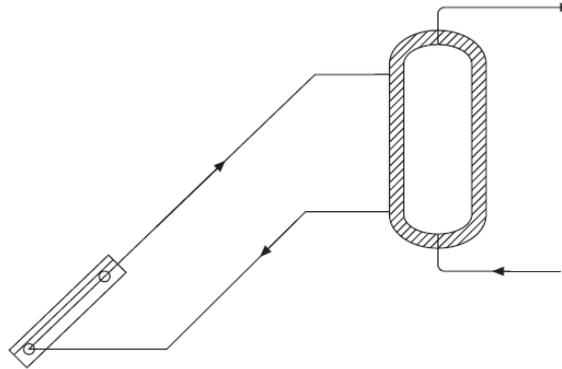


FIGURA 11. ESQUEMAS DE UNA INSTALACIÓN DE CIRCUITO ABIERTO

La principal ventaja de los sistemas de estas características es que resultan más económicos, más sencillos de fabricar, de instalar e incluso obtienen mejores rendimientos energéticos. Por el contrario, el principal inconveniente de las instalaciones de circuito abierto es que al utilizar como único fluido de circulación el agua se corre el riesgo de rotura en periodos de heladas o la posibilidad de graves problemas de incrustaciones por la calidad de las aguas. (2)

Para evitar este tipo de problemas, en el caso de las obstrucciones en el sistema de captación habrá que utilizar ciertos aditivos o dispositivos electrónicos. Por este motivo, las instalaciones de circuito abierto son empleadas en lugares donde no se dan heladas a lo largo del año. (2)

- **Instalaciones de circuito cerrado.** En este caso existen dos circuitos: el circuito primario del sistema captador y el circuito secundario donde se encuentra el sistema de almacenamiento. En el circuito primario se introduce un líquido especial que circula por dentro del captador y transmite calor al agua del tanque de almacenamiento por medio de un intercambiador de calor. Lo que se pretende con el sistema de doble circuito es evitar que el agua del depósito se pueda

mezclar con el líquido del captador. Así, es posible colocar un componente anticongelante que permita su uso en zonas donde las temperaturas bajen de cero grados. (2)

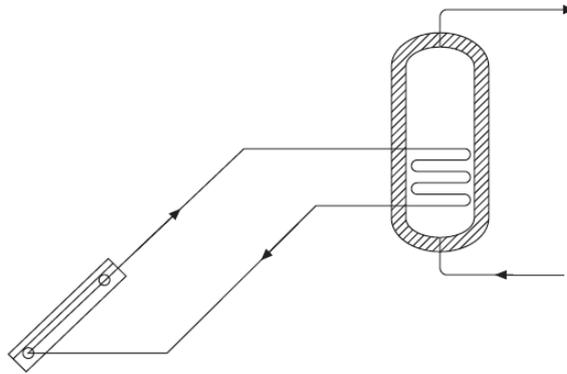


FIGURA 12. ESQUEMAS DE UNA INSTALACIÓN DE CIRCUITO CERRADO

- **Circulación forzada de agua.** Los sistemas de circulación forzada están basados en una bomba de impulsión movida por un aporte exterior de energía eléctrica; un gasto que deberemos tener en cuenta a la hora de optar por este tipo de mecanismos. La bomba de circulación colocada en el sistema de captación tiene como principal función transferir el fluido circulante más rápidamente, impidiendo así que se pueda perder parte de las calorías ganadas en el proceso de distribución. (2)

La utilización de esta bomba también permite interrumpir la transferencia de calor cuando el agua de los captadores no circule más caliente que la que se encuentra en el depósito. Este sistema es muy común en climas fríos, donde cualquier pérdida de calorías puede restar eficacia a la instalación solar. Este tipo de circulación se utiliza para instalaciones solares de cualquier tamaño. (2)

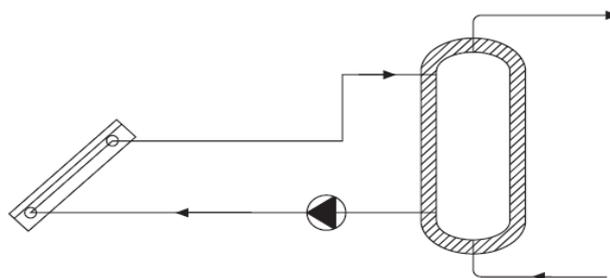


FIGURA 13. ESQUEMAS DE UNA INSTALACIÓN DE CIRCULACIÓN FORZADA

- **Circulación natural o con termosifón.** Estos sistemas tienen la ventaja de no contar con bombas de impulsión, aprovechando la circulación natural del agua caliente, que por naturaleza tiende a ascender. Los sistemas con termosifón son muy utilizados en áreas geográficas con climas más cálidos. Estos sistemas de circulación sólo se utilizan para instalaciones solares pequeñas. (2)

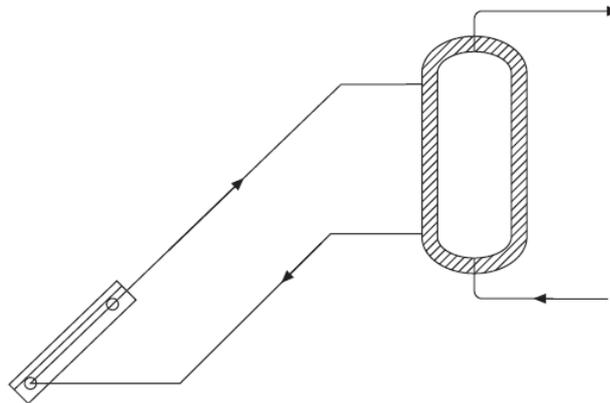


FIGURA 14. ESQUEMAS DE UNA INSTALACIÓN DE CIRCULACIÓN NATURAL

En un Subsistema de distribución se puede usar apoyo energético: Para prevenir las posibles faltas derivadas de la ausencia de insolación, casi la totalidad de los sistemas de energía solar térmica cuentan con un sistema de apoyo basado en energías "convencionales" (eléctricos, calderas de gas ó gasóleo). (2) (11)

1.6.1.4. Conexionado e Interconexionado de Colectores Térmicos

El sistema de captación de las instalaciones está compuesto normalmente por conjuntos de paneles que deben interconectarse con el resto del sistema y entre sí. Este conexionado debe realizarse respetando ciertos principios que permiten que el caudal que circula por todos los colectores sea el mismo, evitando que unos trabajen con más flujo que otros debido a que el fluido tiende a recorrer prioritariamente el camino más fácil. Así conseguiremos que todos los colectores trabajen con rendimientos similares, provocando en el fluido saltos térmicos aproximadamente iguales entre la entrada del panel y la salida. (7)

Cualitativamente estos principios son los siguientes:

- Todos los colectores de un mismo sistema de captación deben ser iguales. (7)
- La entrada del fluido se hará por una de las tomas inferiores, y la salida por la superior opuesta. Esto es de importancia capital en los sistemas conectivos. (7)

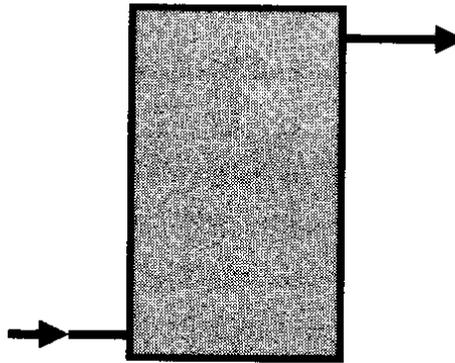


FIGURA 15. CONEXIONADO DE UN COLECTOR CON EL RESTO DEL SISTEMA

- El interconexionado habitual es en paralelo con retorno invertido. Esto evita la instalación de válvulas de equilibrado de caudal (detentores). (7)

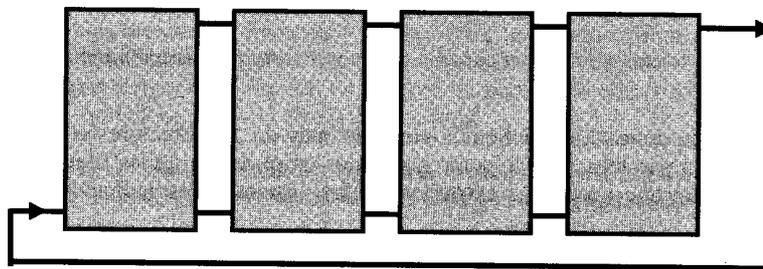


FIGURA 16. INTERCONEXIONADO PARALELO CON RETORNO INVERTIDO

- El conexionado en paralelo puede hacerse con tubería exterior cuando los caudales sea elevados y sea necesario que la tubería de reparto y recogida sea de más diámetro que la que traen de fabrica los captadores. (7)

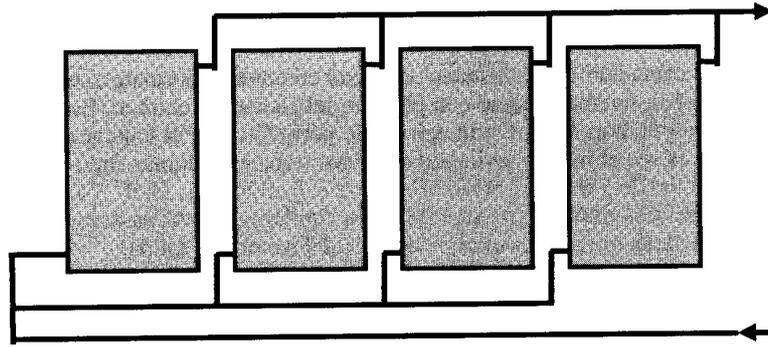


FIGURA 17. INTERCONEXIONADO EN PARALELO CON TUBERÍA EXTERIOR Y RETORNO INVERTIDO

- Si se usa el retorno invertido es necesario instalar caudalímetros y válvulas de equilibrado. (7)

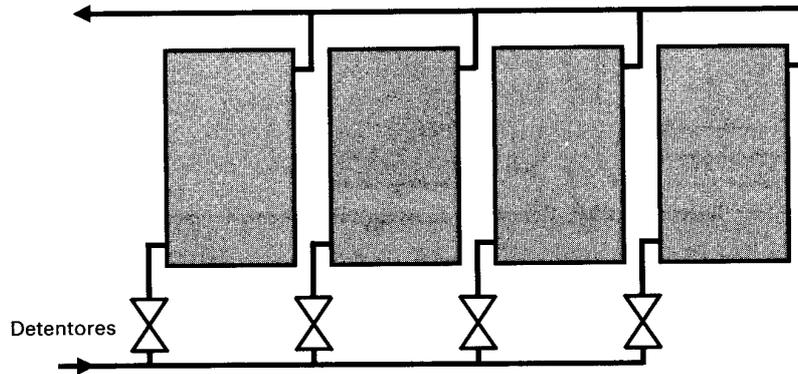


FIGURA 18. INTERCONEXIONADO EN PARALELO CON TUBERÍA EXTERIOR Y EQUILIBRADO CON VÁLVULAS

- Como norma general, no debemos conectar más de 10 colectores o conjuntos de colectores en paralelo. Los colectores situados en el centro de las filas trabajan con menos caudal que los extremos, incluso estando conexiados con retorno invertido. (7)
- Se pueden conectar los colectores en serie, pero no es habitual. Se usa este conexiados para provocar mayores saltos térmicos y temperaturas de fluido más altas. Esto, sin embargo, provoca pérdidas de rendimiento en las instalaciones. (7)

- No conectaremos en serie más de tres colectores o conjuntos de colectores en paralelo. El salto térmico va disminuyendo a medida que aumentamos el número de unidades en serie, ya que por la elevación de la temperatura se van igualando las pérdidas con las ganancias. (7)

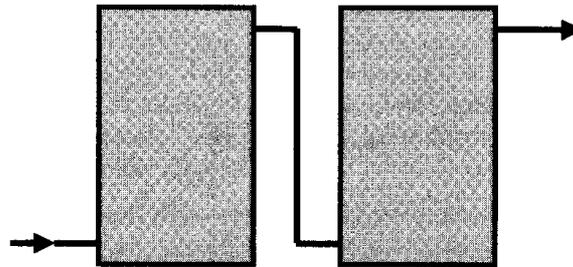


FIGURA 19. INTERCONEXIONADO EN SERIE

- Todos los conjuntos conectados en serie deben tener el mismo número de colectores en paralelo. Así el caudal es el mismo en cada conjunto y el salto térmico también. Es lo que se llama conexionado serie/paralelo. (7)

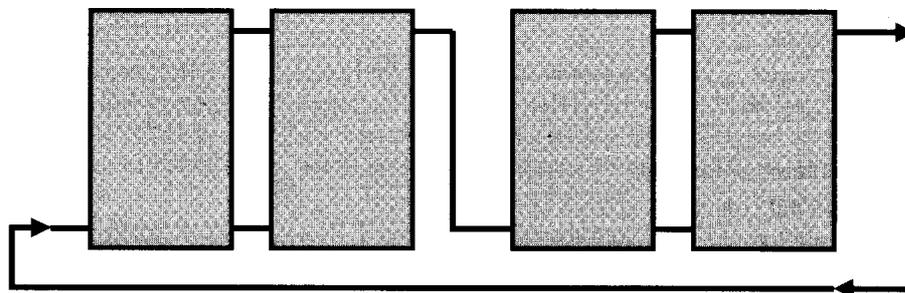


FIGURA 20. INTERCONEXIONADO PARALELO/SERIE. 2+2.

En general, hay que facilitar la circulación natural del fluido al calentarse en la placa absorbente, y evitar los puntos de acumulación de aire de difícil evacuación o instalar purgadores automáticos o manuales. Limitar al máximo el número de codos, curvas y accesorios, evitar los cambios bruscos de dirección y de sección, y utilizar la mínima cantidad de tubería posible evitando recorridos inútiles. Estos principios son de obligado cumplimiento en las instalaciones por termosifón, además de no colocar tramos de circulación descendente del fluido caliente que bloquearían la circulación natural. (7)

Facilitar la circulación del fluido y equilibrar el caudal de paso por todos los colectores son los objetivos principales al diseñar el conexionado e interconexionado de colectores.

1.7. ELEMENTOS EXISTENTES EN UNA INSTALACIÓN

1.7.1. ABSORBEDORES SOLARES

El tipo de absorbedor a usar va a depender principalmente de la temperatura de operación del colector. La selectividad se produce debido al cambio brusco que presenta la reflectividad del absorbedor. La situación de este borde de absorción es función de la temperatura, pues al aumentar ésta, el espectro del sol es mayor. Por tanto, para mantener valores bajos de emisividad, es necesario situar el borde de absorción del material a longitudes de onda más bajas según aumente la temperatura de operación.

Por tanto, para optimizar el rendimiento de un determinado colector, es necesario seleccionar un absorbedor solar selectivo con el comportamiento óptico adecuado.

Otro aspecto fundamental, que viene determinado también por la temperatura de trabajo, es la durabilidad del absorbedor. A temperaturas elevadas los mecanismos de degradación de los materiales (oxidación, descomposición térmica, difusión de especies químicas entre capas) se acentúan.

Existen muy pocos recubrimientos selectivos capaces de trabajar a 400°C con unas propiedades ópticas de absorción solar y emitancia térmica aceptables. Dos de ellos usados en baja temperatura son:

- *Cromo negro*. Es el más utilizado hasta ahora en colectores planos o de concentración con temperaturas de trabajo menores de 300-350°C. Sus inconvenientes son una emisividad alta, la degradación a temperaturas superiores a 300-350°C y la elevada toxicidad del cromo.

Los principales agentes o factores degradantes que pueden afectar la durabilidad de las superficies selectivas son: temperatura, radiación, rayos UV, humedad, condensación, contaminantes (cloruros en ambientes marinos, N₂, NO, S₂, en atmósferas industriales), efectos mecánicos (erosión, abrasión), etc.

1.7.2. CUBIERTA

El principal material utilizado hasta ahora como cubierta en colectores planos y tubos de vacío es el vidrio, que presenta una transmitancia en torno al 94% debido a las pérdidas por reflexión en las dos interfaces del vidrio, lo que implica una disminución del 6% de la radiación del absorbedor.

Las cubiertas de vidrio no presentan problemas de degradación del material por efecto de la temperatura, pero es frecuente la rotura por problemas de expansión térmica, debido a un mal diseño del sistema de fijación de la cubierta o poca rigidez del colector.

1.7.3. REFLECTORES SOLARES

Los principales reflectores que existen en la actualidad se pueden resumir en:

- *Aluminio electro-pulido anodizado*. Este material está formado por una chapa de aluminio electro pulida con una fina capa de anodizado para protegerlo de la corrosión y que hace caer la reflectividad a un 85%. Es el reflector más barato, pero el de peor reflectividad. Su uso en reconcentraciones presenta el problema adicional de que por efecto de la temperatura la reflectividad especular se degrada considerablemente aunque se mantiene la hemisférica, por lo que su uso no es recomendable.
- *Reflectores convencionales*, formados por una lámina de vidrio de 3 mm con un recubrimiento de plata metálica en su parte posterior, protegida con una pintura.
- Láminas de material plástico con un recubrimiento de plata metálica.
- Reflectores de primera superficie.

Estos últimos materiales se pueden utilizar tanto en concentradores como en reconcentradores, presentando reflectividades del 95% o mayores.

1.7.4. CARCASA

La carcasa del colector debe estar fabricada con un material que proporcione una rigidez suficiente al conjunto del colector, considerando que el anclaje de éste al suelo se realiza en ella. Su diseño debe ser adecuado para que no se produzcan tensiones por la expansión térmica de la cubierta que provoquen la rotura de ésta y la entrada de agua en el colector.

Generalmente se fabrican en acero galvanizado o aluminio anodizado.

1.7.5. JUNTAS

Como materiales para juntas se utilizan una gran diversidad de gomas sintéticas, termoplásticos y resinas, cuya temperatura máxima de operación y durabilidad frente a los factores ambientales como radiación ultravioleta y humedad aparecen resumidos en tablas.

La degradación de las juntas provoca pérdidas de vacío del colector y la entrada de agua, ocasionándose serios problemas de degradación del absorbedor y el aislamiento. Los principales requisitos que debe cumplir un material de junta son elasticidad y resistencia a la radiación ultravioleta y la temperatura.

1.7.6. FLUIDOS PARA COLECTORES SOLARES TÉRMICOS

Entre las principales propiedades que debe presentar un fluido de transporte térmico cabe destacar:

- Calor específico.
- Coeficientes de dilatación pequeños.

- Viscosidades reducidas para disminuir la potencia de la bomba del circuito, pero con un compromiso para no potenciar posibles fugas.
- Bajo punto de congelación.
- Volatilidad pequeña.
- Baja inflamabilidad y baja toxicidad.

Los fluidos a utilizar son: agua, mezclas agua-glicol y agua-glicerina, aceites sintéticos o minerales y sales fundidas.

1.7.7. CIRCUITO DEL FLUIDO

El circuito del fluido presenta una problemática diferente debido a que el material a usar va a depender de muchos factores, como son:

- Tipo de fluido de transporte térmico.
- Impurezas del agua (ácida, básica, dura) al ser el principal fluido utilizado.

Diseño y tipo del colector (formación de pares galvanizados o tensiones en curvas o soldaduras en la conducción).

La principal dificultad que presentan las conducciones del fluido es la corrosión. Se trata de un problema electroquímico originado por la diferente estabilidad termodinámica de los materiales.

1.7.8. AISLAMIENTO

Todos los materiales aislantes presentan importantes problemas de degradación frente a la humedad y la radiación UV, por lo que es necesario a su vez aislarlos del exterior.

Existe en el mercado una amplia gama de productos para aislamiento y en su elección debe tenerse muy en cuenta las características térmicas de los mismos.

El aislamiento puede realizarse de diferente forma según corresponda a una zona de intemperie o una de interior.

En tuberías a la intemperie es conveniente utilizar coquilla de fibra de vidrio con venda y emulsión asfáltica. El acabado es deseable que se realice en aluminio,

1.7.9. VASO DE EXPANSIÓN

El calentamiento del agua provoca su dilatación y ésta a su vez puede originar la rotura del circuito en algún punto. El vaso de expansión tiene por finalidad absorber dicha dilatación.

En los circuitos de colectores presurizados, y siempre que las condiciones técnicas y constructivas de la instalación lo permitan, se instalará un vaso de expansión abierto. Esta solución presenta innumerables ventajas, entre las que destacan:

- a) Presión prácticamente constante, independientemente de la temperatura del fluido circulante en el circuito colectores-intercambiador.
- b) Vaporización del fluido en los colectores, en situaciones de estancamiento, y recogida de la masa de fluido excedente en el vaso de expansión, con un adecuado dimensionado del mismo.
- c) Reposición de las pérdidas de agua del circuito mediante válvulas accionadas por flotador, sin necesidad de la utilización de equipos de regulación de la presión del agua de alimentación.

El vaso de expansión abierto será instalado de forma que el nivel de alimentación del agua de reposición del circuito esté situado, como mínimo, en una cota 2,5 m por encima del punto más alto de la instalación, normalmente el campo de colectores, y conexasiónado hidráulicamente al circuito en la aspiración del grupo electro bomba.

