



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO
RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TÍTULO: “DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE CALENTAMIENTO DE
AGUA POR ENERGÍA SOLAR Y VAPOR PARA EL HOSPITAL
“ISIDRO AYORA” DE LA CIUDAD DE LOJA”

*TESIS DE GRADO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO*

AUTOR: EDUARDO PATRICIO JUMBO SARANGO

DIRECTOR: ING. EDWIN BLADIMIR PACCHA HERRERA

LOJA-ECUADOR

AÑO: 2012

CERTIFICACIÓN

Ing. Edwin Bladimir Paccha Herrera

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en “**Diseño de un Sistema Híbrido de Calentamiento de Agua por Energía Solar y Vapor para el Hospital Isidro Ayora de la Ciudad de Loja**”, previa a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, realizado por el señor egresado: Eduardo Patricio Jumbo Sarango, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja 15 de Enero de 2012

Ing. Edwin Bladimir Paccha Herrera
DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La investigación, análisis y conclusiones del presente trabajo de tesis, les corresponden exclusivamente a sus autores y el patrimonio intelectual a la Universidad Nacional de Loja. Autorizamos al Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables y por ende a la carrera de Ingeniería Electromecánica, hacer uso del presente documento en lo conveniente.

Eduardo Patricio Jumbo Sarango

PENSAMIENTO

“Después de escalar una montaña muy alta, descubrimos que hay muchas otras montañas por escalar.”

Nelson Mandela

DEDICATORIA

A mi madre Gisela por su apoyo y sacrificio brindado.

A mi hermano Danilo a mis abuelos Alfredo y Dolores, por hacerme parte de sus oraciones.

A todos mis primos, tíos y amigos que siempre estuvieron conmigo.

AGRADECIMIENTO

Quiero dar las enormes gracias a Dios, por darme la oportunidad de transitar por esta etapa de mi vida, a mi madre y a mi familia que siempre estuvieron dando su comprensión, tolerancia y apoyo durante mis estudios.

A la ayuda proporcionada por mi director de tesis, quien ha tenido la suficiente entereza para poder sobresalir con este proyecto final de Tesis.

A la Universidad Nacional de Loja y sus docentes que me inculcaron los conocimientos requeridos para mi desarrollo profesional.

TABLA DE CONTENIDOS

a.- TÍTULO.....	1
b.- RESUMEN.....	2
c.- INTRODUCCIÓN.....	4
d.- REVISION DE LITERATURA.....	6
d.1. CAPÍTULO 1: EL SOL COMO FUENTE DE ENERGÍA LIMPIA.....	7
d.1.1 GENERALIDADES.....	7
d.1.2.ENERGÍA SOLAR.....	7
d.1.2.1. Obtención de la Energía Solar	7
d.1.2.2. Energía Solar Fotovoltaica.....	7
d.1.2.3. Energía Solar Térmica (EST).....	8
d.1.3. RADIACIÓN SOLAR.....	8
d.1.3.1. Instrumentación y Medida de La Radiación Solar.....	9
d.1.3.1.1.Medida de La Radiación Directa.....	9
d.1.3.1.2. Medida de la Radiación Global y Difusa.....	10
d.1.3.1.3. Medida de la Radiación Infrarroja.....	11
d.1.3.1.4. Irradiancia (IS).....	11
d.1.3.1.5. Irradiación (QI).....	11
d.1.3.2. LA ENERGÍA SOLAR EN EL ECUADOR.....	12
3.1.4.1. Mapa solar del Ecuador.....	12
3.1.4.2. Radiación Solar en la Ciudad de Loja.....	13
d.1.5. INSTALACIONES TÉRMICAS DE ENERGÍA SOLAR.....	13
d.1.5.1. Clasificación de las Instalaciones Térmicas de Energía Solar.....	14
d.1.6. SISTEMAS DE CALENTAMIENTO SOLAR DE AGUA.....	16
d.1.6.1. Partes de un Sistema de Calentamiento Solar de Agua.....	16
d.1.7. SUBSISTEMA DE CAPTACIÓN.....	16
d.1.7.1. Colector Solar.....	17
d.1.7.2. Tipos de Colectores Solares.....	17
d.1.7.3. Colectores de Alta Temperatura.....	17
d.1.7.4. Colectores de Mediana Temperatura.....	18
d.1.7.5. Colectores de Baja Temperatura.....	18
d.1.7.5.1.Partes de un Colector de Placa Plana.....	20
d.1.7.5.2.Cubierta Transparente.....	20
d.1.7.5.3. Placa Absorbadora.....	20
d.1.7.5.4. Aislamiento Térmico.....	21
d.1.7.5.5. Carcasa.....	21
d.1.7.6. Montaje de Colectores Solares	22
d.1.7.6.1. Orientación e Inclinación de los Colectores.....	22
d.1.7.6.2. Conexión de los Colectores Solares.....	23
d.1.7.7. Ventajas y Desventajas entre Tipos de Colectores Solares.....	24
d.1.7.8. Rendimiento de Colectores Solares.....	25
d.1.7.8.1.Energía de Aportación Solar.....	26
d.1.7.8.2.Superficie de Captación necesaria.....	26
d.1.7.8.3.Superficie de Captación instalada.....	26
d.1.7.8.4. Número de Colectores.....	27
d.1.8. SUBSISTEMA ACUMULACIÓN.....	27
d.1.8.1. Tanques de Acumulación.....	27
d.1.8.2. Tanques Interacumuladores.....	28
d.1.9. SUBSISTEMA DE CIRCUITOS HIDRÁULICOS.....	28
d.1.9.1. Tuberías o Conducciones.....	29
d.1.9.2. Bomba de Circulación.....	29