Esta solución, circuito de colectores con vaso de expansión abierto, obligará a la instalación de purgadores de aire manuales y botellín de desaire con válvula de descarga, debido a que, dada la baja presión del fluido en el campo de colectores (1,2 a 1,5 kg/cm²), con relativa facilidad y frecuencia se producirá vapor en el interior de los colectores, lo que ocasionaría pérdidas de fluido a través de los purgadores automáticos del aire y, por consiguiente, continuas reposiciones del fluido portador de calor.

En los circuitos de colectores presurizados que no sea factible la instalación de un vaso de expansión abierto (posibilidad de heladas, características constructivas de la instalación, etc.). Se instalará un vaso de expansión cerrado.

1.7.10. PURGADORES

La existencia de aire dentro del circuito tiene como consecuencia la bajada del rendimiento, pudiendo llegar incluso a dejar la instalación inoperante.

Los purgadores tienen por finalidad eliminar el aire contenido en las tuberías, colectores, etc., colocándose en los puntos altos.

En el trazado de la tubería se procurará evitar en lo posible los puntos altos en donde se pueda acumular el aire. Cuando esto sea inevitable será conveniente colocar un purgador. También se puede acumular aire en los recodos del circuito hidráulico.

Los purgadores podrán ser automáticos o manuales. En el primer caso se utilizarán de tipo flotador, con el cuerpo y tapa enteramente metálicos. Los manuales, además de un botellín para acumulación de aire, deberán ir provistos en su parte superior de un purgador análogo a los instalados en los radiadores de calefacción.

1.7.11. VÁLVULAS

Las válvulas de corte se colocan para interrumpir el servicio y regular caudales en diversos puntos de los circuitos hidráulicos. Resulta recomendable utilizar válvulas “de bola”, con cuerpo y bola de latón y asientos de teflón.

En cuanto a las válvulas de seguridad, son preferibles las que vienen taradas de fábrica al valor adecuado y que luego no son modificables, evitando así posibles errores.

1.7.12. BOMBAS

La bomba del circuito primario podrá ser del tipo "calefacción". Por las condiciones de trabajo, deberá soportar elevadas temperaturas (hasta 100°C, aproximadamente) y presiones estáticas (hasta 6 kg/cm², aproximadamente), dependiendo de cada instalación particular.

En cuanto a la bomba de circulación del circuito secundario, al trabajar con agua renovada continuamente, deberá ser forzosamente del tipo “agua caliente sanitaria” pues las de tipo "calefacción" pueden deteriorarse por incrustaciones calizas. Al igual que la del circuito primario, deberá poder soportar altas temperaturas de agua y una cierta presión estática.

1.7.13. APOYO ENERGÉTICO

Aunque se haya dimensionado los colectores para cubrir toda la demanda de agua caliente sanitaria. Sea cual sea la aplicación, se debe disponer en todos los casos de un sistema de calentamiento auxiliar independiente, para hacer frente a los requerimientos de energía en aquellas circunstancias en que no puedan ser cubiertos por la instalación solar.

Debe prestarse especial cuidado en la integración del sistema convencional con la instalación solar, cualquiera que sea el combustible o fuente energética de apoyo.

1.7.14. CONTROL

Este elemento es clave, ya que permitirá no someter la instalación a determinadas condiciones extremas que pueden provocar averías.

Su objetivo fundamental es optimizar el rendimiento del sistema, automatizando la operación de válvulas y bombas. Esta optimización se conseguirá en función de la complejidad del sistema instalado y de la disponibilidad y demanda de energía en cada momento.

En general la información obtenida a través de los diferentes sensores de la instalación (termostatos, preostatos, etc.) es procesada, actuando así sobre bombas Válvulas.

Un sencillo procedimiento de control para instalaciones muy simples, puede ser la comparación de las temperaturas del agua de salida del colector y del tanque acumulación. Esto permitirá o no el funcionamiento de la bomba del circuito primario, si la diferencia es tal que suponga una ganancia energética.

La instalación debe permitir el accionamiento manual de determinados elementos y la lectura directa de presiones y temperaturas en los puntos que más interese.

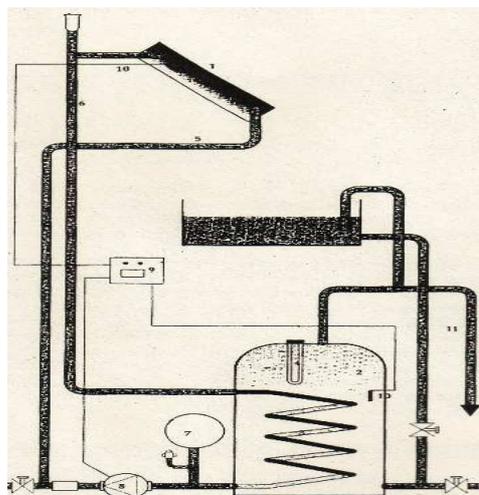


FIGURA 21. ESQUEMA DE SISTEMA DE CALEFACCIÓN DE AGUA SOLAR TÍPICO

En el cual los la numeración de los elementos le corresponde su respectiva representación.

- 1: Colector solar
- 2: Depósito acumulador
- 3: Intercambiador de calor
- 4: Sistema Generador de Energía Auxiliar
- 5: Conducto de ida del circuito primario.
- 6: Conducto de vuelta del circuito primario
- 7: Depósito de expansión.
- 8: Sistema circulador.
- 9: Sistema regulador
- 10: Sondas del sistema regulador
- 11: Circuito de distribución

1.8. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR

Ventajas:

- Se trata de una energía renovable y limpia que proviene directamente del Sol.
- No emite gases contaminantes perjudiciales para la salud.
- No emite gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático.
- No produce ningún tipo de desperdicio o residuo peligroso de difícil eliminación.
- No produce efectos significativos sobre la flora y la fauna, a no ser que hagamos referencia a las instalaciones de alta temperatura, que suelen ocupar una gran extensión de terreno.
- Su impacto sobre el medio ambiente es mínimo, y de producirse alguno ocurre exclusivamente durante la fase de fabricación de los equipos.
- Este tipo de instalaciones no dejan huella ecológica cuando finaliza el periodo de explotación.

- Es una energía que no corre peligro de agotarse a medio plazo, puesto que su fuente productora es el Sol.
- No requiere costosos trabajos de extracción, transporte o almacenamiento.
- Se puede aumentar el sistema solar en un futuro y su manejo es fácil.
- Se puede revender los equipos solares porque tienen un precio relativamente estable. (2)

Desventajas:

- Tecnologías más complejas, pero accesibles al medio.
- Alto costo inicial desde el punto de vista económico.
- Sólo se produce energía mientras hay luz y depende del grado de insolación.
- Apoyo auxiliar al sistema solar térmico lo que implica costo adicional.
- El gran espacio que requieren los colectores para mayor energía.
- Impacto visual.
- Baja aceptación social. (2)

CAPITULO II

CAPITULO II

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. METODOLOGÍA

La metodología aplicada en el diseño del sistema térmico solar para el proceso de calor y de servicios en la industria lechera de las comunidades: Chimborazo y Santa Isabel, parroquia San Juan, provincia de Chimborazo, corresponde a lo siguiente:

Se realizó la línea base de estas microempresas, considerando los volúmenes, temperatura de la materia prima, así como de las condiciones geográficas y meteorológicas del sitio donde se encuentra la planta, en esta línea base también se realizó un balance energético en el que se cuantifica la cantidad de energía usada en la pasteurización, en el proceso de elaboración de quesos.

Con esta información se procedió a dimensionar el sistema térmico solar propuesto de acuerdo a la cantidad de radiación solar directa y difusa promedio anual, la temperatura con que ingresa la materia prima y las temperaturas requeridas para la pasteurización.

El numero de colectores y el tamaño del acumulador solar térmico dependió de la energía requerida en los diferentes procesos, la radiación solar incidente en la zona y los volúmenes de materia prima a procesar.

2.2. MATERIALES

2.2.1. APARATOS Y EQUIPOS

- Flexómetro de 30m
- Cronometro
- GPS
- Termómetro digital de 4 canales con registro de datos (SPER SCIENTIFIC 800024)
- Estación Meteorológica Synphonie Data Retriever (ESPOCH – FACULTAD DE CIENCIAS)

2.2.2. SOFTWARE

- Programa Estadístico SPSS 15.0
- Simulador en Exel “Producción de agua caliente por medio de Energía Solar” (Facilitado por el Dr. Rigoberto Muñoz).
- Auto CAD 2010

2.3. MÉTODOS

La Estación Meteorológica Synphonie Data Retriever, se encuentra ubicada en la Provincia de Chimborazo, en la ciudad de Riobamba, ESPOCH a pocos metros de la Facultad de Ciencias, actualmente está a cargo del Equipo de Energías Alternativas de la ESPOCH.

Los datos obtenidos digitalmente por la estación meteorológica, son almacenados en un software propio del equipo, luego son filtrados y tratados estadísticamente para obtener cuadros y graficas del comportamiento de un parámetro específico del clima a lo largo del monitoreo realizado.



FOTOGRAFÍA 1 Y 2. ESTACIÓN METEOROLÓGICA SYNPHONIE DATA RETRIEVER

2.3.1. TEMPERATURA AMBIENTE (Sensor de temperatura # 110S)

El equipo posee un sensor integrado de temperatura ideal para la recogida de datos utilizados en cálculos de densidad de energía y control de la temperatura del aire, que se mide cada 10 minutos, luego son almacenados digitalmente en una memoria y posteriormente procesadas para el análisis de su comportamiento diario, mensual o anual. El aparato se muestra en la siguiente figura 22:

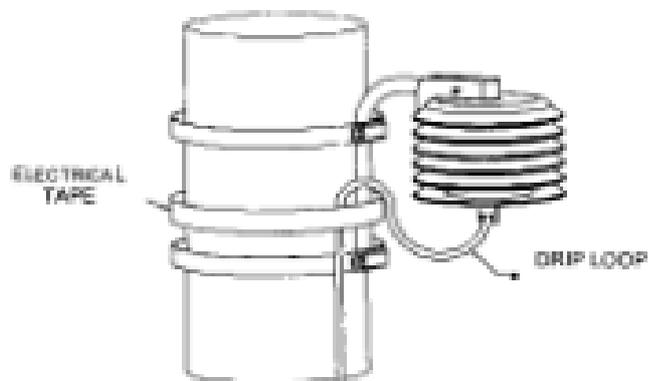


FIGURA 22. SENSOR DE TEMPERATURA # 110S

2.3.2. RADIACIÓN SOLAR (Li-Cor #LI-200SA Pyranometer)

El equipo posee un Piranometro Li-cor con excelente sensor de Radiación Solar, que esta calibrado para el espectro de la luz del día, que se mide cada 10 minutos, luego son almacenados digitalmente en una memoria y posteriormente procesadas para el análisis de su comportamiento diario, mensual o anual. El aparato se muestra en la siguiente figura 23:

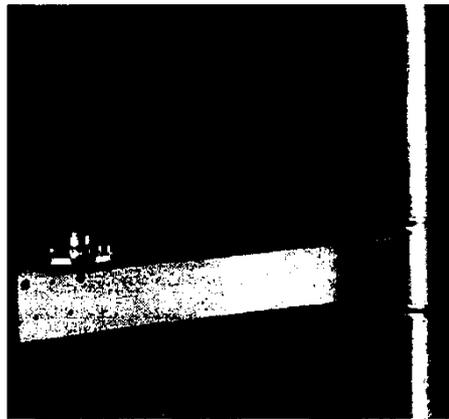


FIGURA 23. LI-COR #LI-200SA PYRANOMETER

2.3.3. TEMPERATURA (SPER SCIENTIFIC 800024)

Termómetro digital de 4 canales con registro de datos (SPER SCIENTIFIC 800024). Se introduce el sensor del termómetro calibrado en la muestra de agua proveniente de la red principal de la comunidad y registramos la lectura, cada treinta minutos. . El aparato se muestra en la siguiente fotografía 3:



FOTOGRAFÍA 3. SENSOR DE TEMPERATURA SPER SCIENTIFIC 800024

2.3.4. MEDICIÓN DEL CAUDAL (Volumétrico)

La forma más sencilla de calcular los caudales pequeños es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. La corriente se desvía hacia un canal o cañería que descarga en un recipiente adecuado y el tiempo que demora su llenado se mide por medio de un cronómetro. Para los caudales de más de 4lts/s, es adecuado un recipiente de 10 litros de capacidad que se llenará en 2½ segundos. Para caudales mayores, un recipiente de 200 litros puede servir para corrientes de hasta 50lts/s. El tiempo que se tarda en llenarlo se medirá con precisión, especialmente cuando sea de sólo unos pocos segundos. La variación entre diversas mediciones efectuadas sucesivamente dará una indicación de la precisión de los resultados. Finalmente aplicamos la siguiente fórmula:

$$Q = V / t$$

Q = Caudal (lts/s)

V = volumen de un recipiente conocido (lts).

t = tiempo que tarda en llenar el recipiente (s).

CAPITULO

III

CAPITULO III

3. PARTE EXPERIMENTAL

3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE LA MICROEMPRESA SANTA ISABEL

La quesería “queso fresco Santa Isabel”. Cuenta con seis secciones importantes dentro de sus instalaciones: bodega, oficina, área de producción de quesos, área de enfundado y almacenamiento, área de producción de yogures, bodega general, las mismas que se encuentran localizadas adecuadamente. La empresa instalada en el año de 1996 aproximadamente en la comunidad Santa Isabel, ha venido realizando su proceso de fabricación de quesos con éxito durante 13 años.

El área de influencia está comprendida por seis áreas mencionadas anteriormente, en estas instalaciones son donde se generan los productos para su respectiva distribución hacia el cliente. Las actividades que se desarrollan en las instalaciones de la empresa son producción, almacenamiento y distribución de producto final, contando al mismo tiempo con un área para su mejoramiento.

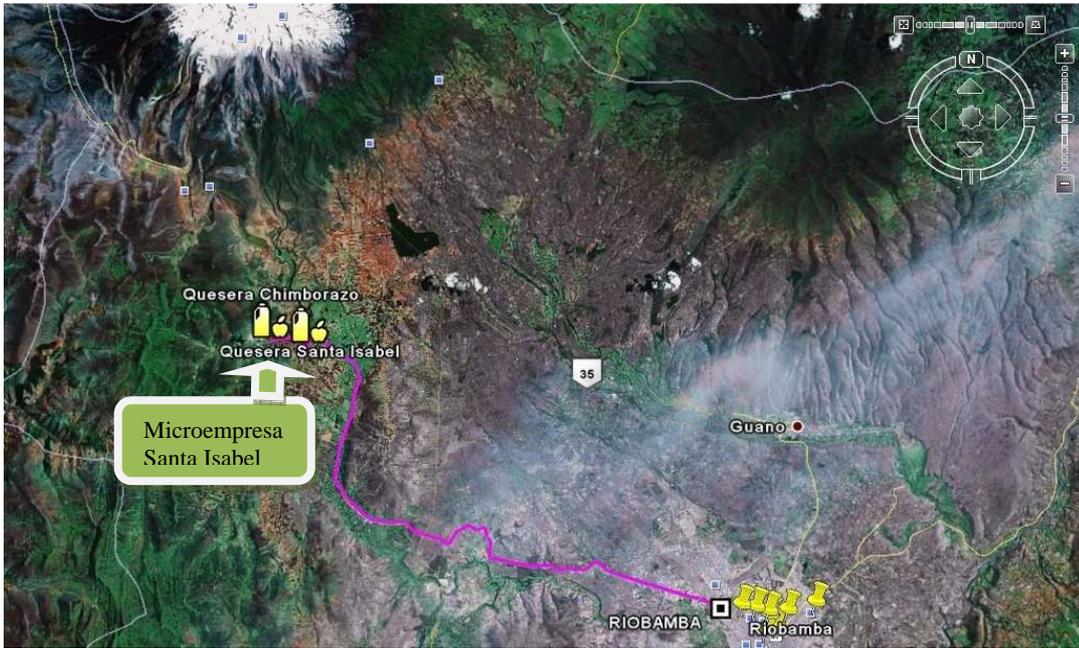
3.1.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y POLÍTICO-ADMINISTRATIVA

El área de influencia de la microempresa “Queso fresco Santa Isabel”, se ubica en la Provincia de Chimborazo, al noroeste de la ciudad de Riobamba a 23,14 Kilómetros, en la parroquia San Juan, Comunidad Santa Isabel, en las siguientes coordenadas:

LATITUD: 1°34'48.62"S

LONGITUD: 78°47'52.66"O.

ALTITUD: 3487 m.s.n.m.



FOTOGRAFÍA 4. MAGELLAN EXPLORIST XL- GPS

3.1.2. DEFINICIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

La microempresa se encuentra en una zona rural de acuerdo al plan de desarrollo urbano de la ciudad de Riobamba. Su infraestructura ocupa un terreno de trescientos tres con noventa y uno metros cuadrados (303.91m^2). En su área circundante se encuentran varias actividades de tipo educativo, agrícola, y sectores destinados para viviendas, que permiten que el sector se desarrolle.

3.1.3. ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN

En esta sección se presentan detalladamente las principales actividades que desarrolla la microempresa en la actualidad, concernientes a la etapa de operación y mantenimiento de sus líneas de producción, así como que se plantea un resumen del proceso de fabricación de quesos.

La micro industria “*Queso fresco Santa Isabel*” cuenta con una planta de producción moderna facilitada por Visión Mundial para la fabricación de productos lácteos, específicamente el queso.

Esta tecnología fue implementada en el año 1996, siendo el resultado de la inversión de la ONG mencionada anteriormente. La capacidad anual de producción alcanza a 54.000 quesos, para ello y para el total de operación de la microempresa cuenta con dos miembros de personal: el quesero y un ayudante.

Esta microempresa desde que se inició su operación normal, producía queso fresco con 150 litros diarios de leche aproximadamente con registro sanitario conforme a la Norma INEN, los requisitos se rigen al siguiente apartado: NTE INEN 1528:87 AL 03.01-420 6 p.

El espacio de los mismos está en proceso de nuevo ajuste ya que se han visto en la necesidad de comprar más materiales indispensables por lo que al momento no cuentan con este servicio.

Diagrama de Flujo para la producción de queso fresco Santa Isabel

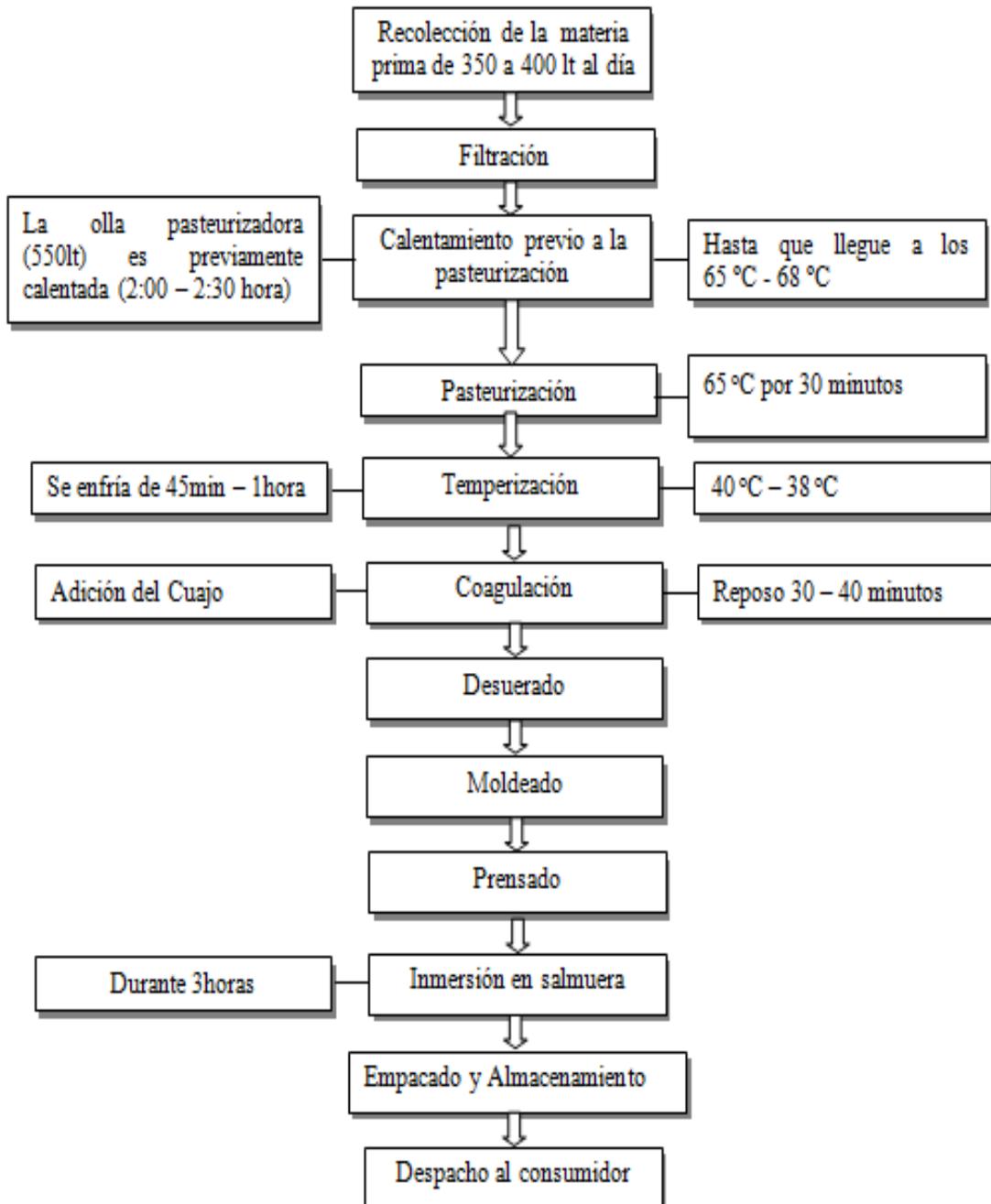


DIAGRAMA 1. QUESERA SANTA ISABEL, QUESO FRESCO

3.1.4. PROCESO DE PASTEURIZACIÓN

La olla pasteurizadora (acero inoxidable de 550lts) es previamente calentada para que la leche recolectada (350-400lts) en este proceso, llegue a una temperatura de 65°C, para realizar este proceso el agua circula entre 2-3 minutos, por el interior de la olla de doble fondo hasta llenarse, obteniendo un volumen de 70lts (H₂O), que proviene directamente del suministro de agua de la comunidad a una temperatura promedio de 14°C, se suministra calor durante 2-2:30 horas, utilizando combustible fósil (GLP), cilindros de 15 Kg, (cada cilindro es cambiado cada dos días), con la finalidad que el agua que se encuentra en el interior de la olla pasteurizadora llegue a una temperatura de 72°C, durante el transcurso del tiempo que toma el proceso, la leche es agitada, hasta alcanzar la temperatura mencionada (65°C), dejan de suministrar calor durante 30 minutos, y realizan la temperización, haciendo circular un flujo de agua fría durante 45min – 1hora, hasta que la temperatura descienda 38-40°C, y el cambio térmico se haya completado.