d.1.9.3. Vaso de Expansión.....	30
d.1.9.4. Fluido Caloportador.....	31
d.1.10. SUBSISTEMA DE TERMOTRANSFERENCIA.....	31
d.1.10.1. Intercambiadores de Calor Solar.....	31
d.1.10.1.1. Intercambiadores Interiores.....	32
d.1.10.1.2. Intercambiador de Calor de Serpentin.....	32
d.1.10.1.3. Intercambiador de Calor de Doble Envolverte.....	32
d.1.10.2. Intercambiador Exterior.....	33
d.1.11. SUBSISTEMA DE CONTROL Y REGULACIÓN.....	33
d.1.12. SUBSISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR.....	34
d.1.12.1. Tipos de Configuración.....	34
d.1.13.COMPLEMENTOS DEL SISTEMA SOLAR.....	36
d.1.13.1. Válvulas Antirretorno.....	36
d.1.13.2. Manómetros.....	36
d.1.13.3. Termómetros y Termostatos.....	36
d.1.13.4.Llaves de Paso.....	37
d.1.13.5. Purgadores y Desaireadores.....	38
d.1.13.6.Aislamiento.....	38
d.1.13.7. Válvula de seguridad.....	40
d.1.13.8. Estructuras o Elementos de Fijación.....	40
d.1.13.9. Soportes para Tuberías.....	41
d.2. CAPITULO II: AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS).....	42
d.2.1.INTRODUCCIÓN.....	42
d.2.2.TIPOS DE ENERGÍA EMPLEADA.....	42
d.2.3.PARTES DE UN SISTEMA DE ACS.....	43
d.2.4.PRODUCCIÓN DE ACS.....	43
d.2.4.1. Producción Individual.....	43
d.2.4.2. Producción Centralizada.....	44
d.2.5. ALMACENAMIENTO DE ACS.....	45
d.2.5.1. Materiales de Tanques de Acumulación.....	46
d.2.6. DISTRIBUCIÓN DE ACS.....	46
d.2.6.1. Componentes de un Sistema de Distribución de ACS.....	46
d.2.6.2. Bombeo o Impulsión.....	47
d.2.6.3. Redes Hidráulicas.....	47
d.2.6.3.1. Tuberías.....	48
d.2.6.3.2. Accesorios.....	48
d.2.6.3.3. Soportes para Tuberías.....	48
d.3. CAPITULO III: BOMBAS Y TUBERÍAS.....	50
d.3.1. BOMBAS.....	50
d.3.1.1. Curvas Características.....	50
d.3.1.2. Tipos de Bombas.....	51
d.3.1.3. Bombas Centrífugas o Radiales.....	51
d.3.1.4. Bombas Axiales o Helicoidales.....	52
d.3.1.5. Bombas de Flujo Mixto.....	52
d.3.2.POTENCIA DE UNA BOMBA.....	53
d.3.2.1. Caudal de Bombeo.....	53
d.3.2.2. Altura Dinámica Total (HDT).....	54
d.3.2.3. Rendimiento de una Bomba.....	55
d.3.3. FENÓMENO DE CAVITACIÓN.....	56
d.3.3.1. Carga Neta de Succión Positiva (NPSH).....	56
d.3.3.3.1.Carga de Aspiración Neta Positiva Requerida.....	57
d.3.3.3.2.Carga de Aspiración Neta Positiva Disponible.....	57