FOTOGRAFÍA 5. PROCESO DE PASTEURIZACIÓN

3.1.5. PROCESO DE CÁLCULO

3.1.5.1. Consumo Energético Actual

3.1.5.1.1. Calor Generado (GLP)

La cantidad de calor que está generando actualmente con el uso de GLP se evalúa de la siguiente manera:

$$Q_c = \dot{m} * C_e$$

Donde se tiene que:

Q_c : calor generado por el calentador

\dot{m} : flujo másico del gas (3,75Kg/h)

C_e : Poder calorífico del gas GLP $10986,62Kcal/Kg = 46,054.8kJ/kg$ (Ver Anexo 1)

$$Q_c = 3,75Kg/h * 10986,62Kcal/Kg$$

$$Q_c = 41199,83Kcal/h$$

$$Q_c = 172,38MJ/h$$

$$Q_c = \frac{172,38MJ}{h} * 2h(\text{Proceso Pasteurización}) = 345,00 MJ$$

$$Q_c = 327014,22 BTU (\text{Proceso})$$

TABLA 1. CÁLCULO DEL CALOR GENERADO CON GLP EN EL DIA, MES Y AÑO.

	Calor Generado (GLP) en el Proceso de Pasteurización			
	Datos	Día	Mensual	Anual
# Cilindro GLP (15Kg)	1	0,5	15	180
MJ	690,01	345,00	10350,22	124202,64
BTU	654042,34	327014,22	9810635,11	117727621,27

3.1.5.1.2. Calor Absorbido (Calor útil por el Agua)

El calor absorbido en el interior de la pasteurizadora.

$$Q_a = C_e * m * (t_{pa} - t_r) * n * \rho$$

Donde se tiene que:

Q_a : Energía Térmica necesaria [J/mes]

C_e : Calor específico del agua (4187 J/Kg. °C). (Ver Anexo 2)

m : Caudal [lts/día] (470lts/día)

t_{pa} : Temperatura del pasteurizador (72 °C).

t_r : Temperatura media del agua fría de la red (18 °C).

n : Número de días del mes que se considera.

ρ_c : Densidad del agua [1 Kg/lts]

$$Q_a = 0,004187 \text{ MJ/KgC} * 470 \text{ lts/dia} * (72\text{C} - 18\text{C}) * 1 \text{ dia} * 1 \text{ Kg/lts}$$

$$Q_a = 106,27 \text{ MJ}$$

$$Q_a = 100729,86 \text{ BTU(Proceso)}$$

TABLA 2: CÁLCULO DEL CALOR ABSORBIDO EN EL DÍA, MES Y AÑO.

Calor Absorbido en el Proceso de Pasteurización			
	Día	Mensual	Anual
MJ	106,27	3188,1	38257,2
BTU	100729,86	3021895,73	36262748,82

3.1.5.1.3. Eficiencia de calor producida por GLP

El término eficiencia es muy usado en la termodinámica, ya que nos indica que tan bien se está realizando una transferencia de energía.

El rendimiento térmico o eficiencia de una máquina térmica es un magnitud de proceso y adimensional, definida como el cociente de la energía que deseamos obtener de dicha maquina y la energía que se debe transferir para su funcionamiento.

El desempeño o eficiencia se expresa en términos de de calor absorbido y el calor generado.

Para lograr la eficiencia del uso de GLP se utiliza la siguiente ecuación:

$$n = \frac{\text{Calor absorbido}}{\text{Calor Generado}} * 100$$

$$n = \frac{100729,86 \text{ BTU}}{327021,17 \text{ BTU}} * 100$$

$$n = 30,80\%$$

3.1.5.1.4. Perdidas de Calor en el Sistema Actual (GLP)

Las pérdidas que se producen en el proceso actual con el uso de GLP, se evalúa de la siguiente manera:

$$\text{Perdidas de Calor} = \text{Calor Generado} - \text{Calor absorbido}$$

$$\text{Perdidas de Calor} = 345,00\text{MJ} - 106,27\text{MJ}$$

$$\text{Perdidas de Calor} = 238,73\text{MJ}$$

$$\text{Perdidas de Calor} = 226284,36 \text{ BTU (Proceso)}$$

$$\text{Perdidas de Calor} = \frac{226284,36 \text{ BTU}}{327021,17 \text{ BTU}} * 100$$

$$\text{Perdidas de Calor} = 69,20\%$$

3.1.5.1.5. Emisión de CO2 a la Atmósfera

La cantidad de CO2 emitidos a la atmósfera por el uso de GLP, calculamos de la siguiente manera:

1Kg GLP Emite 2,7Kg CO2

(Ver Anexo 3)

$$\text{CO}_2 \text{ Atmósfera} = 7,5 \text{ Kg GLP} * \frac{2,7 \text{ Kg CO}_2}{1 \text{ Kg GLP}}$$

$$\text{Kg CO}_2 \text{ Atmósfera} = 20,25 \text{ (Proceso)}$$

TABLA 3. EMISION DE CO2 A LA ATMÓSFERA CON EL USO DE GLP AL DÍA, MES Y AÑO.

	Kg de CO2 Emitidos a la Atmósfera			
	Datos	Día	Mensual	Anual
# Cilindro GLP (15Kg)	1	0,5	15	180
Kg GLP	15,00	7,50	225,00	2700,00
Kg CO2	40,50	20,25	607,50	7290,00

3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE LA MICROEMPRESA CHIMBORAZO

La quesería “El Nevadito” cuenta con cinco secciones importantes dentro de sus instalaciones: bodega, oficina, área de producción de quesos, área de enfundado y almacenamiento, caldero, mismas que se encuentran localizadas adecuadamente. La empresa fue instalada en el año de 1988 aproximadamente en la comunidad Chimborazo Milancahuan, ha venido realizando su proceso de fabricación de quesos con éxito durante 21 años.

El área de influencia está comprendida por las cinco áreas ya mencionadas, en estas instalaciones son donde se generan los productos para su respectiva distribución hacia el cliente. Las actividades que se desarrollan en la microempresa son: producción, almacenamiento y distribución de producto final. Cuenta al mismo tiempo con un área para su mejoramiento.

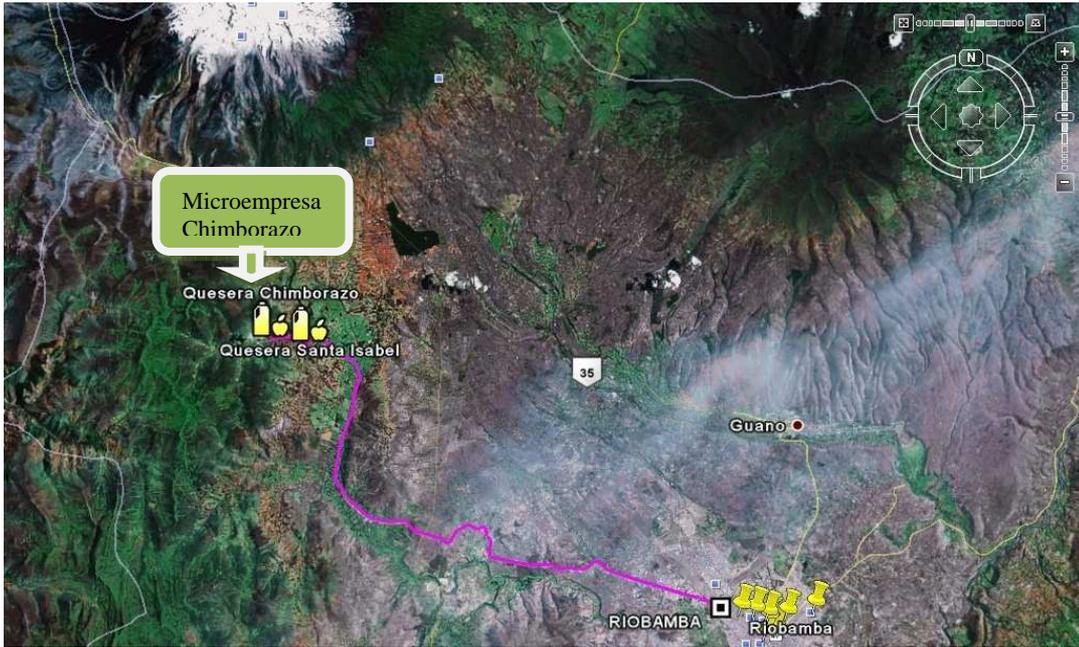
3.2.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y POLÍTICO-ADMINISTRATIVA

El área de influencia de la microempresa “El Nevadito”, se ubica en la Provincia de Chimborazo, al noroeste de la ciudad de Riobamba a 24,48 kilómetros a 3511 m.s.n.m. en la parroquia San Juan, Comunidad Chimborazo Milancahuan,

Su posición geografía se encuentra definida en:

LATITUD: 1°34'43.08"S

LONGITUD: 78°48'37.48"O



FOTOGRAFÍA 6. MAGELLAN EXPLORIST XL- GPS

3.2.2. DEFINICIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

La microempresa se encuentra en una zona rural de acuerdo al plan de desarrollo urbano de la ciudad de Riobamba. Su infraestructura ocupa un terreno de trescientos nueve con cuarenta y cinco metros cuadrados ($309.45m^2$). En su área circundante se encuentran varias actividades de tipo educativo, agrícola, y sectores destinados a viviendas, permitiendo que sea un sector de gran actividad socio-económica.

3.2.3. ACTIVIDADES DE PRODUCCIÓN

Se describen las principales actividades desarrolladas en la microempresa actualmente correspondientes a la etapa de operación de sus líneas de producción.

A continuación se plantea un resumen del proceso de fabricación de quesos.

“*El Nevadito*” cuenta, con una de planta de producción moderna cuyo inicio se dio gracias al aporte de Visión Mundial para la fabricación de productos lácteos, específicamente el queso. Esta tecnología fue implementada en el año 1988 como resultado de la inversión de ésta ONG.

La capacidad anual de producción alcanza a 54.000 quesos, para ello y para la total operación de la microempresa cuenta con 2 empleados, el quesero y un ayudante.

Desde que inició su operación normal, producía 40 quesos al día aproximadamente con registro sanitario conforme a la Norma INEN, los requisitos se rigen al siguiente apartado: NTE INEN 1528:87 AL 03.01-420 6 p.

Diagrama de Flujo para la producción de queso el Nevadito, Chimborazo

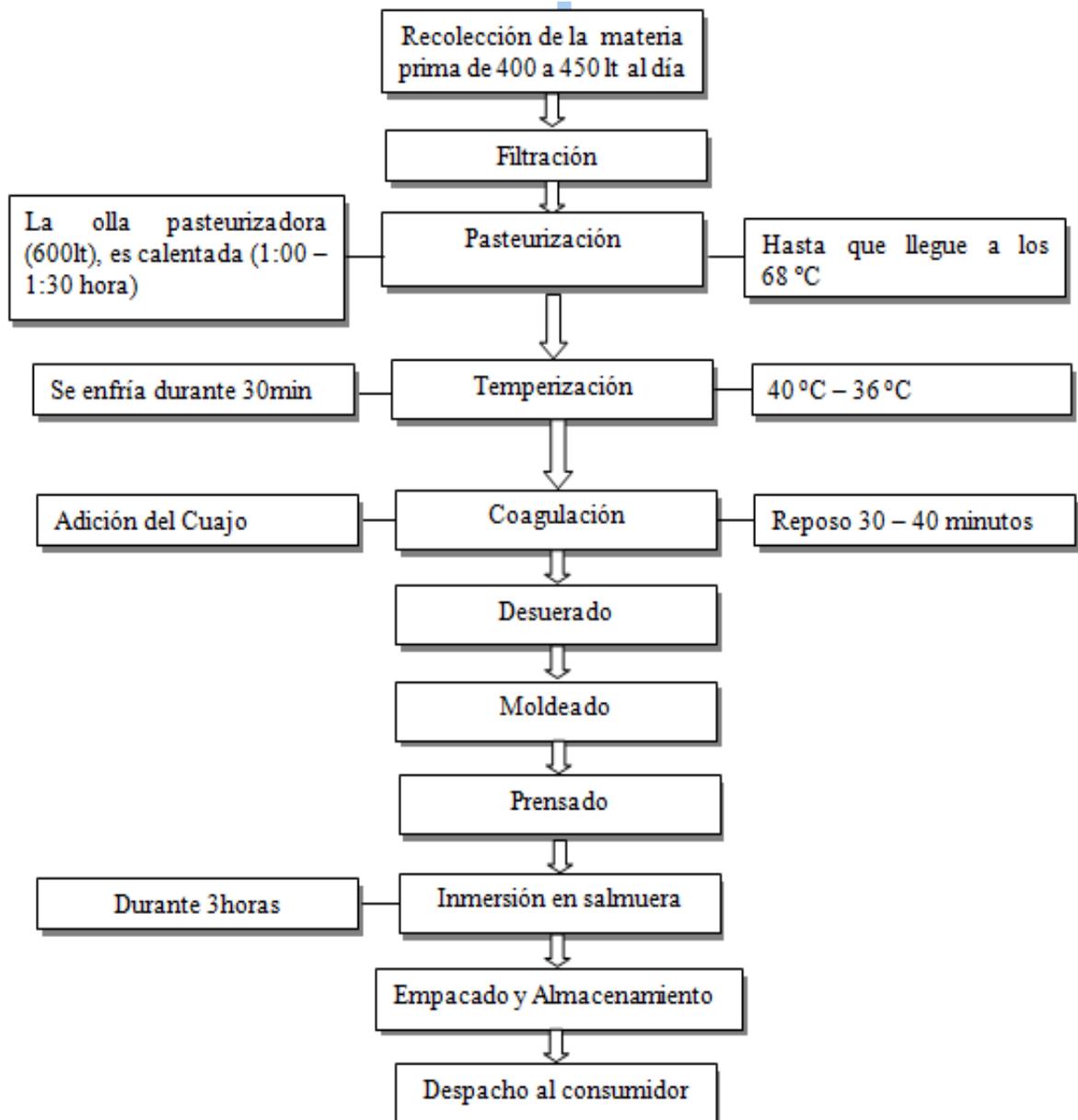


DIAGRAMA 2. QUESERA CHIMBORAZO, EL NEVADITO

3.2.4. PROCESO DE PASTEURIZACIÓN

Se enciende el caldero, el mismo que funciona con diesel (8,57lts/día), el diesel permite calentar el agua para producir vapor durante 60 – 90 minutos. El vapor se dirige o transporta por una tubería, y termina en la olla pasteurizadora (acero inoxidable de 600lts), para poder así calentar la leche recolectada (400-450lts/día) en este proceso a una temperatura de 68°C, durante el transcurso del tiempo que toma el proceso, la leche es agitada, luego dejan de suministrar calor y se realiza la temperización, haciendo circular un flujo de agua fría durante 30 – 45 minutos, hasta que la temperatura descienda 36-40°C, y el cambio térmico se haya completado.



FOTOGRAFÍA 7. PROCESO DE PASTEURIZACIÓN

3.2.5. PROCESO DE CÁLCULO

3.2.5.1. Consumo Energético Actual

3.2.5.1.1. Calor Generado (Diesel)

La cantidad de calor que está generando actualmente con el uso de Diesel se evalúa de la siguiente manera:

$$Q_c = \dot{m} * C_e$$

Donde se tiene que:

Q_c : calor generado por el calentador

\dot{m} : flujo másico del diesel 8,57lts /h = 7,41Kg/h (Ver Anexo 1)

C_e : Poder calorífico del Diesel 10006,69Kcal/Kg = 41868KJ/Kg (Ver Anexo 1)

$$Q_c = 7,41Kg/h * 10006,69Kcal/Kg$$

$$Q_c = 74149,57Kcal/h$$

$$Q_c = 310,42MJ/h$$

$$Q_c = 294236,97BTU \text{ (Proceso)}$$

TABLA 4. CÁLCULO DEL CALOR GENERADO CON DIESEL EN EL DÍA, MES Y AÑO.

Calor Generado (Diesel) en el Proceso de Pasteurización			
	Día	Mensual	Anual
Diesel (lts)	8,57	257,1	3085,2
MJ	310,42	9312,6	111751,2
BTU	294236,97	8827109,1	105925309,2

3.2.5.1.2. Calor Absorbido (Calor útil por el Agua)

El calor absorbido en el interior de la pasteurizadora.

$$Q_a = C_e * m * (t_{pa} - t_r) * n * \rho$$

Donde se tiene que:

Q_a : Energía Térmica necesaria [J/mes]

C_e : Calor específico del agua (4187 J/Kg. °C). (Ver Anexo 2)

m : Caudal [lt/día] (530lt/día)

t_{pa} : Temperatura del pasteurizador (79 °C).

t_r : Temperatura media del agua fría de la red (18 °C).

n : Número de días del mes que se considera.

ρ_c : Densidad del agua [1 Kg/lts]

$$Q_a = 0,004187 \text{ MJ/KgC} * 530 \text{ lts/dia} * (79\text{C} - 18\text{C}) * 1 \text{ dia} * 1 \text{ Kg/lts}$$

$$Q_a = 135,37 \text{ MJ}$$

$$Q_a = 128312,80 \text{ BTU(Proceso)}$$

TABLA 5. CÁLCULO DEL CALOR ABSORBIDO EN EL DÍA, MES Y AÑO.

Calor Absorbido en el Proceso de Pasteurización			
	Día	Mensual	Anual
MJ	135,37	4061,1	48733,2
BTU	128312,80	3849383,89	46192606,64

3.2.5.1.3. Eficiencia de calor producida por Diesel

Para lograr la eficiencia del uso de Diesel se utiliza la siguiente ecuación:

$$n = \frac{\text{Calor absorbido}}{\text{Calor Generado}} * 100$$

$$n = \frac{128312,80\text{BTU}}{294236,97\text{ BTU}} * 100$$

$$n = 43,61\%$$

3.2.5.1.4. Pérdidas de Calor en el Sistema Actual (Diesel)

Las pérdidas que se producen en el proceso actual con el uso de Diesel, se evalúa de la siguiente manera:

$$\text{Pérdidas de Calor} = \text{Calor Generado} - \text{Calor absorbido}$$

$$\text{Pérdidas de Calor} = 310,42\text{MJ} - 135,37\text{MJ}$$

$$\text{Pérdidas de Calor} = 175,05\text{MJ}$$

$$\text{Pérdidas de Calor} = 165924,17\text{ BTU (Proceso)}$$

$$\text{Pérdidas de Calor} = \frac{165924,17\text{ BTU}}{294236,97\text{ BTU}} * 100$$

$$\text{Pérdidas de Calor} = 56,39\%$$

3.2.5.1.5. Emisión de CO2 a la Atmósfera

La cantidad de CO2 emitidos a la atmósfera por el uso de Diesel, calculamos de la siguiente manera:

1lts Diesel Emite 2,7Kg CO2

(Ver Anexo 4)

1Kg Diesel Emite 3,12Kg CO2

$$CO_2 \text{ Atmosfera} = 7,41 \text{Kg Diesel} * \frac{3,12 \text{Kg } CO_2}{1 \text{Kg Diesel}}$$

$$Kg \text{ } CO_2 \text{ Atmosfera} = 23,12 \text{ (Proceso)}$$

TABLA 6. EMISION DE CO2 ALA ATMÓSFERA CON EL USO DE DIESEL AL DÍA, MES Y AÑO.