d.3.4.	TUBERÍAS.....	59
d.3.4.1.	Materiales de Tuberías.....	59
d.3.4.2.	Rugosidad de Tuberías.....	59
d.3.5.	PÉRDIDAS DE CARGA.....	60
d.3.5.1.	Factores que influyen en las Pérdidas de Carga.....	60
d.3.5.1.1.	Densidad.....	61
d.3.5.1.2.	Peso Específico (γ).....	61
d.3.5.1.3.	Viscosidad Absoluta o Dinámica (μ).....	62
d.3.5.1.4.	Viscosidad Cinemática (ν).....	62
d.3.5.1.5.	Velocidad (v).....	63
d.3.5.1.6.	Rugosidad.....	63
d.3.5.2.	Número de Reynolds.....	63
d.3.5.3.	Regímenes de Circulación de los Fluidos.....	64
d.3.5.3.1.	Régimen Laminar.....	64
d.3.5.3.2.	Régimen Turbulento.....	65
d.3.5.4.	Pérdidas Primarias o Lineales.....	65
d.3.5.4.1.	Pérdidas de Carga por Fricción.....	66
d.3.5.4.2.	Método de Hazen-Williams.....	66
d.3.5.4.3.	Método de Darcy-Weisbach.....	67
d.3.5.4.4.	Método de Chezy-Manning.....	67
d.3.5.4.5.	Método de Scimemi.....	68
d.3.5.4.6.	Método de Scobey.....	68
d.3.5.4.7.	Veronesse-Datei.....	68
d.3.5.5.	Factor de Fricción (f).....	68
d.3.5.6.	Pérdidas de Carga Secundarias o Locales.....	69
d.3.5.6.1.	Coefficiente de Resistencia (K).....	70
d.3.5.6.2.	Primer Método, Método Directo.....	70
d.3.5.6.3.	Segundo Método, Método Indirecto.....	71
d.4.	CAPITULO IV: INTERCAMBIADORES DE CALOR.....	72
d.4.1.	CONCEPTO.....	72
d.4.2.	TIPOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR.....	72
d.4.2.1.	Intercambiadores de Serpentin Sumergido.....	73
d.4.2.2.	Intercambiadores de Doble Tubo.....	73
d.4.2.3.	Intercambiadores de Coraza y Haz de Tubos.....	74
d.4.2.4.	Recipientes Encamisados.....	74
d.4.2.5.	Intercambiadores de Placas.....	74
d.4.3.	SELECCIÓN DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR.....	75
d.4.3.1.	Flujo en un Intercambiador de Calor.....	75
d.4.3.2.	Razón de Transferencia de Calor.....	76
d.4.3.3.	Flujo Másico.....	76
d.4.3.4.	Coefficiente de Transferencia de Calor Global (OHTC).....	77
d.4.3.5.	Diferencia de Temperatura Media Logarítmica MLTD.....	77
d.4.3.6.	Coefficiente de Ensuciamiento.....	78
e.-	MATERIALES Y MÉTODOS.....	79
e.1.	MATERIALES.....	79
e.2.	MÉTODOS.....	80
e.2.1.	NORMATIVAS APLICADAS.....	80
e.2.2.	PARÁMETROS DE DISEÑO.....	81
e.2.3.	CÁLCULO DE DEMANDAS.....	81
e.2.4.	DIMENSIONADO DEL SISTEMA SOLAR.....	82
e.2.5.	DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE APOYO.....	91
e.2.6.	DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ACS.....	93

e.2.7. SISTEMA DE CONTROL.....	97
e.2.8. CÁLCULO DEL AHORRO ENERGÉTICO.....	98
f.- RESULTADOS.....	99
f.1.PARÁMETROS DE DISEÑO.....	99
f.1.1.Energía de Irradiación Solar (QI).....	100
f.2. DEMANDAS GENERALES.....	100
f.2.1. Cantidad de Aparatos Sanitarios.....	100
f.2.2. Demanda Diaria de ACS.....	100
f.2.3. Volumen de Acumulación de ACS.....	100
f.2.4. Demanda Energética Diaria.....	100
f.3. SISTEMA SOLAR.....	101
f.3.1. Configuración Básica.....	101
f.3.2. Fluido Caloportador.....	102
f.3.3. Subsistema de Captación Solar.....	102
f.3.3.1. Dispositivo de Captación.....	102
f.3.3.2. Captador Solar.....	102
f.3.3.3. Posición de los Colectores Solares.....	103
f.3.3.4. Energía Solar de Aportación.....	104
f.3.3.4.1. Energía Media Incidente (Q_{MI}).....	104
f.3.3.4.2.Radiación Promedio durante Insolación Diaria.....	104
f.3.3.5. Eficiencia del Colector.....	104
f.3.3.5.1. Diferencia de Temperaturas en el Colector.....	104
f.3.3.5.2. Rendimiento Promedio.....	105
f.3.3.5.3. Aportación Media Diaria por m2 de Colector Solar.....	105
f.3.3.6. Superficie Captadora Necesaria.....	105
f.3.3.6.1. Superficie Captadora de Aportación.....	105
f.3.3.6.2. Número de Colectores.....	105
f.3.3.6.3. Superficie de Captación Instalada.....	106
f.3.3.7. Ubicación de los Colectores Solares.....	106
f.3.3.8. Disposición de los Colectores.....	106
f.3.3.9. Suportación de Colectores.....	107
f.3.4. Subsistema de Acumulación Solar.....	107
f.3.4.1. Volumen de Acumulación Solar.....	107
f.3.4.2. Tanques de Acumulación Solar.....	108
f.3.4.3. Ubicación De Los Tanques Acumuladores.....	109
f.3.5. Circuitos Hidráulicos.....	109
f.3.5.1. Tipo de Tubería.....	109
f.3.5.1.1. Longitud de los Circuitos Solares.....	109
f.3.5.1.2.Caudal de Trabajo.....	110
f.3.5.1.3. Diámetro de la Tubería.....	110
f.3.5.2. Pérdidas en Tubería de Impulsión Campo 1.....	111
f.3.5.3. Pérdidas en Tubería de Impulsión Campo 2.....	112
f.3.6.Bombas de Circulación.....	113
f.3.6.1.Altura Dinámica Total HDT.....	113
f.3.6.1.1.HDT en el Campo 1.....	113
f.3.6.1.2.HDT en el Campo 2.....	113
f.3.6.2. Selección Equipos de Bombeo.....	113
f.3.7. Volumen de Expansión.....	114
f.3.7.1. Volumen de los Colectores Solares.....	114
f.3.7.2. Volumen del Intercambiador Solar.....	115
f.3.7.3. Volumen de Expansión del Campo 1.....	115
f.3.7.4. Volumen de Expansión del Campo 2.....	116