Kg de CO2 Emitidos a la Atmósfera			
	Día	Mensual	Anual
Diesel (lts)	8,57	257,1	3085,2
Kg Diesel	7,41	222,3	2667,6
Kg CO2	23,12	693,6	8323,2

3.2.5.1.6. Caracterización de los Contaminantes del Caldero

Datos:

Masa del Diesel = 30,6Kg

Tiempo de la totalidad de consumo del diesel = 7 días

[Diesel] = 5×10^{-5} Kg/s

TABLA 7. VALORES CARACTERÍSTICOS DEL DIESEL

Humedad	Ceniza	Carbono	Hidrógeno	Nitrógeno + Oxígeno	Azufre	Capacidad Calórica (MJ/Kg)
0,3	0,04	85,2	11,3	0,36	2,8	40,5

Q = Cantidad

$$Q_{\text{partículas}} = \frac{0,04}{100} \left(\frac{5,06 \times 10^{-5} \text{Kg}}{s} \right)$$

$$Q_{\text{partículas}} = 2,024 \times 10^{-8} \text{Kg/s}$$

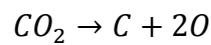
$$Q_{\text{partículas en suspensión}} = \frac{80}{100} \left(\frac{2,024 \times 10^{-8} \text{Kg}}{s} \right)$$

$$Q_{\text{partículas en suspensión}} = 1,6 \times 10^{-8} \text{ Kg/s}$$

- **Para Determinar CO₂**

$$Q_C = \frac{85,2}{100} \left(\frac{5,06 \times 10^{-5} \text{ Kg}}{s} \right)$$

$$Q_C = 4,31 \times 10^{-5} \text{ Kg/s}$$



$$Q_{\text{CO}_2} = Q_C + Q_{2\text{O}}$$

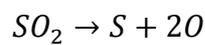
$$Q_{\text{CO}_2} = 4,31 \times 10^{-5} + \left(\frac{32}{12} \right) (4,31 \times 10^{-5})$$

$$Q_{\text{CO}_2} = 1,58 \times 10^{-4} \text{ Kg/s}$$

- **Para Determinar SO₂**

$$Q_S = \frac{2,8}{100} \left(\frac{5,06 \times 10^{-5} \text{ Kg}}{s} \right)$$

$$Q_C = 1,4 \times 10^{-6} \text{ Kg/s}$$



$$Q_{\text{SO}_2} = Q_S + Q_{2\text{O}}$$

$$Q_{\text{SO}_2} = 1,4 \times 10^{-6} + \left(\frac{32}{32,064} \right) (1,4 \times 10^{-6})$$

$$Q_{\text{SO}_2} = 2,8 \times 10^{-6} \text{ Kg/s}$$

3.3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA ENERGETICO PROPUESTO

3.3.1. ESQUEMA DEL PROCESO DE CÁLCULO.

3.3.1.1. Variables de Dimensionamiento del Proyecto

La proyección de equipos o el conocimiento de la dimensión característica del equipo o sistema, en el caso de energía solar, el área de los paneles solares, se basa en la determinación de dos variables:

- Necesidad o demanda energética (necesidad de agua caliente en el proceso)
- Recurso energético disponible (cantidad de radiación solar incidente)

Identificados estos dos parámetros se puede confrontar los mismos y buscar una alternativa de equipo de transformación de energía solar para calentamiento de agua, sea de uso doméstico o industrial.

3.3.1.1.1. Necesidad o Demanda Energética

Es la cantidad que se requiere para un determinado fin, en el caso que se requiera calentar agua se determinará esta demanda mediante la determinación del calor requerido para calentar el fluido.

➤ Calculo del Caudal

Para calcular el caudal utilizamos el método volumétrico, que consta de un recipiente de volumen conocido (balde de 10lts), y tomamos el tiempo que demora en llenarse, se mide por medio de un cronómetro (el tiempo que tarda en llenarse debe ser medido con precisión). La variación entre diversas mediciones efectuadas sucesivamente dará una indicación de la precisión de los resultados. Finalmente aplicamos la siguiente fórmula para calcular el caudal $Q = V / t$ y los resultados se muestran en las tablas 8 y 9:

TABLA 8. CÁLCULO DEL CAUDAL POR EL MÉTODO VOLUMÉTRICO EN LA QUESERA SANTA ISABEL

CAUDAL			
(V) volumen lts	(T) tiempo s	(Q) caudal lts/s	(Q) caudal m³/s
10	23,59	0,4239	0,00042
10	23,07	0,4335	0,00043
10	23,85	0,4193	0,00042
10	23,33	0,4286	0,00043
	PROMEDIO	0,4263	0,00043

TABLA 9. CÁLCULO DEL CAUDAL POR EL MÉTODO VOLUMÉTRICO EN LA QUESERA DE CHIMBORAZO

(V) volumen lts	(T) tiempo s	(Q) caudal lts/s	(Q) caudal m³/s
10	25,71	0,3890	0,00039
10	25,14	0,3870	0,00040
10	25,10	0,3984	0,00040
10	26,23	0,3812	0,00040
	PROMEDIO	0,3889	0,00040

➤ **Calculo del Caudal en el Proceso de Pasteurización**

TABLA 10. VOLUMEN DE AGUA NECESARIA EN EL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN EN LA QUESERA SANTA ISABEL Y CHIMBORAZO

QUESERA DE SANTA ISABEL				
(Q) caudal m³/s	(T) tiempo s	Repeticiones	(V) volumen m³	(V) volumen lts
0,00043	160	1	0,068	69
QUESERA DE CHIMBORAZO				
(Q) caudal m³/s	(T) tiempo s	Repeticiones	(V) volumen m³	(V) volumen lts
0,00040	199	1	0,080	80

➤ **Calculo del Consumo Energético**

Calculamos el consumo energético mensual, es decir la carga mensual necesaria para el calentamiento del agua para el proceso de pasteurización, se valoró con la siguiente ecuación:

$$Q_a = C_e \cdot m \cdot (t_{ac} - t_r) \cdot n \cdot \rho$$

Donde se tiene que:

Q_a : Energía Térmica necesaria [J/mes]

C_e : Calor específico del agua (4187 J/Kg. °C).

m : Caudal [l/día] (120lts/día)

t_{ac} : Temperatura del acumulador (75 °C).

t_t : Temperatura media del agua fría de la red (18 °C).

n : Número de días del mes que se considera.

ρ_c : Densidad del agua [1 Kg/lts]

TABLA 11. CONSUMO DE AGUA NECESARIA EN EL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN DIARIA Y MENSUAL

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Días /mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
m(lts/día)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
m(lts/mes)	3720	3360	3720	3600	3720	3600	3720	3720	3600	3720	3600	3720

TABLA 12. CONSUMO DE ENERGIA NECESARIA MENSUAL EN EL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T. Demanda (°C)	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
T. Fría red (°C)	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Salto T. (°C)	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
Consumo [MJ]	887,8	801,9	887,8	859,2	887,8	859,2	887,8	887,8	859,2	887,8	859,2	887,8

TABLA 13. CALOR ABSORBIDO POR EL AGUA EN EL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN AL 100% EN EL DÍA, MES Y AÑO.

Consumo Energético en el Proceso de Pasteurización			
	Día	Mensual	Anual
MJ	29,04	871,11	10453,3
BTU	27526,07	825696,68	9908341,23

TABLA 14. CALOR ABSORBIDO POR EL AGUA CON UN 85% A CUBRIR EN EL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN EN EL DÍA, MES Y AÑO.

Consumo Energético en el Proceso de Pasteurización			
	Día	Mensual	Anual
MJ	24,68	740,44	8885,27
BTU	23393,36	701838,86	8422056,87

Se procederá a cubrir un 85% del total de la energía necesaria para el proceso de pasteurización, debido a que la radiación incidente no tiene la misma intensidad todos los días como se ha podido verificar en los datos obtenidos en la Estación Meteorológica (Symphonie Data Retriever), existe variabilidades máximas y mínimas de la radiación en un día, por lo que no es recomendable trabajar al 100% porque se estaría sobredimensionando el sistema, causando problemas de sobreproducción de energía en días de máxima radiación, se recomienda trabajar con un porcentaje mínimo de energía auxiliar ya sea GLP, diésel o energía eléctrica en días de mínima radiación.

➤ **Temperatura Ambiente**

Datos proporcionados por la estación meteorológica Symphonie Data Retriever, tomados en las horas de máxima radiación (horas de trabajo), durante el proceso de producción que nos servirán para el cálculo del rendimiento de los colectores en el diseño del Sistema Térmico Solar para el proceso de pasteurización en las Queseras de las dos comunidades. Se obtuvo datos de la temperatura ambiente tanto diaria como mensual, ver tablas: 15 y 16:

TABLA 15. DATOS DE LA TEMPERATURA MEDIA AMBIENTE DIARIA EN LOS AÑOS 2007- 2010

	N	Media
Ocho	7320	14,1
Nueve	7320	15,7
Diez	7320	17,1
Once	7320	18,1
Doce	7320	18,7
Trece	7320	18,9
Catorce	7320	18,7
Quince	7320	18,1
Dieciséis	7320	17,3
	Media =	17,4

GRAFICA 1. TEMPERATURA AMBIENTE VS HORAS DE PRODUCCIÓN

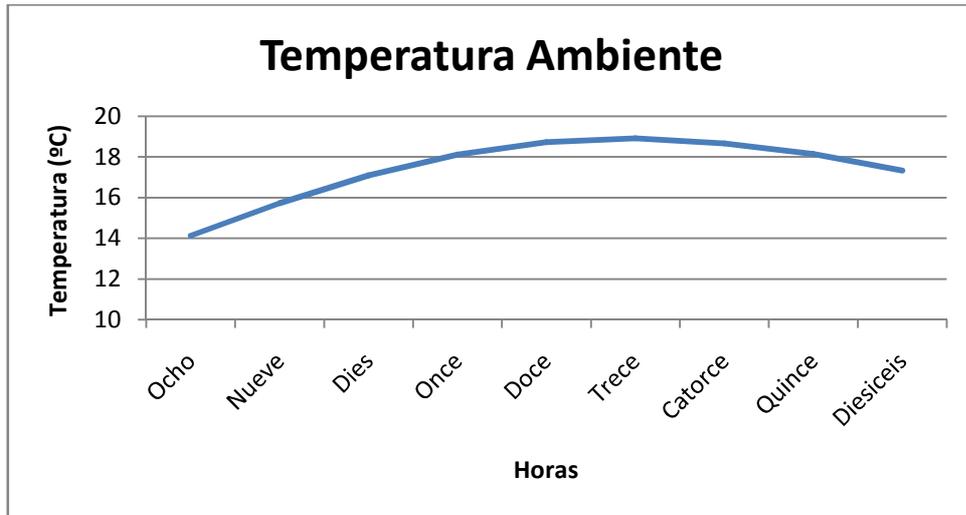


TABLA 16. DATOS DE LA TEMPERATURA MEDIA AMBIENTE MENSUAL EN LOS AÑOS 2007- 2010

Mes	°T amb
Enero	17,6
Febrero	17,5
Marzo	18,1
Abril	17,8
Mayo	18,0
Junio	16,3
Julio	17,1
Agosto	16,2
Septiembre	16,8
Octubre	17,5
Noviembre	17,9
Diciembre	17,9

FUENTE: ESTACIÓN METEOROLÓGICA SYMPHONIE DATA RETRIEVER, ESPOCH – FACULTAD DE CIENCIAS

3.3.1.1.2. Recurso Energético Disponible

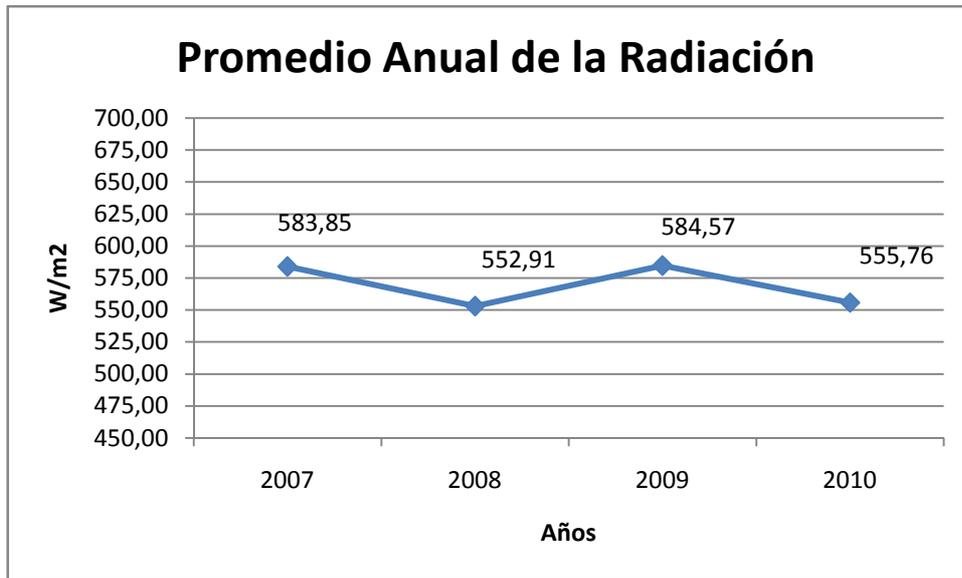
Es la cantidad de radiación solar que llega a la superficie de la tierra, se puede obtener por diferentes expresiones matemáticas o también a través de mediciones realizadas en una estación meteorológica, en este caso los datos fueron facilitados por la Estación Meteorológica Symphonie Data Retriever, ESPOCH – Facultad de Ciencias.

TABLA 17. DATOS DE LA RADIACIÓN MEDIA ANUAL EN LOS AÑOS 2007- 2010

Año	Intensidad (W/m²)
2007	583,85
2008	552,91
2009	584,57
2010	555,76

FUENTE: ESTACIÓN METEOROLÓGICA SYMPHONIE DATA RETRIEVER, ESPOCH – FACULTAD DE CIENCIAS

GRAFICA 2. RADIACIÓN SOLAR VS AÑOS



➤ **Calculo de Energía Incidente**

Los colectores se deben situar de tal forma que a lo largo del periodo de utilización del equipo solar aprovechen día a día el máximo posible de la radiación incidente. Para obtener la mejor ganancia solar se debe orientar hacia el sur geográfico. El ángulo de inclinación de los colectores con el plano horizontal es un factor importante en la eficacia del equipo solar. El ángulo de inclinación dependerá del uso del equipo solar.

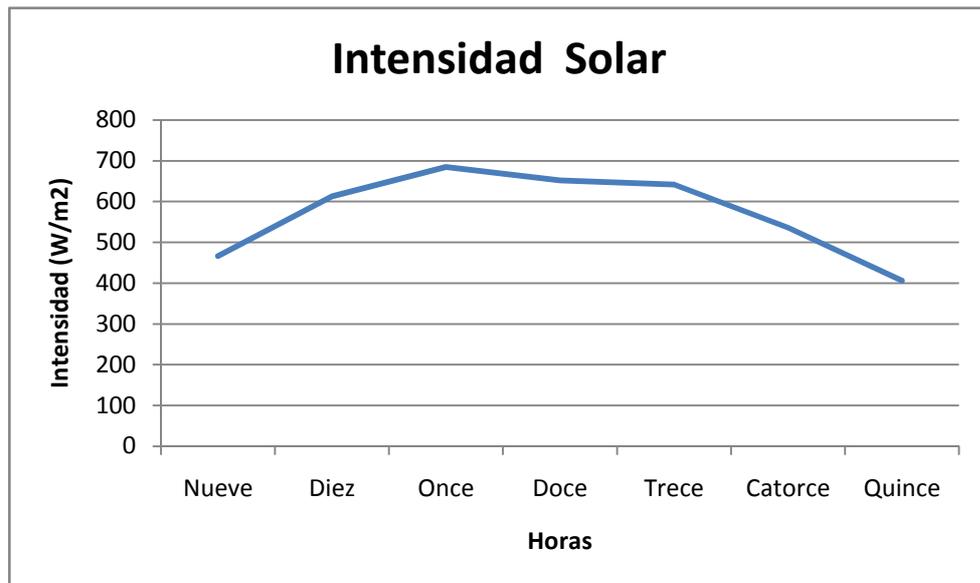
De la tabla 18 se obtuvo la hora útil de radiación solar media diaria, realizando una sumatoria de las intensidades medias del día y dividiendo para la intensidad máxima que fue a las 11 am. Dándonos como resultado 6,00 horas útiles durante el día. Esto nos sirve para calcular H (energía media incidente sobre superficie horizontal /m²).

TABLA 18. INTENSIDAD MEDIA SOLAR DIARIA EN LOS AÑOS 2007- 2010

Horas	# Muestra	Intensidad Media (W/m ²)
Nueve	7182	466,085
Diez	7182	612,257
Once	7182	684,5004
Doce	7182	651,4582
Trece	7182	641,3739
Catorce	7182	535,7054
Quince	7182	405,911
	□ =	3997,29
	horas/día	6

FUENTE: ESTACIÓN METEOROLÓGICA SYMPHONIE DATA RETRIEVER, ESPOCH – FACULTAD DE CIENCIAS

GRAFICA 3. INTENSIDAD SOLAR VS HORAS DE INSOLACIÓN.



En la Grafica 3 podemos observar q existe un crecimiento moderado de la intensidad solar, desde las nueve hasta las once de la mañana, mientras que a las doce en adelante empieza a descender la intensidad radiante del sol.

En la tabla 19 se obtuvo la energía H (Radiación), en mega julios que incide sobre un m² de superficie horizontal en un día medio de cada mes, con los datos de la intensidad

media solar obtenidos de la estación meteorológica Symphonie Data Retriever, ESPOCH – Facultad de Ciencias.

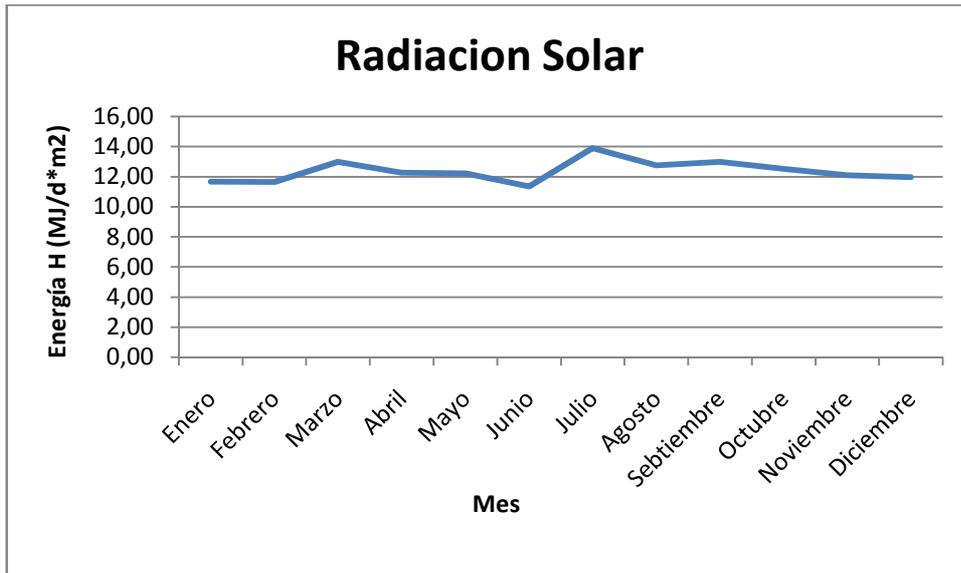
Hallamos H (energía media incidente sobre superficie horizontal /m²), multiplicando I (intensidad W/m²), por h (horas útiles de sol en segundos)

TABLA 19. ENERGÍA MEDIA INCIDENTE SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL POR METRO CUADRADO

Mes	Intensidad Media (W/m ²)	Radiación H (MJ/d*m ²)
Enero	539,27	11,65
Febrero	538,61	11,63
Marzo	600,50	12,97
Abril	567,32	12,25
Mayo	565,03	12,20
Junio	524,82	11,34
Julio	643,51	13,90
Agosto	590,13	12,75
Septiembre	601,04	12,98
Octubre	579,22	12,51
Noviembre	559,18	12,08
Diciembre	553,96	11,97

FUENTE: ESTACIÓN METEOROLÓGICA SYMPHONIE DATA RETRIEVER, ESPOCH – FACULTAD DE CIENCIAS

GRAFICA 4. RADIACIÓN SOLAR VS MESES DE INSOLACIÓN.



Se calculo $E = 0,94*k*H$ (Energía incidente) para cada día medio mensual, donde 0,94 es un factor de corrección por perdidas de calor.

$$E = 0,94*k*H$$

E: Energía incidente

Factor K: 16° inclinación (1)

H: Radiación [MJ/d*m²]

TABLA 20. CALCULO DE LA ENERGÍA INCIDENTE

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
H=Radiación [MJ/d*m ²]	11,7	11,6	13,0	12,3	12,2	11,3	13,9	12,8	13,0	12,5	12,1	12,0
K (16° inclinación)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
E=0,94*H*K[MJ/d*m ²]	11,0	10,9	12,2	11,5	11,5	10,6	13,1	12,0	12,2	11,8	11,4	11,3

Se modifíco el valor de H con el factor k de la inclinación de 16°, dándole un valor de 1, que se considero teniendo en cuenta la latitud del lugar.