f.3.7.5. Vaso de Expansión.....	117
f.3.8.Aislamiento Térmico.....	117
f.3.8.1.Superficie Total de Aislamiento Térmico.....	117
f.4. SISTEMA DE APOYO	118
f.4.1. Energía Disponible de las Calderas.....	118
f.4.1.1.Potencia Necesaria.....	119
f.4.2. Sistema de Intercambio de Calor.....	120
f.4.2.1.Configuración Fundamental.....	120
f.4.2.2. Dispositivo de Intercambio de Calor.....	120
f.4.2.2.1.Selección del Intercambiador de Calor.....	120
f.4.2.3. Coeficiente Global de Transferencia de Calor OHTC.....	121
f.4.2.4. Diferencia de Temperatura Media Logarítmica MLTD.....	121
f.4.2.5.Área de Intercambio de Calor.....	122
f.4.2.5.1. Número de Placas del Intercambiador.....	122
f.4.2.6. Consumo de Vapor de Agua.....	122
f.4.3.Tubería de Traslado de Vapor.....	123
f.4.4. Equipo de Bombeo 4.....	123
f.5. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ACS.....	125
f.5.1.Caudales.....	125
f.5.1.1.Caudales Instantáneos.....	125
f.5.1.2. Caudal Máximo Instantáneo de cada Tramo.....	125
f.5.1.3. Caudales Mínimos Simultáneos de Distribución.....	125
f.5.1.4.Caudal de Suministro.....	126
f.5.1.5. Caudal de Retorno de ACS.....	126
f.5.2. Volumen del Acumulador 1.....	126
f.5.2.1.Tanque Central.....	126
f.5.2.2.Selección del Tanque Acumulador Central.....	127
f.5.2.3. Ubicación del Tanque Central de ACS.....	127
f.5.3. Redes Hidráulicas.....	128
f.5.3.1.Selección de tipo de Tubería.....	128
f.5.3.2. Diámetros de Distribución.....	128
f.5.3.2.1.Diámetros de los Ramales.....	128
f.5.3.2.2. Diámetros Característicos del Levantamiento.....	129
f.5.3.2.3. Diámetros de las derivaciones de Aparatos.....	129
f.5.3.3. Superficie de Aislamiento.....	130
f.5.3.4. Pérdidas de Carga.....	130
f.5.3.4.1. Pérdidas Primarias.....	130
f.5.3.4.2. Pérdidas de Carga Secundarias.....	130
f.5.3.4.3. Caída de Presión Tramo 40–O L101.....	131
f.5.3.4.4. Caída de Presión Tramo 40–40 O.....	131
f.5.3.4.5. Caída de Presión Tramo 20–40.....	131
f.5.3.4.6.Caída de presión Tramo 0–20.....	131
f.5.3.8. Altura Dinámica Total HDT.....	131
f.5.4. Sistema de Bombeo	132
f.5.4.1. Selección de Equipo de Bombeo.....	132
f.5.4.2. Verificación de Carga Neta de Succión Positiva.....	133
f.6.SISTEMA DE CONTROL.....	135
f.7. AHORRO ENERGÉTICO.....	136
f.7.1.Consumo Energético Total.....	136
f.7.1.1. Demanda Energética Actual.....	136
f.7.1.2. Consumo Eléctrico de Bombas.....	136
f.7.2. Aporte Energético Solar.....	137
f.7.2.1. Ahorro Energético.....	137

f.8.ESTUDIO ECONÓMICO.....	138
f.8.1. Presupuesto de la Instalación.....	138
f.8.1.1. Costo de una Instalación Convencional de producción de ACS.....	140
f.8.2.Costo Producción anual de ACS.....	140
f.8.2.1. Gasto anual en combustible.....	140
f.8.2.1.1. Cantidad de Gasóleo Anual.....	140
f.8.2.2. Gasto anual en electricidad.....	141
f.8.3. Costo de producción de ACS en una Instalación Convencional.....	141
f.8.4. Ahorro Anual.....	142
f.8.5. Período de Amortización.....	143
f.9. ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL.....	143
f.9.1. Ahorro de Combustible Anual.....	143
f.9.1.1. Ahorro en Gasóleo.....	143
f.9.1.2. Ahorro en GLP.....	144
f.9.1.3. Ahorro en Electricidad.....	144
f.9.2. Reducción de Emisiones de CO2.....	144
f.9.2.1. Emisiones por Gasóleo.....	144
f.9.2.2. Emisiones por GLP.....	145
f.9.2.3. Emisiones por Electricidad.....	145
f.9.2.4. Reducciones de CO2 al año.....	146
g.- DISCUSIÓN.....	147
h.-CONCLUSIONES.....	148
i.- RECOMENDACIONES.....	149
j.- BIBLIOGRAFÍA.....	150
k. ANEXOS.....	152

SIMBOLOGÍA

A	Área, m ²
A_I	Área de Intercambio de Calor, m ²
C_e	Calor Específico, kJ/kg °C
CO₂	Dióxido de Carbono, MJ/kg
D	Diámetro, m
F_R (τα)_n	Rendimiento Óptico del Colector Solar
F_R U_L	Coefficiente Global de Perdidas Térmicas del colector, W/m ² °C
g	Aceleración de la Gravedad, m/s ²
h_v	Pérdidas de Carga por velocidad, m
h_{Desnivel}	Desnivel entre punto más bajo y el más alto de la tubería, m
h_f	Pérdidas de Carga Primarias o por Fricción, m
h_s	Pérdidas de Carga Secundarias o Singulares, m
HT	Pérdidas Totales, m
HDT	Altura Dinámica Total, m
I_S	Irradiancia Solar, W/m ²
k_S	Factor de Simultaneidad
k_C	Coefficiente de Corrección para superficies inclinadas
K	Coefficiente de pérdidas para Accesorios
L	Longitud, m
m	Masa, kg
MTLD	Diferencia de Temperatura Media Logarítmica, °C
n_{Apa}	Número de Aparatos Sanitarios
n_{Camas}	Numero de Camas
n_{Col}	Numero de Colectores
n_{Placaa}	Numero de Placas
NPSH_D	Carga de Aspiración Neta Positiva Disponible, m
NPSH_R	Carga de Aspiración Neta Positiva Requerida, m
OHTC	Coefficiente Global de Transferencia de Calor, W/m ² °C
p	Presión, m
p_{Vap}	Presión del Vapor, m
PCI	Poder Calorífico Interno MJ/l
P	Potencia, Kg m/s

q	Caudal, m ³ /s
q_B	Caudal de Bombeo, m ³ /s
q_R	Caudal de Retorno, m ³ /s
q_D	Caudal de Diseño, m ³ /s
q_{MI}	Caudal Máximo Instantáneo, m ³ /s
Q	Energía Calorífica, MJ
Q_I	Energía de Irradiación Solar KW·h/m ²
Q_a	Demanda Energética o Calorífica, MJ
Q_{MI}	Energía Solar Media Incidente, MJ/m ² × día
Q_{Ap}	Energía Calorífica de Aportación Solar, MJ/m ² × día
r	Radio, m
Re	Número de Reynolds
S_{Nec}	Superficie de Captación Necesaria, m ²
S_{Cap}	Superficie de Captación, m ²
S_{Inst}	Superficie de Captación Instalada, m ²
S_{UC}	Superficie Útil del Colector, m ²
SG	Gravedad Específica,
t	Tiempo, s
T	Temperatura, °C
T_a	Temperatura ambiente, °C
T_f	Temperatura Final, °C
T_o	Temperatura Inicial, °C
T_U	Temperatura de Uso, °C
T_c	Temperatura de Consumo del Agua, °C
T_e	Temperatura de entrada del fluido al Colector Solar, °C
T_m	Temperatura media del Colector Solar, °C
U	Coefficiente Global de Transferencia de Calor, W/ m ² °C
v	Velocidad, m/s
V	Volumen, m ³
V_{AS}	Volumen de Acumulador Solar
V_{Exp}	Volumen de Expansión de Fluido Caloportador, m ³
Z	Altura de Succión, m
ΔT	Diferencia de temperaturas, (°C)
ρ	Densidad, kg/m ³

ρ_o	Densidad Inicial, kg/m ³
ρ_f	Densidad Final kg/m ³
\dot{m}	Flujo másico, Kg/s
\dot{Q}	Razón de Transferencia de Calor, MJ/s
f	Factor de fricción
ε	Rugosidad Absoluta de Tubería, mm
ε_r	Coefficiente de Rugosidad o Rugosidad Relativa
π	Pi
μ	Viscosidad Absoluta o Dinámica, N·s/m ²
ν	Viscosidad Cinemática, m ² /s
v	Volumen Específico, m ³ /kg
γ	Peso Específico, KN/m ³
η	Rendimiento del Equipo
η_{Col}	Rendimiento del Colector Solar
η_o	Rendimiento Óptico del Colector Solar
η	Rendimiento de la bomba

Subíndices

AS	Acumulación Solar
AF	Agua Fría
ACS	Agua Caliente Sanitaria
AC 1	Acumulador 1
AACS	Acumulador de ACS
Ap	Aportación
Acu	Acumulación
B1	Equipo deBombeo 1
B2	Equipo deBombeo 2
B3	Equipo deBombeo 3
B4	Equipo deBombeo 4
Cap	Captación
Cal	Calentamiento
Col	Colector
C1	Campo de Colectores 1
C2	Campo de Colectores 2
C1-I	Campo de Colectores 1- Impulsión
C1-R	Campo de Colectores 1- Retorno
C2-I	Campo de Colectores 2- Impulsión
C2-R	Campo de Colectores 2-Retorno
E_{Glob}	Energía de Irradiación Global, W/m ²
Exp	Expansión
GLP	Gas Licuado de Petróleo
Inst	Instalado
Int	Intercambiador
IP	Intercambiador de placas
IA 1	Interacumulador 1
IA 2	Interacumulador2
Serp	Serpentín
Tub	Tubería
max	Máximo
min	Mínimo