➤ **Calculo de la Intensidad**

Se calculo la intensidad en W/m² utilizando la siguiente ecuación:

$$I = \frac{E}{t}$$

I: Intensidad (W/m²)

E: Energía incidente (MJ/d*m²)

t: Horas útiles (s)

TABLA 21. CALCULO DE LA INTENSIDAD

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Horas útiles	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
I[W/m ²]	507,0	506,1	564,4	533,1	530,9	492,6	604,9	554,9	564,9	544,4	525,7	520,9

➤ **Calculo del Rendimiento**

Calculo del rendimiento medio mensual del colector, que es un dato del fabricante.

$$\eta = F_R * (\tau * \alpha)_N - F_R * U_L \left[\frac{t_m - t_a}{I} \right]$$

η : Rendimiento medio mensual del colector

t_m : temperatura máxima (75°C).

t_a : temperatura ambiente en °C.

I : Intensidad [W/m²]

Los datos del fabricante fueron:

$$F_R * (\tau * \alpha)_N = 0,824$$

$$F_R * U_L = 5,15$$

TABLA 22. CALCULO MENSUAL DEL RENDIMIENTO DE LOS COLECTORES

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ta (°C)	17,6	17,5	18,1	17,8	18	16,3	17,1	16,2	16,8	17,5	17,9	17,9
Tm (°C)	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Fr*(τ*α)n	0,824	0,824	0,824	0,82	0,82	0,824	0,82	0,82	0,824	0,824	0,82	0,82
Fr*UI	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15
Rendimiento (□)	0,24	0,24	0,30	0,27	0,27	0,21	0,33	0,28	0,29	0,28	0,26	0,26

➤ **Calculo de la Aportación**

Calculo de la aportación medio mensual por m² del colector ($\eta * E$)

$$\eta * E \text{ [MJ/m}^2 * \text{d]}$$

η : Rendimiento medio mensual del colector

E : Energía incidente [MJ/m²*d]

TABLA 23. CÁLCULO MENSUAL DE LA ENERGÍA APORTADA DE LOS COLECTORES

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
□*E(MJ/m ² *d)	2,64	2,61	3,72	3,13	3,11	2,24	4,33	3,33	3,58	3,29	3,00	2,92

➤ **Cálculo Corrección de la Aportación**

Caso general:

$$0,85*\eta*E$$

η : Rendimiento medio mensual del colector

E: Energía incidente [MJ/m²*d]

0,85: factor de corrección para pérdidas de calor

TABLA 24. CÁLCULO CORRECCIÓN DE LA APORTACIÓN

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0,85* η *E	2,24	2,22	3,16	2,66	2,64	1,90	3,68	2,83	3,04	2,80	2,55	2,48

$$0,85*\eta*E*N$$

N: Número de días del mes que se considera.

TABLA 25. CÁLCULO CORRECCIÓN DE LA APORTACIÓN MENSUAL

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0,85* η *E*N	69,5	62,2	97,9	79,7	81,9	57,1	114,0	87,9	91,3	86,8	76,6	76,9

3.3.1.2. Cálculo del Área Necesaria para los Colectores

3.3.1.2.1. Cálculo de los m² Necesarios

$$m^2Necesarios = \frac{Necesidad\ Anual\ de\ Consumo}{Energía\ Anual\ Neta\ Disponible}$$

Necesidades anuales de consumo: suma de demanda mensual de energía térmica de los doce meses.

Consumo Anual a cubrir (MJ) = 8885,27

Energía anual neta disponible: Suma de la producción de energía térmica mensual de los colectores para los doce meses.

Aportación Anual (MJ) = 981,8

$$m^2Necesarios = \frac{8885,27 MJ}{981,80 MJ}$$

$$m^2Necesarios = 9,05$$

3.3.1.2.2. Cálculo de Paneles Solares Necesarios

Las especificaciones, modelo y el dimensionado del colector que se ha elegido podemos observar en el Anexo 5.

$$Paneles\ solares\ necesarios = \frac{m^2Necesarios}{m^2colector}$$

$$Paneles\ solares\ necesarios = \frac{9,05m^2}{2,51m^2}$$

$$Paneles\ solares\ necesarios = 3,61 \cong 4,00\ Paneles$$

3.3.1.2.3. Cálculo de los m² a Instalar

$$m^2a\ Instalar = Paneles\ Elegidos * m^2colector$$

$$m^2a \text{ Instalar} = 4 * 2,51m^2$$

$$m^2a \text{ Instalar} = 10,04m^2$$

3.3.2. SISTEMA AUXILIAR

Para asegurar la continuidad del suministro de agua caliente durante el proceso de pasteurización en las microempresas, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía auxiliar.

En el sistema propuesto se cubrirá el 85% con energía solar térmica. Debido a los cambios de los procesos meteorológicos la radiación incidente no va hacer la misma, por lo que se trabajará con un 15% de energía auxiliar (GLP y Diesel), para los días de mínima radiación.

➤ Consumo de Gas (GLP)

$$\begin{array}{ccc} 15 \text{ Cilindros GLP/mes} & \longrightarrow & 100 \% \\ X & & 15\% \end{array}$$

$$X = \frac{(15 \text{ Cilindros GLP} * 15\%)}{100\%}$$

$$X = 2.25 \text{ Cilindros GLP/mes}$$

1Kg GLP Emite 2,7Kg CO2

(Ver Anexo 3)

$$CO_2 \text{ Atmósfera} = 1,13Kg \text{ GLP} * \frac{2,7Kg \text{ CO}_2}{1Kg \text{ GLP}}$$

$$Kg \text{ CO}_2 \text{ Atmósfera} = 3,04 \text{ (Proceso)}$$

TABLA 26. CONSUMO DE GLP Y EMISIONES DE CO2 A LA ATMÓSFERA AL DIA, MES Y AÑO CON EL SISTEMA AUXILIAR

	Consumo de GLP y Emisiones de CO2 a la Atmósfera			
	Datos	Día	Mensual	Anual
# Cilindro GLP (15Kg)	1	0,075	2,25	27
Kg GLP	15,00	1,13	33,90	406,80
Kg CO2	40,50	3,04	91,20	1094,40

➤ **Consumo de Diesel**

$$257,10\text{ lts de diesel/mes} \longrightarrow 100\%$$

$$X \qquad \qquad \qquad 15\%$$

$$X = \frac{(257,10\text{ lts de diesel/mes} * 15\%)}{100\%}$$

$$X = 38,57 \text{ lts de diesel/mes}$$

1lts Diesel Emite 2,7Kg CO2

(Ver Anexo 4)

1Kg Diesel Emite 3,12Kg CO2

$$CO_2 \text{ Atmósfera} = 1,12\text{Kg Diesel} * \frac{3,12\text{Kg } CO_2}{1\text{Kg Diesel}}$$

$$Kg CO_2 \text{ Atmósfera} = 3,49(\text{Proceso})$$

TABLA 27. CONSUMO DE DIESEL Y EMISIONES DE CO2 A LA ATMÓSFERA AL DÍA, MES Y AÑO CON EL SISTEMA AUXILIAR

Consumo de Diesel y Emisiones de CO2 a la Atmósfera			
	Día	Mensual	Anual
Diesel (lts)	1,29	38,57	462,84
Kg Diesel	1,12	33,36	400,36
Kg CO2	3,49	104,70	1256,40

CAPITULO IV

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y PROPUESTA DEL PROYECTO

4.1. RESULTADOS

TABLA 28. RESULTADOS EN EL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN ACTUAL

CARACTERÍSTICAS	MICROEMPRESA SANTA ISABEL (Queso Fresco)	MICROEMPRESA CHIMBORAZO (El Nevadito)	Unid
Capacidad de la Olla Pasteurizadora	550	600	Its
Materia Prima (Leche)	350 - 400	400 - 450	Its/día
°T Pasteurización (leche)	65	65	°C
H2O necesaria para la Pasteurización	70	80	Its
Temperatura máxima de calentamiento	72	79	°C
Consumo de GLP	7,5	–	Kg/Proc
Consumo de Diesel	–	7,41	Kg/Proc
Calor Generado	345,00	310,42	MJ
	327014,22	294236,97	BTU
Calor Absorbido	106,27	135,37	MJ
	100729,86	128312,8	BTU
Eficiencia de calor producida	30,80	43,61	%
Perdidas de Calor	69,20	56,39	%
Emisión de CO2 a la Atmósfera	20,25	23,12	Kg

En la tabla 28. Podemos observar que en el proceso de pasteurización actual, el tipo de combustible empleado para generar calor en la quesera “Queso Fresco” es GLP, mientras que en la quesera “El Nevadito” el combustible usado es diesel. Las

diferencias en la cantidad de materia prima que procesan y el tamaño de las pasteurizadoras no son muy significativas entre las queseras.

TABLA 29. RESULTADOS DEL SISTEMA PROPUESTO

CARACTERISTICAS	MICROEMPRESA SANTA ISABEL (Queso Fresco)	MICROEMPRESA CHIMBORAZO (El Nevadito)	Unid
Capacidad de la Olla Pasteurizadora	550	600	lts
Materia Prima (Leche)	350 - 400	400 - 450	lts/día
°T Pasteurización (leche)	65	65	°C
Consumo máximo H2O	120	120	lts/día
H2O necesaria para la Pasteurización	70	80	lts
Temperatura máxima de calentamiento	75	75	°C
Consumo Energético (100%)	29,04	29,04	MJ
	27526,07	27526,07	BTU
Consumo Energético a cubrir (85%)	24,68	24,68	MJ
	23393,36	23393,36	BTU
Intensidad Media	684,50	684,50	W/m ²
Horas de trabajo (Insolación)	6,00	6,00	h
Energía Incidente	11,60	11,60	MJ/d*m ²
Rendimiento (Colector)	27,04	27,04	%
Área Disponible	51,46	57,19	m ²
Área a Instalar (Colectores)	10,04	10,04	m ²
Dimensiones del Colector Solar	(1,56 * 2,38 * 0,090)	(1,56 * 2,38 * 0,090)	m
Tiempo de vida útil	20 -25	20 - 25	años
Paneles Solares Necesarios	4,00	4,00	#
Acumulador	1	1	#
Capacidad Acumulador	120	120	lts

En la tabla 29. Luego de realizar los cálculos, y con los datos obtenidos simulamos el Sistema Térmico Solar en el software, se obtuvo como resultado 4 colectores solares necesarios para obtener la energía calórica suficiente durante el proceso de pasteurización, y un acumulador de 120lts/día, como almacenamiento, cabe destacar que el diseño del sistema solar térmico va a ser el mismo en las dos microempresas ya que la cantidad de materia prima a pasteurizar son muy similares.

En la quesería Queso Fresco, Santa Isabel como en la quesería El Nevadito, Chimborazo, se utilizará sistemas de energías auxiliares con GLP y Diesel respectivamente, esto compensará la energía calórica requerida en los días de baja radiación y poder llegar así a la temperatura deseada durante el proceso de pasteurización.

4.1.1. CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Analíticamente el consumo de combustible que se requiere al usar el sistema auxiliar cuando la radiación solar sea baja, y considerando el gasto másico del sistema actual, existirá una disminución considerable de combustible al utilizar en el sistema propuesto.

TABLA 30. RESUMEN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE (GLP DE 15Kg)

Consumo de Combustible						
Variables	Día		Mes		Año	
	Consumo (Kg)	Consumo Cilindros	Consumo (Kg)	Consumo Cilindros	Consumo (Kg)	Consumo Cilindros
Calentador Actual con GLP	7,50	0,50	225,00	15,00	2700,00	180,00
Sistema Auxiliar Propuesto (15%)	1,13	0,075	33,90	2,25	406,80	27,00
Ahorro	6,37	0,43	191,10	12,75	2293,20	153,00

TABLA 31. RESUMEN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE (DIESEL)

Consumo de Combustible						
	Día		Mes		Año	
Variables	Consumo (Its)	Consumo (Kg)	Consumo (Its)	Consumo (Kg)	Consumo (Its)	Consumo (Kg)
Calentador Actual con Diesel	8,57	7,41	257,10	222,30	3085,20	2667,60
Sistema Auxiliar Propuesto (15%)	1,29	1,120	38,57	33,36	462,84	400,36
Ahorro	7,28	6,29	218,53	188,94	2622,36	2267,24

Al observar los resultados en las tablas anteriores podemos identificar un ahorro significativo de consumo de combustible en el diseño propuesto, si cubrimos el 85% con energía solar, dándonos un ahorro positivo tanto en el ámbito ambiental como económico.

4.1.2. EMISIÓN DE CO2 POR LOS CALENTADORES

TABLA 32. RESUMEN DE LA EMISIÓN DE CO2 (GLP)

Emisión de CO2 a la Atmósfera			
	Día	Mes	Año
Variables	Kg CO2	Kg CO2	Kg CO2
Calentador Actual con GLP	20,25	607,50	7290,00
Sistema Auxiliar Propuesto (15%)	3,04	91,20	1094,40
Ahorro	17,21	516,30	6195,60

TABLA 33. RESUMEN DE LA EMISIÓN DE CO2 (DIESEL)

Emisión de CO2 a la Atmósfera			
	Día	Mes	Año
Variables	Kg CO2	Kg CO2	Kg CO2
Calentador Actual con Diesel	23,12	693,6	8323,2
Sistema Auxiliar Propuesto (15%)	3,49	104,70	1256,40
Ahorro	19,63	588,90	7066,80

Los resultados en las tablas 32 y 33 también indican que en el diseño propuesto al usar energía solar, estamos contribuyendo eficazmente a la reducción de 6195,60 Kg de CO2 con GLP, y 7066,80 Kg de CO2 con Diesel al año, pero sin tomar en cuenta los días nublados o de baja radiación incidente.

4.2. PROPUESTA DEL PROYECTO

4.2.1. MICROEMPRESA SANTA ISABEL, QUESERA QUESO FRESCO

4.2.1.1. Diseño del Sistema de Captación

En las fotografías 8 y 9, se muestran la ubicación correspondiente de los equipos que se utilizarán:



FOTOGRAFÍA 8. UBICACIÓN DE LOS COLECTORES SOLARES

Se requerirán colectores solares de tipo plano de alto rendimiento, absorbedor con recubrimiento altamente selectivo SolTitan, Vitosol 200-F (Ver Características Anexo 5).

Se instalará una superficie total de 10,04 m², con un montaje vertical, e interconexionado en paralelo con tubería exterior y retorno invertido (7). La conexión de los colectores entre ellos se realizará según las indicaciones del fabricante (número máximo por conjunto, distancia mínima entre cada conjunto para el espacio de dilatación).

Los colectores se implementarán en súper posición al techo. La fijación mecánica del sistema solar sobre el techo se realizará directamente al armazón sin modificar mayormente el techo.

4.2.1.2. Diseño del Sistema de Acumulación



FOTOGRAFÍA 9. UBICACIÓN DEL ACUMULADOR

El Interacumulador solar será de tipo vertical, con carcasa en acero con recubrimiento exterior anti-corrosión con esmaltado Ceraprotect de dos capas de fabricación propia, y recubrimiento interior, Vitocell 100-W modelo CUG. (Ver Características, Anexo 6).

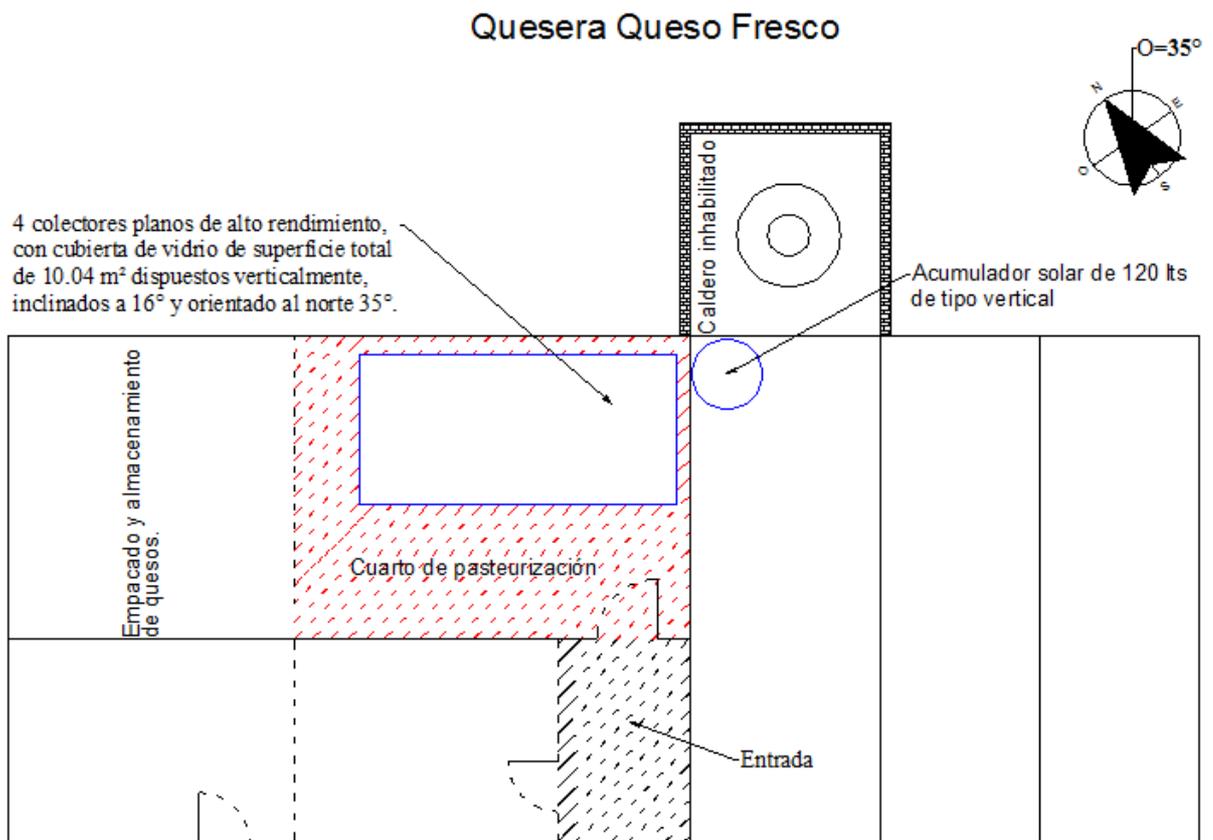
El tanque será de 120lts vendrá equipado de tomas para la conexión al intercambiador solar y a la entrada y salida del agua. Dichas tomas se ubicarán adecuadamente para permitir y favorecer la estratificación térmica, es decir una distribución vertical de la temperatura del agua.

Contará con una protección catódica por ánodo y un indicador de temperaturas en parte alta, un mango de vaciado así como un purgador de aire. El tanque contará además con un aislamiento térmico que limitará las pérdidas térmicas

A título informativo, el diámetro de un tanque de 120 litros es del orden de 0,553 m de diámetro y mide cerca de 0,904 m de altura.

El espacio en el cuarto donde está implementado el actual caldero que se encuentra inactivo no permite la implementación de los equipos solares y del nuevo calefón, por lo tanto se recomienda la construcción de un recubrimiento en lugar donde se procederá a ubicarlo.

FIGURA 24. UBICACIÓN Y ORIENTACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO

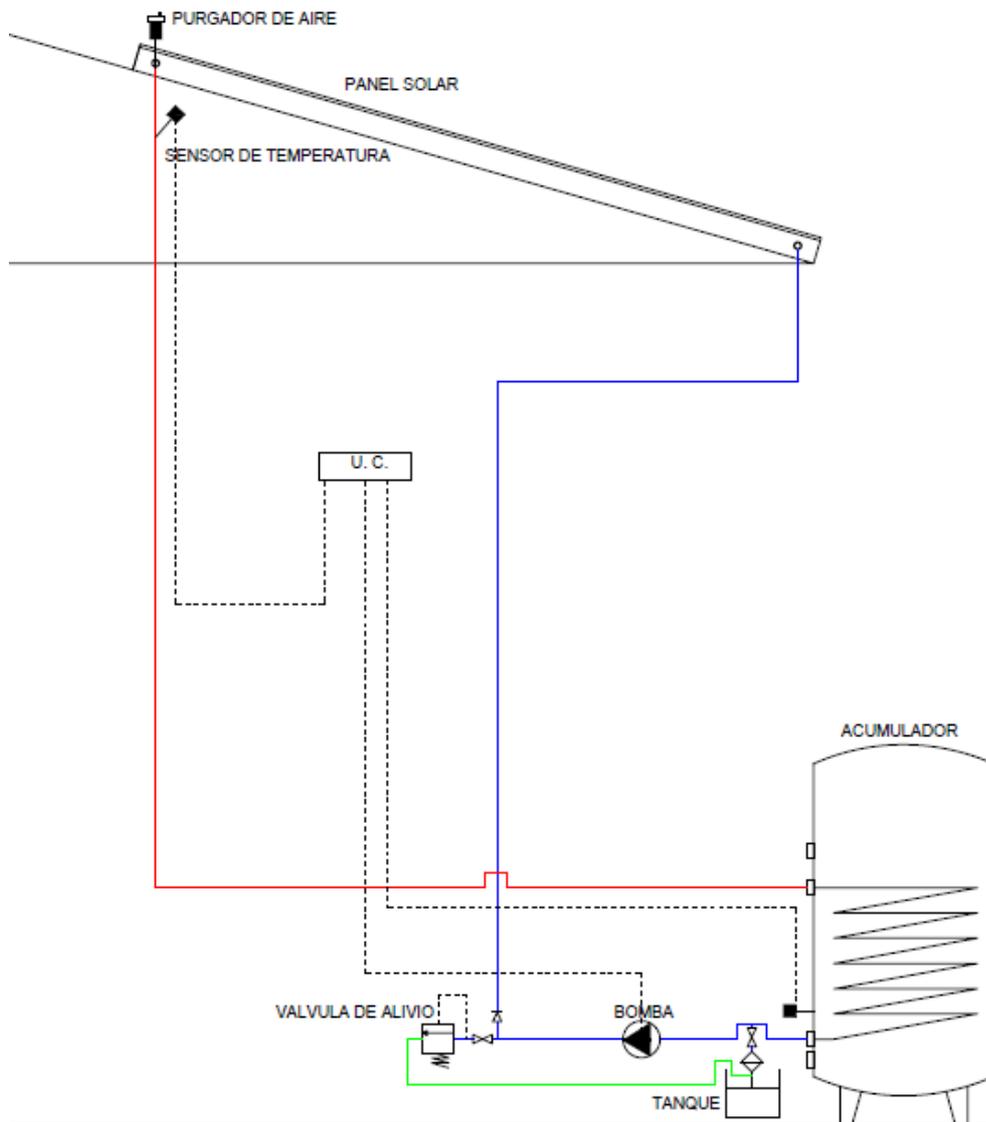


4.2.1.3. Diseño del Circuito Hidráulico

4.2.1.3.1. Circuito Primario

Se llama circuito primario al circuito que conecta los colectores y el intercambiador de calor interno.