- a. TÍTULO:** “DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE CALENTAMIENTO DE AGUA POR ENERGÍA SOLAR Y VAPOR PARA EL HOSPITAL “ISIDRO AYORA” DE LA CIUDAD DE LOJA”

b. RESUMEN

Este estudio trata de la utilización de energía solar para la producción de agua caliente sanitaria con la ayuda de vapor producido por calderas, para obtener un aporte energético a los consumos diarios del Hospital Regional "Isidro Ayora", además de dotar de un servicio con el que no cuenta este centro de salud, observándolo desde el punto de vista centralizado, puesto que es necesario en departamentos donde hay sistemas individuales.

El edificio consta de cinco plantas con alrededor de 250 camas y en la mayoría se requiere de agua caliente, cuya demanda varía a lo largo del año pero para cuestiones de cálculo se ha realizado con valores promedios.

El trabajo comprende el diseño de una red de distribución de agua caliente que recorre el edificio, abasteciendo a 156 aparatos sanitarios, un sistema de calentamiento de agua en donde la energía de aporte solar será recogida por 82 colectores solares, y la energía de apoyo será otorgada por el calor del vapor generado en las calderas. También consistió en la selección de 4 equipos de bombeo, y un sistema de almacenamiento de ACS de 7500 litros, repartidos en tres tanques de similares capacidades, finalizando con un análisis determinado del posible ahorro energético que se puede conseguir, cuyo valor se ha proyectado en un 40%, y su ahorro en emisiones de CO₂.

SUMMARY

This study treat of the use of solar energy for hot-health water production, with the help of steam produced by boilers, to get energetic contribution to the daily consumptions of the Hospital Regional "Isidro Ayora", also to supply a service that this medical center does not have, observing it from the centralized point of view, Because that is necessary at departments where there are individual systems.

The building consists of five plants with approximately 250 beds and in the majority the hot water is required, whose demand varies throughout the year, but for the subjects of calculation he has been realized with average values.

The task contain the design of a net of distribution of hot water that goes through the building supplying 156 sanitary fittings, a water heating system where the energy of solar contribution will be collected by 82 solar panels, and supportive energy will be given by the heat of the vapor generated in the boilers, it also consists the selection of four pumping teams, and a storage system of 7500 liters of ACS , distributed in three similar capabilities tanks, finalizing with an analysis determined of energetic possible saving that it would be gotten , whose value has projected in a 40 % , and the saving in CO2 emissions.

c. INTRODUCCIÓN

Este trabajo está desarrollado en el “Hospital Regional Isidro Ayora” de la ciudad de Loja (Fig. 1), que es un gran centro de salud de la provincia que consta de un parqueadero, terraza, departamentos y servicios entre los que están aéreas de fisioterapia, consulta externa, laboratorios, neonatología, gineco-obstetricia, traumatología, pediatría enfermería, cirugía, cocina, lavandería, emergencia, cuarto de máquinas, área de mantenimiento, etc. Todo distribuido en aproximadamente 243 camas a través de las cinco plantas del edificio, cuya fachada principal se halla orientada hacia el Este.



Fig. 1: Hospital Regional Isidro Ayora de Loja (HIAL).
Fuente: Obtención Propia

La ciudad de Loja se encuentra en la provincia homónima, ubicada en la región sur del Ecuador que posee un clima templado-seco en toda su geografía, con una temperatura media de 18 °C, y con uno de los promedios más altos de radiación solar del país para de aplicación de sistemas explotación de energía solar, y así también cuenta con gran potencial eólico, pues en la provincia de Loja se puede encontrar excelentes velocidades del viento capaces de generar gran cantidad de energía.

La idea de este proyecto está en función de una alternativa en hábitos de consumos energéticos, pues las energías renovables son gratuitas y tienen varias formas de obtención, estas son: Eólica, geotérmica, solar, biomasa etc. En todas ellas el sol actúa de manera ya sea directa como indirecta. Así entonces, se puede tener una aplicación de una de ellas como es la energía solar térmica, al mismo tiempo que se puede de alguna forma reducir la contaminación. La ventaja absoluta del sol es que aparte de ser inagotable es un recurso que se puede encontrar en la mayor parte de toda la superficie terrestre, en función del tiempo puede variar por las estaciones climáticas que transcurren a lo largo del año, y del día gracias al movimiento de rotación.