FIGURA 25. CIRCUITO PRIMARIO EN LA QUESERA QUESO FRESCO



De manera general, las instalaciones hidráulicas (tuberías y accesorios, tanques) cumplirán con los estándares requeridos (válvula anti-retorno, válvulas de aislamiento,

purgadoras, indicadores de presión y de temperatura, accesorias de seguridad a nivel del tanque, etc.).

Se buscará la manera de minimizar las pérdidas térmicas a lo largo del circuito primario solar, para lo cual se diseñará el circuito primario de manera óptima, a fin de reducir la longitud de tubería. Las tuberías vendrán equipadas con aislamiento térmico. El espesor del aislamiento está relacionado con el tipo de aislante utilizado y con el diámetro de la tubería a aislar. El fluido que recorrerá el circuito primario será con agua destilada para evitar incrustaciones de cualquier tipo en el interior de las tuberías y también minimizar los costos de mantenimiento.

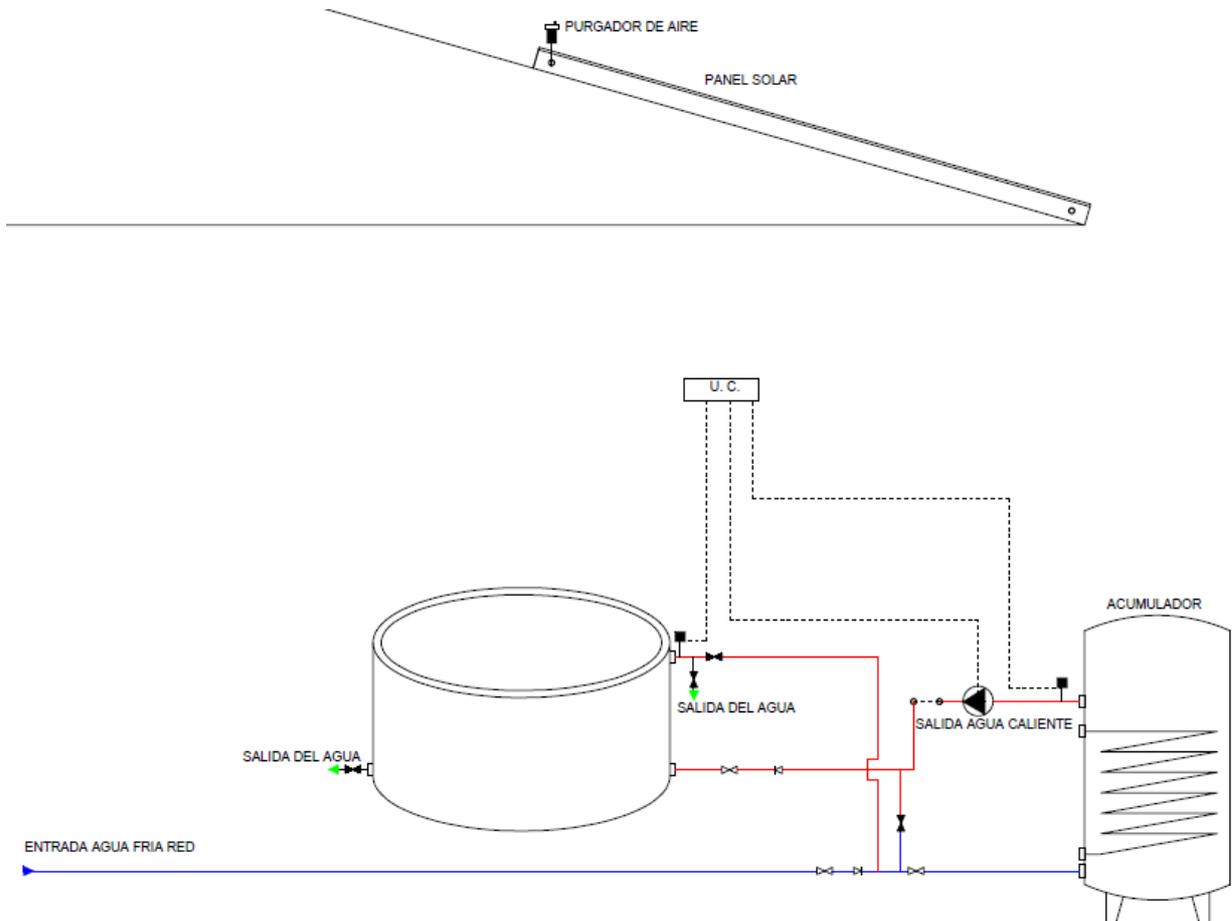
La válvula de alivio permite mantener la presión del circuito primario. Se conectará sobre el circuito primario, a la salida del intercambiador hacia los colectores, sin válvula de aislamiento.

Las bombas serán de tipo circulatorio de rotor húmedo. Se dimensionará de forma que venza las pérdidas de carga en el circuito hidráulico primario cuando el fluido esté circulando al caudal máximo diseñado. Se instalará de manera próxima al tanque de agua.

4.2.1.3.2. Circuito Secundario

Se llama circuito secundario al circuito que conecta el acumulador con la olla pasteurizadora. El fluido que circule por el circuito secundario será con agua proveniente de la red.

FIGURA 26. CIRCUITO SECUNDARIO EN LA QUESERA QUESO FRESCO



El calor del circuito primario solar se transmite al circuito secundario por un intercambiador de calor a placas. Será de tipo sumergido a serpentin en el interior del acumulador.

El agua fría de la red ingresar al acumulador por su parte inferior, esta es calentada por el circuito primario haciendo que el agua de mayor temperatura ascienda a la superficie, fenómeno producido por la disminución de la densidad. El agua caliente sale por la parte superior del acumulador, dirigida a la olla pasteurizadora, esta recircula a través de la misma por medio de una bomba de apoyo, transmitiendo así la energía calorífica necesaria para el proceso de pasteurización de la materia prima.

4.2.1.4. Accesorios Hidráulicos

En los circuitos hidráulicos primarios y secundarios constarán además con diferentes elementos detallados a continuación:

Válvula anti-retorno: se colocará para evitar la circulación del fluido en ambos sentidos en el circuito primario entre el campo de colectores y el acumulador, y en el circuito secundario entre el acumular y la olla pasteurizadora.

Válvula de aislamiento o de corte: serán de tipo esfera a la entrada y salida de todos los componentes para permitir una fácil sustitución o reparación sin que sea necesario realizar el vaciado completo de la instalación.

Una válvula de seguridad colocada en el punto lo más alto del circuito (en caso de evaporación del fluido), tarada a una presión que garantice que en cualquier punto no se supere la presión máxima de trabajo del elemento más delicado de la instalación.

Purgador de aire en el punto alto del circuito para la evacuación de gases.

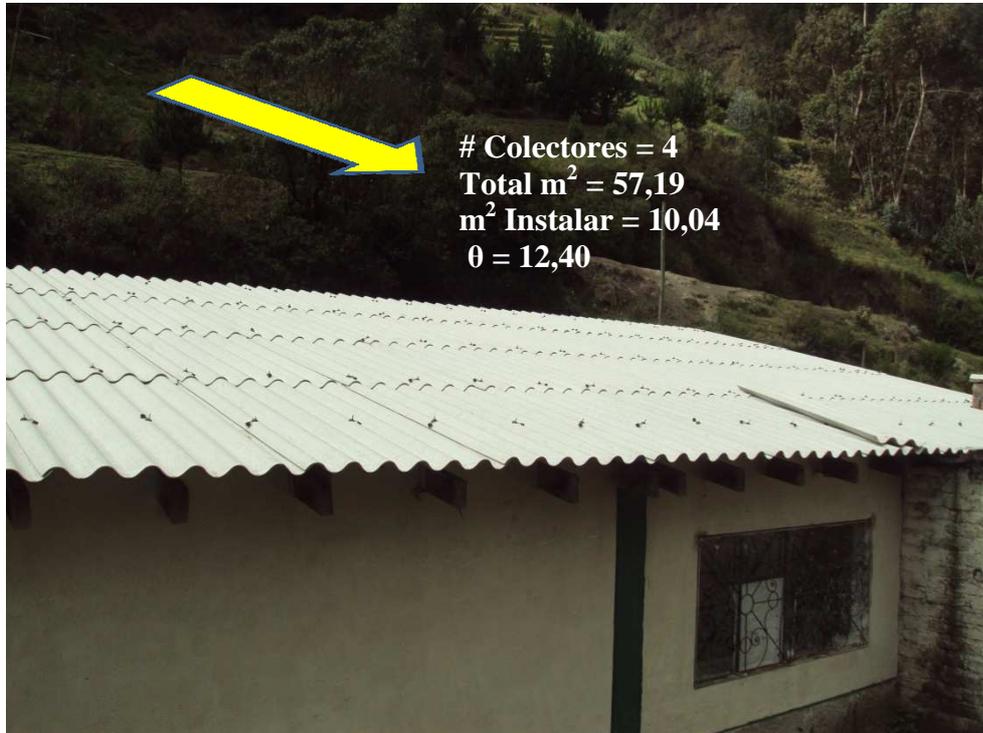
4.2.1.5. Unidad de Control

El control del funcionamiento del sistema será de tipo “doble diferencial de temperatura”. Se controlará el funcionamiento de la bomba del circuito primario según la diferencia de temperatura entre el agua en la parte inferior del acumulador y el fluido a la salida de los colectores, y la diferencia de temperatura entre el tanque solar (parte baja) y el fluido caliente a la entrada del intercambiador (circuito primario solar). El funcionamiento de la bomba del circuito secundario se controlara por el sensor de temperatura del fluido a la salida del acumulador y el sensor de temperatura del fluido a la salida de la olla pasteurizadora.

El sistema de control estará compuesto por un microprocesador electrónico y sensores de temperaturas. El control de las diferencias entre las temperaturas procesadas por el microprocesador electrónico comandará el arranque o paro de las bombas.

4.2.2. MICROEMPRESA CHIMBORAZO, QUESERA EL NEVADITO

4.2.2.1. Diseño del Sistema de Captación



FOTOGRAFÍA 10. UBICACIÓN DE LOS COLECTORES SOLARES

Se requerirán colectores solares de tipo plano de alto rendimiento, absorbedor con recubrimiento altamente selectivo SolTitan, Vitosol 200-F (Ver Características Anexo 5).

Se instalará una superficie total de 10,04 m², con un montaje vertical, e interconexión en paralelo con tubería exterior y retorno invertido (7). La conexión de los colectores entre ellos se realizará según las indicaciones del fabricante (número máximo por conjunto, distancia mínima entre cada conjunto para el espacio de dilatación).

Los colectores se implementarán en súper posición al techo. La fijación mecánica del sistema solar sobre el techo se realizará directamente al armazón sin modificar mayormente el techo.

4.2.2.2. Diseño del Sistema de Acumulación



FOTOGRAFÍA 11. UBICACIÓN DEL ACUMULADOR

El Interacumulador solar será de tipo vertical, con carcasa en acero con recubrimiento exterior anti-corrosión con esmaltado Ceraprotect de dos capas de fabricación propia, y recubrimiento interior, Vitocell 100-W modelo CUG. (Ver Características, Anexo 6).

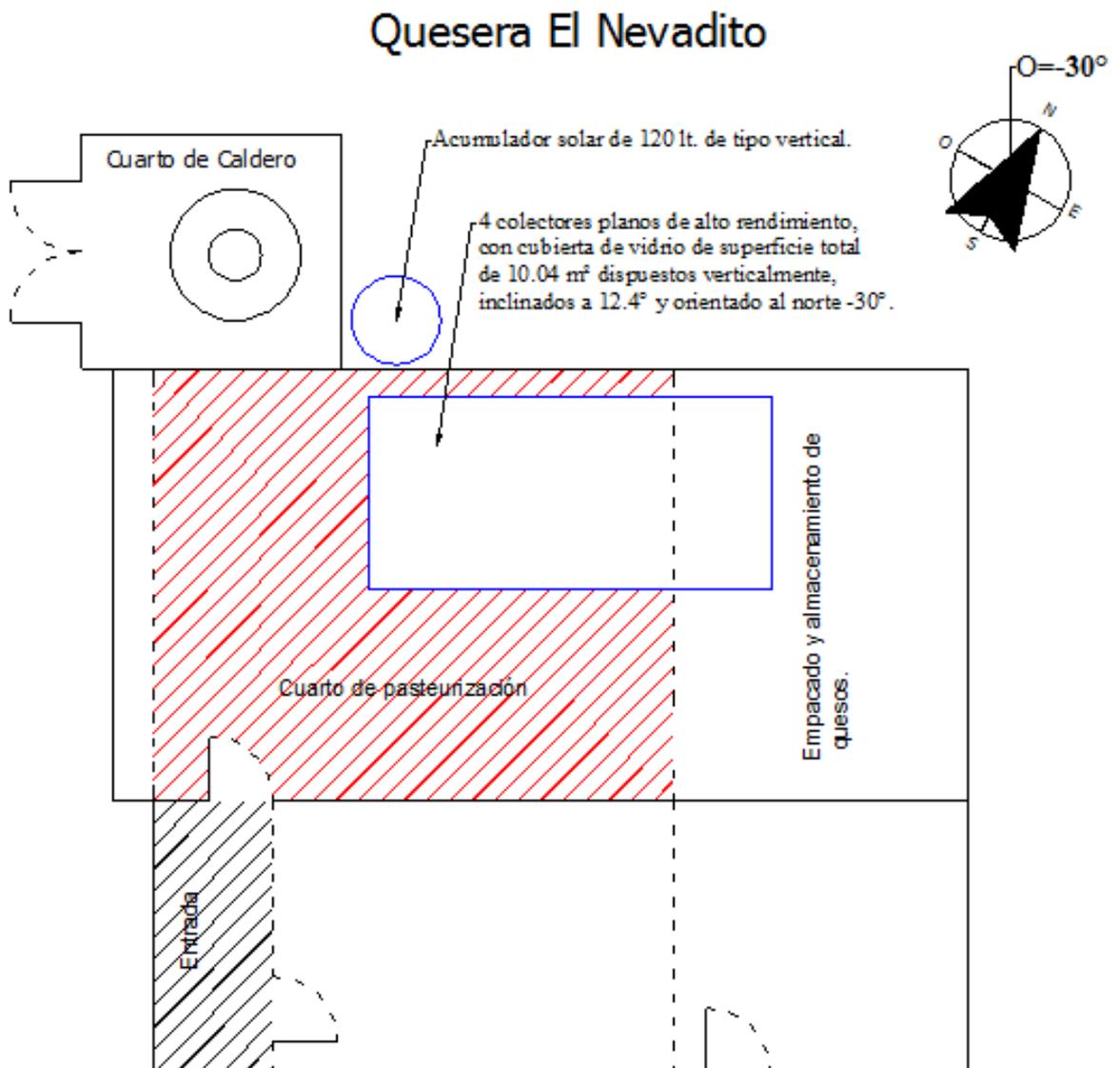
El tanque será de 120lts vendrá equipado de tomas para la conexión al intercambiador solar y a la entrada y salida del agua. Dichas tomas se ubicarán adecuadamente para permitir y favorecer la estratificación térmica, es decir una distribución vertical de la temperatura del agua.

Contará con una protección catódica por ánodo y un indicador de temperaturas en parte alta, un mango de vaciado así como un purgador de aire. El tanque contará además con un aislamiento térmico que limitará las pérdidas térmicas

A título informativo, el diámetro de un tanque de 120 litros es del orden de 0,553 m y mide cerca de 0,904 m de altura.

Se recomienda la construcción de un recubrimiento en el lugar donde se procederá a ubicar el acumulador.

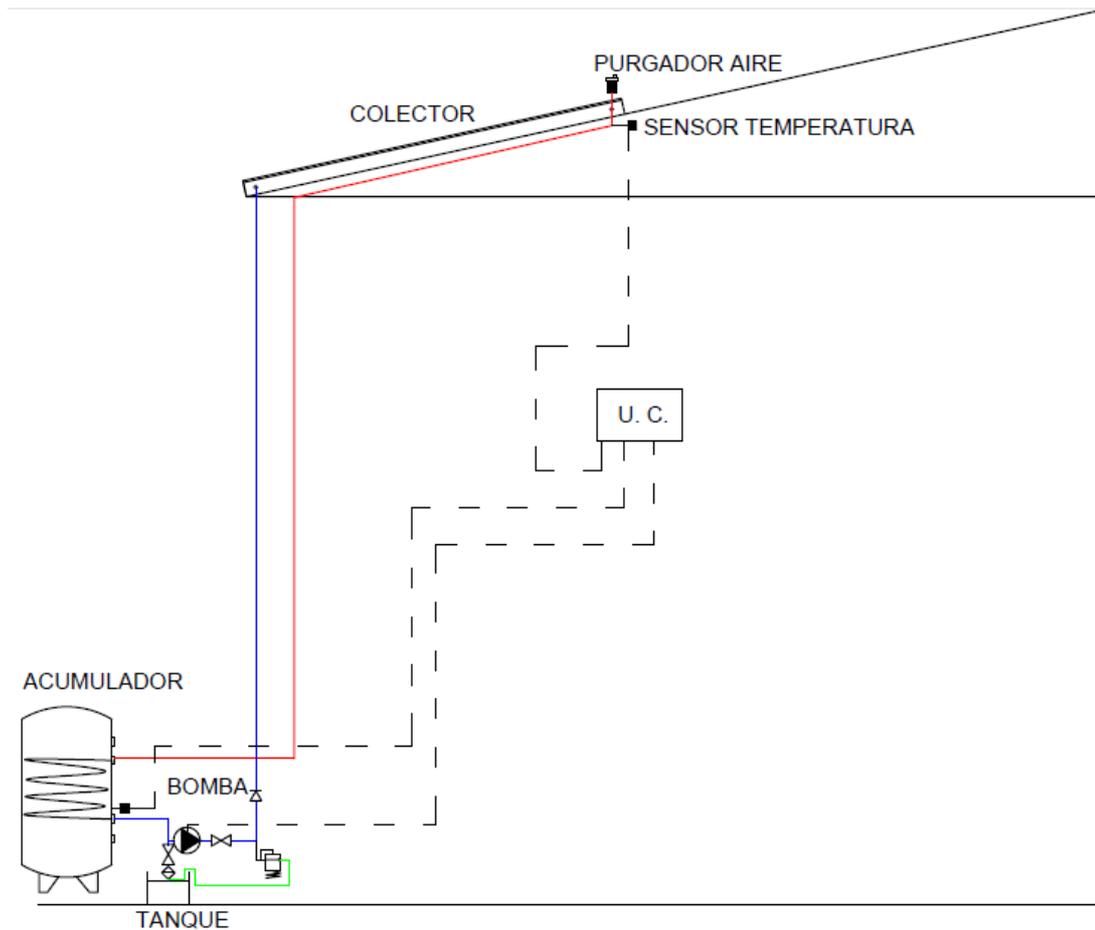
FIGURA 27. UBICACIÓN Y ORIENTACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO



4.2.2.3. Diseño del Circuito Hidráulico

4.2.2.3.1. Circuito Primario

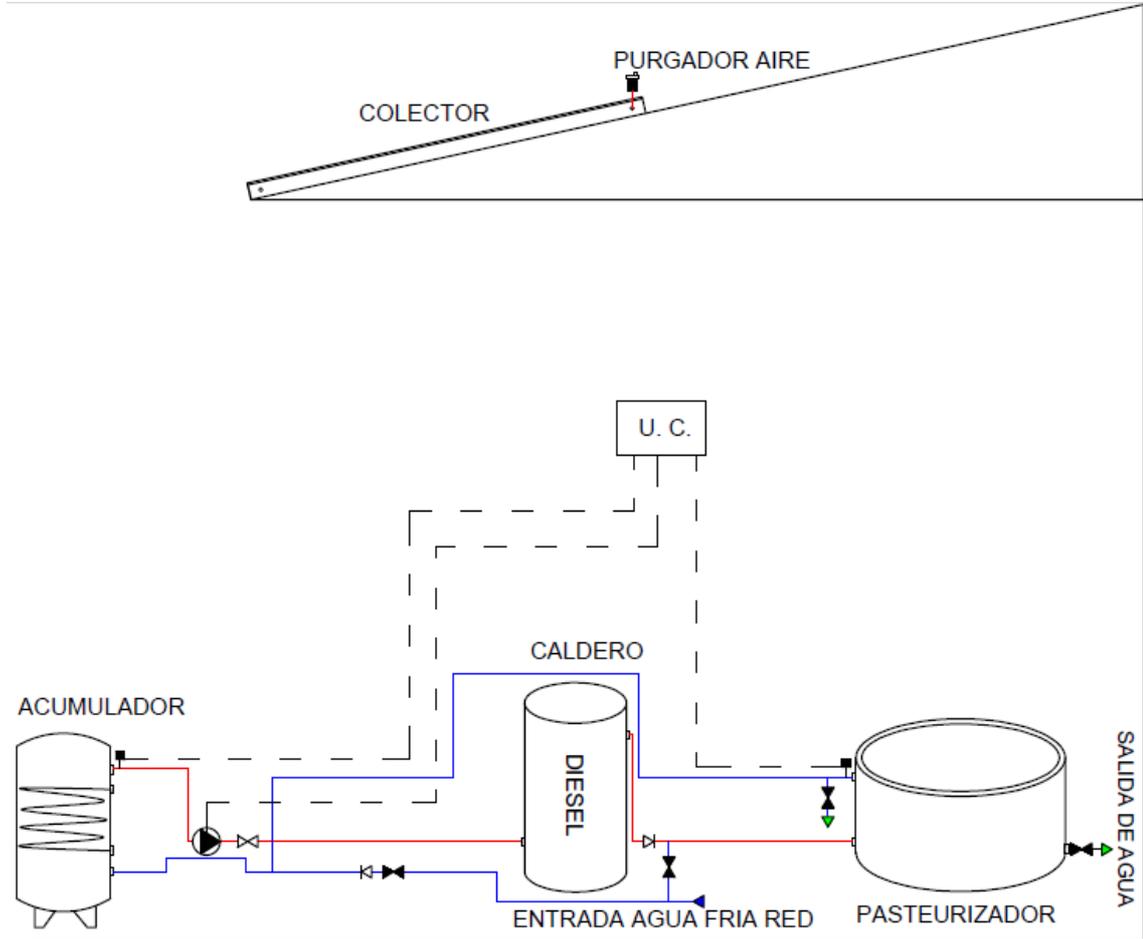
FIGURA 28. CIRCUITO PRIMARIO EN LA QUESERA EL NEVADITO



Al igual que el diseño del sistema propuesto anterior el funcionamiento y especificaciones del circuito primario va a ser el mismo.

4.2.2.3.2. Circuito Secundario

FIGURA 29. CIRCUITO SECUNDARIO EN LA QUESERA EL NEVADITO



Al igual que el sistema propuesto anteriormente, el calor del circuito primario solar se transmite al circuito secundario por un intercambiador de calor, será de tipo sumergido a serpentín en el interior del acumulador.

El agua fría de la red ingresará al acumulador por su parte inferior, esta es calentada por el circuito primario haciendo que el agua de mayor temperatura ascienda a la superficie. El agua caliente sale por la parte superior del acumulador, pasando por el sistema auxiliar (caldero), el cual será encendido cuando no haya la energía calórica necesaria para el proceso de pasteurización, y si la energía solar es suficiente el caldero permanecerá apagado y solo circulará el fluido caliente hasta la olla pasteurizadora, esta

recircula a través de la misma por medio de una bomba de apoyo, transmitiendo así la energía calorífica necesaria para el proceso de pasteurización de la materia prima.

4.2.2.4. Accesorios Hidráulicos

En los circuitos hidráulicos primarios y secundarios constarán además con diferentes elementos detallados a continuación:

Válvula anti-retorno: se colocará para evitar la circulación del fluido en ambos sentidos en el circuito primario entre el campo de colectores y el acumulador, y en el circuito secundario entre el acumular y la olla pasteurizadora.

Válvula de aislamiento o de corte: serán de tipo esfera a la entrada y salida de todos los componentes para permitir una fácil sustitución o reparación sin que sea necesario realizar el vaciado completo de la instalación.

Una válvula de seguridad colocada en el punto lo más alto del circuito (en caso de evaporación del fluido), tarada a una presión que garantice que en cualquier punto no se supere la presión máxima de trabajo del elemento más delicado de la instalación.

Purgador de aire en el punto alto del circuito para la evacuación de gases.

4.2.2.5. Unidad de Control

El control del funcionamiento del sistema será de tipo “doble diferencial de temperatura”. Se controlará el funcionamiento de la bomba del circuito primario según la diferencia de temperatura entre el agua en la parte inferior del acumulador y el fluido a la salida de los colectores, y la diferencia de temperatura entre el tanque solar (parte baja) y el fluido caliente a la entrada del intercambiador (circuito primario solar). El funcionamiento de la bomba del circuito secundario se controlara por el sensor de temperatura del fluido a la salida del acumulador y el sensor de temperatura del fluido a la salida de la olla pasteurizadora.

El sistema de control estará compuesto por un microprocesador electrónico y sensores de temperaturas. El control de las diferencias entre las temperaturas procesadas por el microprocesador electrónico comandará el arranque o paro de las bombas.

4.3. ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA

4.3.1. GENERALIDADES

Los costos que representan la generación energética renovable (solar) son considerados altos en su inversión inicial, pues estos costos consideran entre otras cosas a los equivalentes a:

- Materiales
- Tecnología y procesos de fabricación
- Mano de obra
- Transporte
- Procesos de instalación

Estos rubros se suman y constituyen la inversión inicial y técnica del sistema de calentamiento de agua para el proceso de pasteurización, en el siguiente numeral se presenta el análisis de costos.

4.3.2. INVERSIÓN

Dentro de la inversión de adquisición, se tiene los gastos directos, son valores generales fijos que se presentan a un inicio de la inversión y son de valor constante (12), y costos indirectos que son todos los gastos variables que se tienen.

A continuación se realizara un detalle del costo total del proyecto.

TABLA 34. RUBROS DEL SISTEMA PROPUESTO

Denominación	Cantidad	Precio (€)	Precio (\$)	Subtotal (\$)	
COSTOS FIJOS					7.498,66
EQUIPOS					6.033,3
Colector plano vitosol 200-F SV2, Vertical. Referencia: 7248 237.	4	944	1.227,2	4.908,8	
Acumulador Viessman Vitocell 100-W, modelo CUG de 120 lts. Referencia: Z002 356	1	865	1.124,5	1.124,5	
ACCESORIOS					1.465,36
ACUMULADOR					1.004,9
Juego conexión para Vitocell 100-W CUG	1	172	223,6	223,6	
Ánodo de corriente inducida	1	287	373,1	373,1	
Termómetro	1	17	22,1	22,1	
Válvula reductora de presión (DN 15)	1	62	80,6	80,6	
Válvula de seguridad de 10 Bar	1	150	195	195	
Revestimiento de los tubos de interconexión Vitocell 100-W (120 lts)	1	59	76,7	76,7	
Juego de sifón de vaciado	1	26	33,8	33,8	
COLECTOR PLANO					460,46
Tubos de unión (1 par)	2	37	48,1	96,2	
Juego de conexión	3	77	100,1	300,3	
Juegos de vainas de inmersión	1	43	55,9	55,9	
Juegos de piezas de repuesto	1	6,2	8,06	8,06	
COSTOS VARIABLES					388
MATERIALES					288
Soportes	4	–	72	288	
MANO DE OBRA	1	–	50	50	50
TRANSPORTE	1	–	50	50	50
C. FIJO + C. VARIABLES	TOTAL				7.886,66

El costo total es la suma de los costos fijos más los costos variables, por lo tanto el costo total del sistema propuesto es de 7.886,66 dólares.

4.3.3. PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

El periodo de recuperación de capital nos permite determinar en qué tiempo se recupera la inversión realizada, y para dicho estudio se requiere del ingreso neto o utilidad neta anual de las queseras de cada comunidad de la parroquia de San Juan.

4.3.3.1. Quesera Santa Isabel “Queso Fresco”

TABLA 35. INGRESOS ECONÓMICOS EN LA QUESERA SANTA ISABEL, QUESO FRESCO

INGRESOS BRUTOS			
Producción	Cantidad	Precio U.(\$)	Subtotal (\$)
Quesos Diarios	82	1,70	139,40
Quesos Mensuales	2.460	1,70	4.182,00
Quesos Anuales	29.520	1,70	50.184,00

TABLA 36. RESUMEN DEL GASTO EN LA QUESERA SANTA ISABEL, QUESO FRESCO

EGRESOS O GASTOS		
Detalles	\$ Subtotal Mensual	\$ Subtotal Anual
Pago, Productores de Leche	3.510,00	42.120,00
Pago, Empleado	200,00	2.400,00
Consumo de GLP	30,00	360,00
Insumos para la Producción de Quesos	100,00	1.200,00
Transporte	80,00	960,00
TOTAL	3.920,00	47.040,00

TABLA 37. INGRESO NETO ANUAL

INGRESOS BRUTOS	\$ 50.184,00
EGRESOS O GASTOS	\$ 47.040,00
INGRESO NETO	\$ 3.144,00

$$PRC = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ingreso Neto}}$$

$$PRC = \frac{\$ 7.886,66}{\$ 3.144,00}$$

$$PRC = 2,51 \text{ años}$$

Luego de realizar los cálculos económicos necesarios en la Quesera de la comunidad de Santa Isabel “Queso Fresco”, se obtuvo como resultado el tiempo en el cual se recuperara la inversión realizada, siendo esta de 30 meses aproximadamente.

4.3.3.2. Quesera Chimborazo “El Nevadito”

TABLA 38. INGRESOS ECONÓMICOS EN LA QUESERA CHIMBORAZO, EL NEVADITO

INGRESOS BRUTOS			
Producción	Cantidad	Precio U.(\$)	Subtotal (\$)
Quesos Diarios	86	1,70	1.46,20
Quesos Mensuales	2.580	1,70	4.386,00
Quesos Anuales	30.960	1,70	52.632,00

TABLA 39. RESUMEN DEL GASTO EN LA QUESERA CHIMBORAZO, EL NEVADITO

EGRESOS O GASTOS		
Detalles	\$ Subtotal Mensual	\$ Subtotal Anual
Pago, Productores de Leche	3.672,00	44.064,00
Pago, Empleado	200,00	2.400,00
Consumo de Diesel	75,00	900,00
Insumos para la Producción de Quesos	100,00	1.200,00
Transporte	120,00	1.440,00
TOTAL	4.167,00	50.004,00

TABLA 40. INGRESO NETO ANUAL

INGRESOS BRUTOS	52.632,00
EGRESOS O GASTOS	50.004,00
INGRESO NETO	2.628,00

$$PRC = \frac{Inversión}{Ingreso Neto}$$

$$PRC = \frac{\$ 7.886,66}{\$ 2.628,00}$$

$$PRC = 3,00 \text{ años}$$

En la quesera de la comunidad de Chimborazo “El Nevadito”, hay una mayor producción de quesos, por lo tanto un mayor ingreso económico, sin embargo, el alto costo del Diesel hace que sus egresos sean mayores, por esta razón el periodo de recuperación de la inversión es de 36 meses aproximadamente.

CAPITULO V

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. La producción de energía calórica actual para el proceso de pasteurización en las Queseras “Queso Fresco” y “El Nevadito” pertenecientes a la parroquia San Juan, provincia de Chimborazo, se centralizan en la utilización de GLP y Diesel respectivamente, también se determinó la eficiencia de los calentadores de cada emplazamiento, los cuales fueron: 30,80% con GLP y 43,61% con Diesel.
2. La energía del sol en la parroquia de San Juan provincia de Chimborazo, es considerable, pues llega como promedio alrededor de $684,50 \text{ W/m}^2$ y este valor puede elevarse hasta 1200 W/m^2 en los días de máxima radiación, obteniendo así 6 horas de trabajo para la producción de calor, lo que permite la utilización adecuada de la energía solar y el proceso de pasteurización a realizarse sea rentable.
3. El alto consumo de GLP y Diesel, y la baja eficiencia en los calentadores, provocan emisiones particularmente de CO₂ a la atmosfera: 20,25 Kg de CO₂ con GLP y 23,12 Kg de CO₂ con Diesel, por proceso de pasteurización al día, además de emitir otros contaminantes ambientales como SO_x y NO_x, en pequeñas cantidades, gases nocivos que se presentan en la generación térmica y que agravan el problema del calentamiento global del planeta.
4. La tecnología para la implementación del sistema de calentamiento de agua para el proceso de pasteurización es accesible y adaptable al medio, no producen

ningún tipo de contaminación, y los equipos son de fácil consecución en el mercado, así como su instalación.

5. El diseño del sistema termico solar propuesto para el proceso de pasteurización en las dos queseras, fue dimensionado y simulado con un software, dándonos como resultado 4 colectores solares de $2,5\text{m}^2$ cada uno, con un área total a instalar de $10,04\text{m}^2$, y un acumulador de 120 litros de agua por día como almacenamiento, para alcanzar una temperatura de 75°C . El diseño propuesto va a ser el mismo para las dos queseras ya que la cantidad de materia prima a pasteurizar son muy similares: “Quesera Queso Fresco” 350-400lts de leche diarios, y “Quesera El Nevadito” 400-450lts de leche diarios.
6. En el diseño propuesto, tanto en la quesera “Queso Fresco” como en la quesera “El Nevadito”, va a estar constituido como un sistema hibrido, ya que será necesario, a parte de la energía solar, el uso de energías auxiliares en un 15% teóricamente, ya sea con GLP o Diesel como sistemas de apoyo, esto compensará la energía calórica requerida en los días de baja radiación, para que la leche llegue a los 65°C y sea pasteurizada correctamente.
7. Se ha realizado el estudio técnico – económico de los calentadores utilizados para la producción de quesos, en las queseras “Queso Fresco” y “El Nevadito”, analizando un sinnúmero de variables tomadas analítica y experimentalmente mismas que han sido determinantes en los cálculos y por consiguiente en los resultados económicos, dándonos como resultado un ingreso neto anual aproximadamente de 3.144,00 y 2.628,00 dólares respetivamente.
8. El periodo de amortización en las dos microempresas es menor a cuatro años, esta cifra es relativamente menor que la vida media de una instalación (20 – 25 años). La inversión que se requiere para la implementación del sistema térmico solar es de 7.886,66 dólares para cada microempresa.

9. La energía solar, al igual que el resto de energías renovables es, inagotable, limpia, y respetable con el ambiente, por lo que es importante mencionar que el diseño propuesto contribuye teóricamente con la reducción de emisión de CO₂ en un 85%, ósea en la Quesera “Queso Fresco” estaríamos reduciendo 17.21 Kg de CO₂ al día, mientras que en la Quesera “El Nevadito” se reduciría 19,63 Kg de CO₂ al día, ayudando así a cumplir con los compromisos adquiridos por el Protocolo de Kioto y a proteger nuestro planeta del cambio climático.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Es necesario que los gobiernos nacionales, regionales y locales (e incluso compañías y empresas), ofrezcan incentivos económicos para la instalación de sistemas solares térmicos, con el fin de lograr una expansión a gran escala y minimizar la inversión inicial que conlleva su implementación, de esta manera se logrará romper la barrera tanto psicológica como financiera en la adquisición de estos equipos.
2. Se recomienda que se procure un mantenimiento periódico de limpieza semanal del sistema particularmente, de la cubierta del panel (vidrio) y una desoxidación de las tuberías cada tres (3) meses.
3. Capacitar al personal que se encuentre a cargo del proceso de producción de quesos, en el funcionamiento y manejo de los equipos.
4. Es necesario instalar una estación meteorológica en la parroquia de San Juan para medir y poder registrar regularmente diversas variables meteorológicas, estos resultados nos ayudarán en el dimensionamiento de posteriores instalaciones de equipos solares en las comunidades de San Juan.

RESUMEN

Estudio y diseño de un sistema térmico solar como energía alternativa para el proceso de pasteurización, con el fin de lograr ahorros económicos significativos y principalmente reducir el impacto ambiental por el uso de combustibles fósiles en las Queseras ubicadas en las comunidades de Santa Isabel y Chimborazo de la parroquia de San Juan, provincia de Chimborazo.

Se estudió volúmenes, temperatura de la materia prima, condiciones geográficas y meteorológicas del sitio, entre otros, realizándose un balance energético cuantificando la cantidad de energía usada en la pasteurización actual, procediéndose a simular el sistema térmico solar para su diseño final.

El promedio de radiación solar incidente es $684,5\text{W/m}^2$ obteniendo 6 horas de trabajo diario, permitiéndose la utilización adecuada de la energía solar en los dos emplazamientos. En la simulación del sistema propuesto, el equipo dispondrá de 4 colectores solares de $2,51\text{m}^2$ cada uno y un acumulador de 120lts, para que el agua que recorre dentro, alcance una temperatura promedio de 75°C , cediendo el calor a 350-450lts de leche y manteniendo una temperatura constante de 65°C , cumpliéndose el proceso de pasteurización. El sistema diseñado con un 85% de energía solar, y con 15% de energía auxiliar tradicional, convirtiéndose así en un sistema híbrido. En cuanto a costos, el sistema requerirá una inversión de \$7.886,66 por cada microempresa, con un periodo de recuperación menor a cuatro años.

Con el diseño propuesto se logrará una disminución en el consumo de combustibles fósiles, dando paso a una fuente energética renovable.

SUMMARY

This study and design of a thermal-solar system as an energy alternative for the pasteurization process was carried out to attain significant economic savings, mainly reduce the environmental impact for the use of fossil fuels in the cheese factories located in the Santa Isabel and Chimborazo communities of the parish San Juan, Chimborazo province. Volumes, raw material temperature, geographical and meteorological site conditions were studied, carrying out an energetic balance quantifying the energy quantity used in the actual pasteurization simulating the thermal-solar system for its final design. The incident solar radiation average is 684, 5 W/m² with 6 hours daily work and an adequate solar energy use in the two sites. In the proposed system simulation, the equipment will dispose of 2,51m² solar collectors and a 120-l accumulator so that the water running inside reach an average temperature of 75°C, giving up heat to 350-450-l milk and maintaining a constant temperature of 65°C resulting in the pasteurization process. The system was designed with 85% solar energy and 15% traditional auxiliary energy thus becoming a hybrid system. As to the costs, the system will require an investment of 7,886.66 for each micro-enterprise with less than four years of recovery period. With the proposed design there will be a decrease of the fossil fuel consumption resulting in a renewable energy source.

BIBLIOGRAFIA

LIBROS Y REVISTAS

- (5) **1. JIMÉNEZ, A. PORTALANZA, M.** Estandarización de Sistemas de Calentamiento de Agua con Energía Solar en la Ciudad de Riobamba. Tesis Ing. Mecánica. Riobamba. Escuela de Ingeniería Mecánica. Facultad de Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2009. pp. 28, 29.
- (6) **2. DE JUANA J Ma.** Energías Renovables para el desarrollo; Madrid, España, 2002. pp.7, 8, 9,27-44.
- (2) **3. LÓPEZ CÓZAR J.** Energía Solar Térmica. Manuales de Energías Renovables; Madrid, España. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2006. pp.13, 31-45,65-73.
- (7) **4. ORTEGA RODRIGUEZ M.** Energías Renovables; 2da. ed. Madrid, Thomson, 2002. pp.33, 34, 35,59-63, 69,73.
- (8) **5. FERNÁNDEZ DÍEZ P.** Termodinámica Técnica. Universidad de Cantabria, 2004. pp. 410, 411.
- (3) **6. PUIG P, JOFRA M.** Energías renovables para todos; Madrid, España, 2003. pp.2, 3, 4,5.
- (9) **7. SAN JOSÉ, C.R.** Manuales sobre energía renovable. Solar Térmica; 1era. ed. Network, bun-ca. p. 6.
- (12) **8. TARQUIN A.** Ingeniería Económica. 6ta. ed. México, McGraw-Hill, 2006. pp. 226-311.

INTERNET

- (1) **1. ENERGIA SOLAR**
<http://www.censolar.es/menu2.htm>
(2010-02-15)
- (10) **2. ENERGÍA SOLAR FOTOTÉRMICA**
<http://www.wikiciencia.org/tecnologia/energia/solar-fototermica/index.php>
(2010-02-15)
- (11) **3. ENERGIA SOLAR TERMICA:**
<http://www.lansolar.com/paginas/revista/energia%20solar%20termica.pdf>
(2010-02-22)
- (4) **4. ENERGIA Y ENERGIA RENOVABLE. Manual I**
<http://www.bun-ca.org/publicaciones/EnergiayER.pdf>
(2010-02-22)

ANEXOS

ANEXO 1. PODERES CALORÍFICOS TÍPICOS DE COMBUSTIBLES GASEOSOS Y LÍQUIDOS

<u>COMBUSTIBLE</u>	<u>P. CALORÍFICO INF.</u>	<u>P. CALORÍFICO SUP.</u>
GAS NATURAL	34,352.7 kJ/m ³ est. (922 Btu/pie ³ est)	42,299-2 kJ/m ³ est. (1,024 Btu/pie ³ est)
GAS L.P.	46,054.8 kJ/kg (19,799 Btu/lb)	49,885.7 kJ/kg (21,445 Btu/lb)
DIESEL	41,868 kJ/kg (18,000 Btu/lb)	44,715 kJ/kg (19,224 Btu/lb)
GASÓLEO	41,595.9 kJ/kg (17,250 Btu/lb)	43,961.9 kJ/kg (18 900 Btu/lb)
COMBUSTÓLEO	40,122.1 kJ/kg (17,250 Btu/lb)	42332.7 kJ/kg (18,200 Btu/lb)

Densidad relativa del gas natural: 0.6 (con respecto al aire)

Densidad relativa del gas L.P.: 0.56 (con respecto al agua)

Densidad del Diesel: 0.865 kg/l a 15.5 °C & 760 mm Hg

Densidad del gasóleo: 0.899 kg/l a 15.5 °C & 760 mm Hg

Densidad del combustóleo: 0.982 kg/l a 15.5 °C & 760 mm Hg

ANEXO 2. CALORES ESPECIFICOS

Sustancia	c, calor específico en J/(kg C°)
plata	230
alcohol etílico	2400
vidrio	840
agua	4186
hierro	450
vapor de agua	2010
mármol	860
madera	1700
hielo	2100

ANEXO 3. CÁLCULO DE LA EMISION DE CO2 (GLP)

Para más información
 Ecologistas en Acción
 Telf.:954 903 984

ESQUEMA PARA EL CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE CO2			
ACTIVIDAD COMBUSTIBLE	UNIDAD	FACTOR CO2	EMISIONES
USOS DOMÉSTICOS			
Energía eléctrica	Kwh	0,56 kg/kwh	
Fuel o gasoil	Litro	2,6 kg/litro	
Gas natural	m3	1,7 kg/m3	
GLP (propano, butano)	Kg	2,7 kg/kg	
TRANSPORTE			
Automóvil	Litro	2,6 kg/litro	
Auto a GLP	Litro	1,5 Kg/litro	
Viaje en avión	km	0,25 kg/km	
Bus urbano	km	0,06 Kg/km	
Bus interurbano	km	0,05 kg/km	
Tren o metro	km	0,03 kg/km	
Taxi	km	0,4 kg/km	
BASURA DOMÉSTICA			
Basura	Kg	3kg/kg	
PRODUCTOS A BASE DE CFC'S			
Frigorífico/ Congelador	Nº	250 kg equiv./c.u.	
Aire acondicionado	Nº	1250 kg equiv /c. u	
Aire A. vehículo	Nº	1250 kg equiv./c.u.	

ANEXO 4. CÁLCULO DE LA EMISION DE CO2 (Diesel)

fuel type	unit	CO2 emitted per unit
Petrol	1 gallon (UK)	10.4 kg
Petrol	1 liter	2.3 kg
Gasoline	1 gallon (USA)	8.7 kg
Gasoline	1 liter	2.3 kg
Diesel	1 gallon (UK)	12.2 kg
Diesel	1 gallon (USA)	9.95 kg
Diesel	1 liter	2.7 kg
Oil (heating)	1 gallon (UK)	13.6 kg
Oil (heating)	1 gallon (USA)	11.26 kg
Oil (heating)	1 liter	3 kg

ANEXO 5. COLECTOR PLANO VITOSOL 200-F (DATOS TECNICOS, DIMENSIONES Y ACCESORIOS)

Colector plano Vitosol 200-F y Vitosol 300-F



Vitosol 200-F: colector plano de alto rendimiento, absorbedor con recubrimiento altamente selectivo SolTitan.

Vitosol 300-F: colector plano de alto rendimiento con cristal antireflectante para una mayor eficiencia energética. Y absorbedor con recubrimiento altamente selectivo SolTitan

Características comunes:

- Diseño del absorbedor de cobre en forma de serpiente con tubos colectores integrados: se pueden conectar en paralelo hasta 12 colectores.
- De aplicación universal para montaje sobre cubierta, integración en la cubierta y montaje vertical o en horizontal sobre estructura de apoyo.
- El marco de aluminio moldeado en una pieza y la junta continua del vidrio solar proporcionan una herme-

ticidad permanente y una gran estabilidad.

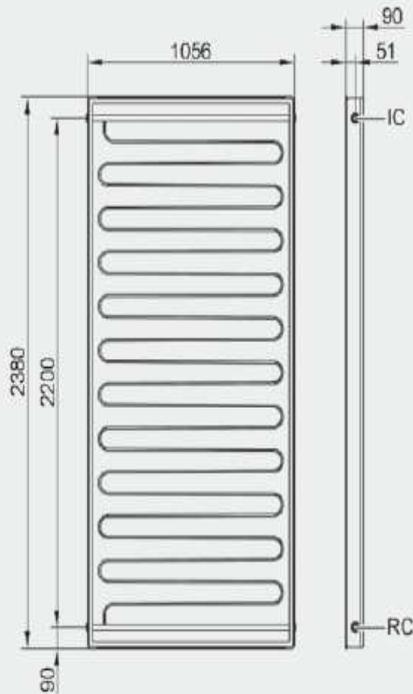
- Parte posterior resistente a los golpes y a la corrosión.
- Sistema de fijación de Viessmann de fácil montaje con piezas de acero inoxidable y aluminio comprobadas estáticamente y resistentes a la corrosión: estándar para todos los colectores Viessmann.
- Conexión rápida y segura de los colectores mediante un conector de tubo flexible en acero inoxidable.
- Atractivo diseño de colector, marco en RAL 8019 (marrón). Si lo desea, el marco también puede suministrarse en todas las demás tonalidades RAL.
- Homologación CE según la EN 12975 y certificado Solar Keymark.

Datos técnicos

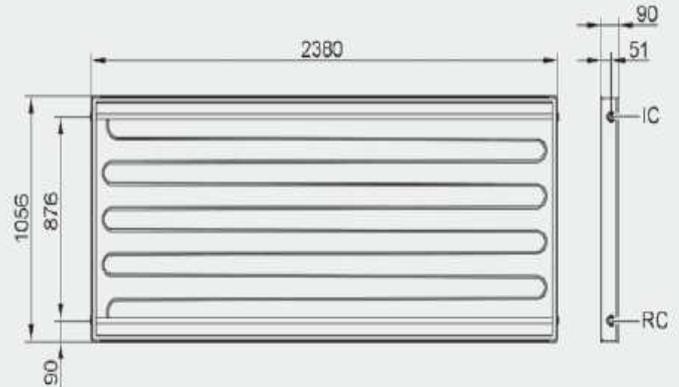
Modelo	200-F SV2	200-F SH2	300-F SV3	300-F SH3
Superficie bruta	2,49 m ²	2,49 m ²	2,49 m ²	2,49 m ²
Superficie de absorción	2,31 m ²	2,31 m ²	2,33 m ²	2,32 m ²
Superficie de apertura	2,33 m ²	2,32 m ²	2,32 m ²	2,32 m ²
Dimensiones				
Anchura	1056 mm	2380 mm	1056 mm	2380 mm
Altura	2380 mm	1056 mm	2380 mm	1056 mm
Profundidad	90 mm	90 mm	90 mm	90 mm
Rendimiento óptico (área de apertura)				
	81,6%	84,1%	--	--
Coefficiente de pérdidas de calor k1	3,359 W/(m ² K)	3,243 W/(m ² K)	--	--
Coefficiente de pérdidas de calor k2	0,026 W/(m ² K ²)	0,023 W/(m ² K ²)	--	--
Rendimiento óptico (área absorbedor)				
	82,3%	84,6%	--	--
Coefficiente de pérdidas de calor k1	3,389 W/(m ² K)	3,263 W/(m ² K)	--	--
Coefficiente de pérdidas de calor k2	0,026 W/(m ² K ²)	0,023 W/(m ² K ²)	--	--
Peso	52 kg	52 kg	52 kg	52 kg
Contenido de fluido	1,83 litros	2,48 litros	1,8 litros	2,5 litros
Presión de servicio admisible	6 bar	6 bar	6 bar	6 bar
Temperatura máxima de inactividad	221°C	221°C	221°C	221°C
Conexión	Ø 22mm	Ø 22mm	Ø 22mm	Ø 22mm
Caudal recomendado	40 l/hm ²	40 l/hm ²	40 l/hm ²	40 l/hm ²
Capacidad térmica efectiva	14200 J/k	17528 J/k		
Contraseña de homologación	NPS-5908	NPS-5808		

Dimensiones

Modelo vertical



Modelo horizontal



Colector plano VITOSOL Vitosol-F



Modelo	Estructura	Superficie	Referencia	Euros
Vitosol 200-F SV2	Vertical	2,3 m ²	7248 237	944 €
Vitosol 200-F SH2	Horizontal	2,3 m ²	7248 238	944 €
Vitosol 300-F SV3	Vertical	2,3 m ²	7248 611	1.207 €
Vitosol 300-F SH3	Horizontal	2,3 m ²	7248 612	1.207 €
Tubos de unión (1par)	Para una batería de N colectores, se necesitan N-1 pares de tubos de unión.		7248 239	37 €
Juego de conexión	Se necesita un juego de conexión por batería de colectores.		7248 240	77 €
Juego de vainas de inmersión	Necesario uno por instalación solar.		7174 993	43 €
Juego de piezas de repuesto			7317 071	6,2 €

*Embellecedores y colores especiales consultar la tarifa general



Tubos de unión
7248 239



Juego de conexión
7248 240



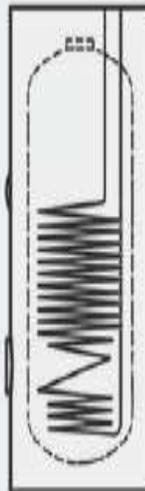
Juego de vainas de inmersión
7174 993

ANEXO 6. ACUMULADOR VITOCCELL 200-W. 120LTS (DATOS TECNICOS)

Vitocell 100-W modelo CUG



- Interacumulador de A.C.S. vertical situado bajo caldera de acero con esmaltado
- Volumen de 120 y 150 litros
- Depósito de acumulación de acero resistente a la corrosión con esmalta- do Ceraprotect de dos capas de fabri- cación propia.
- Protección catódica adicional con ánodo de magnesio, ánodo de corriente inducida disponible como accesorio.



- Máximo confort del A.C.S. gracias al calentamiento rápido y uniforme mediante serpentín de gran dimensión.
- Calentamiento del volumen total de agua a través de serpentines tendidos hasta el fondo del intera- cumulador.
- Mínimas pérdidas de calor gracias al aislamiento térmico completo de gran eficacia (sin CFC).

Datos técnicos

Modelo	VITOCCELL 100-W modelo CUG	
Volumen	120 l	150 l
Conexiones:		
- Circuito primario caldera	R 1"	R 1"
- Circuito secundario A.C.S. y agua fría	R 3/4"	R 3/4"
- Recirculación de A.C.S.	R 3/4"	R 3/4"
Presión de servicio en el circuito primario de caldera y en el circuito secundario de A.C.S.	10 bar	10 bar
Temperaturas admisibles:		
- En el circuito primario de caldera	110°C	110°C
- En el circuito secundario de A.C.S.	95°C	95°C
Consumo por disposición qBS con una diferencia de temperatura de 45K	1,60 kWh/24h	1,75 kWh/24h
Superficie de transmisión	1,0 m ²	1,0 m ²
Dimensiones:		
- Diámetro	ø 553 mm	ø 596 mm
- Altura	904 mm	932 mm
Peso	72 kg	85 kg
Potencia térmica útil para la producción de A.C.S.	24 kW	24 kW
Producción de A.C.S. de 10 a 45°C y una temperatura media de caldera de 78°C	590 l/h	590 l/h
Índice de rendimiento N, según DIN 4708	1,2	1,6
Rendimiento instantáneo durante 10 minutos	153 l	173 l

Descripción del sistema

Accesorio	Referencia	Euros
Vitocell 100-W modelo CUG de 120 litros	Z002 356	865 €
Vitocell 100-W modelo CUG de 150 litros	Z002 357	931 €
Juego de conexión para Vitocell 100-W CUG	7178 347	172 €
Ánodo de corriente inducida	7265 008	287 €
Revestimiento de los tubos de interconexión Vitocell 100-W (120 litros)	7179 030	59 €
Revestimiento de los tubos de interconexión Vitocell 100-W (150 litros)	7179 031	59 €
Termómetro	7819 509	17 €
Válvula de seguridad de 10 bar	7180 097	150 €
Válvula reductora de presión (DN15)	7180 148	62 €
Juego de sifón de vaciado	7189 014	26 €

ANEXO 7. REGISTRO DE PRODUCTORES DE LECHE PARA LA QUESERA “QUESO FRESCO”

N.	Productores	# Vacas	Producción de Leche (lts)	\$ Precio de la Leche/lts	\$ Pago Productores de Leche (Mensual)
1	Miguel Lema	3	18	0,30	162
2	Dennys Llaysha	1	4	0,30	36
3	Jaime Chimbolema	1	7	0,30	63
4	Nancy Chimbolema	1	2	0,30	18
5	Carolina Carrillo	1	5	0,30	45
6	Tomas Lema	1	3	0,30	27
7	Escuela Guadalupe	1	6	0,30	54
8	Rosa Malca	2	7	0,30	63
9	Marcia Yubillo	1	3	0,30	27
10	Margarita Yubillo	2	10	0,30	90
11	Juan Espinoza	1	4	0,30	36
12	Manuel Chimbo	2	8	0,30	72
13	Luz María Lema	1	4	0,30	36
14	Luís Chimbolema	1	7	0,30	63
15	Rosario Yubillo	3	15	0,30	135
16	Manuela Remache	1	5	0,30	45
17	Petrona Remache	1	7	0,30	63
18	Pablo Manobanda	2	8	0,30	72
19	Nely Remache	1	7	0,30	63
20	Marta Guamán	1	3	0,30	27
21	Rosa Sisa	1	2	0,30	18
22	Jacinto Yumbo	1	2	0,30	18
23	Juana Yumbo	1	3	0,30	27
24	Dolores Shesha	1	5	0,30	45
25	Luz María Auaguarqui	1	6	0,30	54
26	Juan de Dios Tawri R.	1	3	0,30	27
27	Juan M. Shesha	1	2	0,30	18
28	José Sisa	4	30	0,30	270
29	Selverio Yubillo	1	2	0,30	18
30	Fabián Yumbo	1	2	0,30	18
31	Manuel Yumbo	2	12	0,30	108
32	Deyse Yumbo	1	3	0,30	27
33	Derlys Paca	1	4	0,30	36
34	José Hernández	1	6	0,30	54
35	Andrés Telenchano	1	5	0,30	45
36	Rolando Telenchano	1	4	0,30	36
37	Pedro Guamán	1	3	0,30	27
38	Delia Guamán	1	4	0,30	36
39	Alexandra Auahuarqui	1	3	0,30	27
40	Pascual Tawri	2	11	0,30	99
41	Lorenzo Bahua	2	10	0,30	90
42	Julio Asadobay	2	13	0,30	117
43	Eugenio Paca	3	14	0,30	126

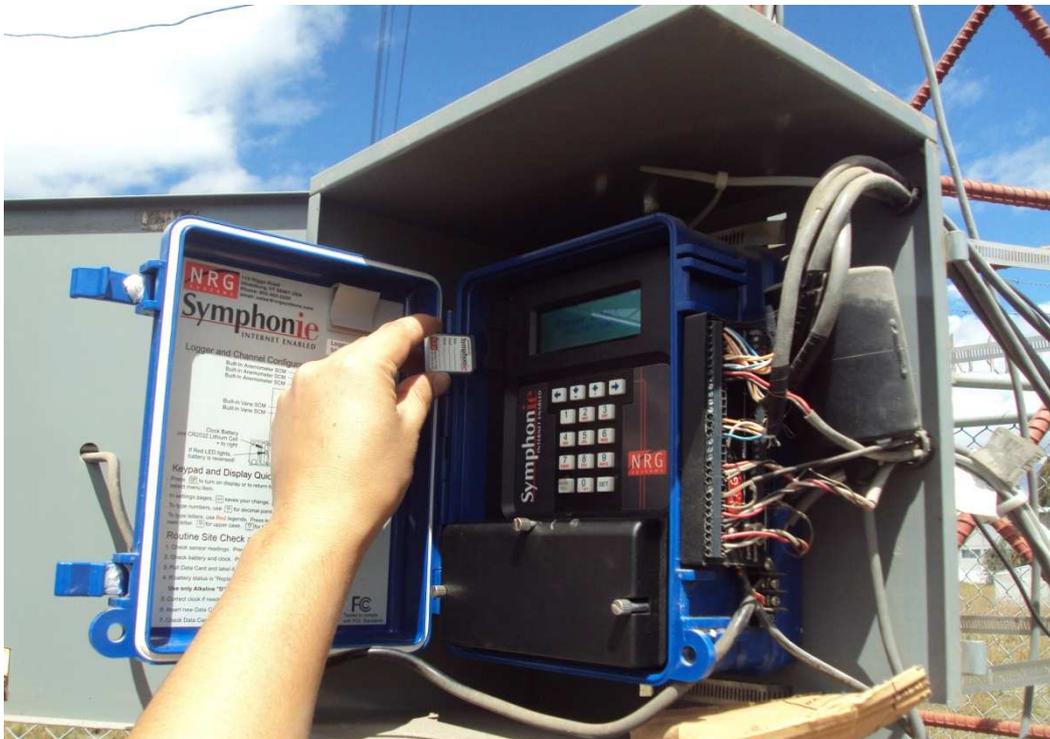
44	Blanca Paca	1	6	0,30	54
45	Salvador Socad	1	8	0,30	72
46	Espirito Remache	2	11	0,30	99
47	Ayda Sisa	2	8	0,30	72
48	Juan Asadobay	1	7	0,30	63
49	Arcelia Malca	1	5	0,30	45
50	Cesar Malca	1	7	0,30	63
51	Dolores Asadobay	2	10	0,30	90
52	Estuardo Asadobay	1	7	0,30	63
53	Julián Tawrí	2	9	0,30	81
54	José Inga	1	8	0,30	72
55	Juan de Dios Tawri M.	1	4	0,30	36
56	Oswaldo Bahua	1	3	0,30	27
57	Alejandro Suaguarqui	1	8	0,30	72
58	Carmen Ashqui	2	7	0,30	63

ANEXO 8. REGISTRO DE PRODUCTORES DE LECHE PARA LA QUESERA “EL NEVADITO”

N.	Productores	# Vacas	Producción de Leche (lts)	\$ Precio de la Leche/lts	\$ Pago Productores de Leche (Mensual)
1	Edelfonso Lion	4	42	0,30	378
2	Bergeria Miñoroya	3	22	0,30	198
3	Gloria Malea	2	10	0,30	90
4	Luís Sueaj	2	9	0,30	81
5	José M. Aucancela	2	9	0,30	81
6	Dominga Ati	1	5	0,30	45
7	Marcia Garay	1	6	0,30	54
8	Beatriz Chito	1	5	0,30	45
9	Pedro Guamán	2	8	0,30	72
10	Unidad Educativa	3	26	0,30	234
11	Toribio Remache	1	5	0,30	45
12	Rosa Ruiz	2	9	0,30	81
13	Verónica Ruiz	2	7	0,30	63
14	José Sisa	3	17	0,30	153
16	Consuelo Sisa	1	3	0,30	27
17	Luz María Guamán	2	8	0,30	72
18	Miguel Paca	1	6	0,30	54
19	Elvia Paca	1	5	0,30	45
20	Samuel Sisa	2	7	0,30	63
21	Rosario Sisa	1	5	0,30	45
22	Julián Tacari	1	1	0,30	9
23	Freddy Tacari	1	5	0,30	45
24	Juan Manuel Paucar	1	3	0,30	27
25	José Paca	3	17	0,30	153
26	José Manuel Paca	3	15	0,30	135
27	Hendre Malea	1	5	0,30	45
28	Eusebio Paca	2	9	0,30	81
29	Natividad Paca	3	16	0,30	144
30	Rosa Sucay	2	10	0,30	90
31	Gabriel Telenchano	1	6	0,30	54
32	María Paca	1	6	0,30	54
33	Patricio Miñarcaja	6	39	0,30	351
34	Maicol Miñarcaja	1	5	0,30	45
35	Ariel Miñarcaja	3	17	0,30	153
36	Olmedo Miñarcaja	2	7	0,30	63
37	María Barrera	1	6	0,30	54
38	Herey Aucancela	3	18	0,30	162
39	Juan Telenchano	2	9	0,30	81

ANEXO 9

ESTACIÓN METEOROLÓGICA SYMPHONIE DATA RETRIEVER





QUESERA SANTA ISABEL, QUESO FRESCO









QUESERA CHIMBORAZO, EL NEVADITO