El crecimiento global hace que el consumo energético proveniente de combustibles fósiles como el carbón, petróleo, gas natural, aumente mientras las fuentes de obtención se van agotando. La desventaja principal es que el uso del combustible fósil tiene reacciones físico-químicas necesarias para su transformación en energía, que liberan muchos contaminantes a la atmósfera, provocando así alteraciones en el medio ambiente, causantes del calentamiento global, concentración de gases nocivos, y pérdida de la capa de ozono. El fenómeno más nombrado recientemente es el del calentamiento global producido por el aumento del dióxido de carbono en la atmósfera terrestre, este a su vez atrapa los rayos solares que llegan a la superficie terrestre impidiendo que retornen al espacio y provocando un aumento de temperatura de la tierra.

Puesto que existen diversos tipos de sistemas solares destinados para la calefacción o producción de energía eléctrica, el presente trabajo está orientado a la aplicación de energía solar térmica de baja temperatura, llámese a esta la energía inferior a 80°, también del procedimiento para el cálculo y selección de colectores solares para la producción de agua caliente sanitaria. Estas instalaciones tienen la desventaja de ser de poca rentabilidad, ya que la inversión para la ejecución de las mismas supera mayoritariamente al valor hipotético de ahorro que se puede llegar a tener.

En la mayor parte de Europa sobre todo en España la aplicación de la tecnología solar es muy privilegiada gracias a la gran cantidad de radiación solar que reciben países europeos, incluso existen normativas y manuales para su buen uso. Es por la apertura que se viene dando a nivel mundial a este tipo de energía que los costos ya sea de varios elementos que forman parte de estas instalaciones, están disminuyendo y cada vez son más factibles.

Para tener un sistema que garantice el servicio de Agua Caliente se ha propuesto también la utilización simultánea de energía por vapor, el mismo que es producido por una caldera de 80 HP y otra de 100 BHP. Se ha de hacer conocer también, que la aplicación de sistemas ya sea solar o de cualquier sistema basado en energías limpias, no es suficiente para el interés ecológico de la Tierra si no que cada habitante debe de tomar consciencia del uso de las mismas, así como también de las energías no renovables tales como: ahorro de energético, correcto uso de combustibles contaminantes, manejo de desechos nocivos.

d. REVISIÓN DE LITERATURA

d.1. CAPÍTULO I: EL SOL COMO FUENTE DE ENERGÍA LIMPIA

d.1.1. GENERALIDADES

Al hablar de fuentes energías limpias nos centramos en aquellas fuentes de energía, donde su obtención y aplicación no tiene incidencia sobre el medio ambiente.

Las fuentes de energía posibles de utilizar son, acorde a las condiciones del sector donde se pretende instalar un sistema, destacándose entre ellas las siguientes:

- Energía solar
- Energía eólica
- Energía geotérmica
- Energía de biomasa

La elección de una u otra alternativa es a criterio del investigador, quien debe verificar la disponibilidad de alguna de ellas, la existencia de equipos comerciales que generen la energía, existencia de repuestos, seguridad de operación y mantenimiento del sistema.

d.1.2. ENERGÍA SOLAR

Energía solar es aquella energía renovable y limpia tomada del Sol, considerada un tipo de energía verde. Produce la energía a manera de radiación y es inagotable. Una vez captada dicha radiación a través de cualquier dispositivo se puede convertir en Energía Térmica o Energía Fotovoltaica y dar varios usos entre los que sobresalen, la calefacción, y la electricidad.

d.1.2.1. Obtención de la Energía Solar

Absorbiendo adecuadamente la radiación proveniente del sol se puede lograr calor, mediante captadores o colectores térmicos, y electricidad, a través de los denominados módulos fotovoltaicos. Estos procesos denominados **Energía Fotovoltaica** y **Energía Térmica** se diferencian entre sí, en cuanto a su tecnología y en su aplicación.

d.1.2.2. Energía Solar Fotovoltaica

La energía del sol se convierte en energía eléctrica por medio de paneles solares (Fig. 2) diseñados especialmente con celdas fotovoltaicas, que transforman la radiación incidente sobre su superficie en pequeñas cargas eléctricas.



Fig. 2: Instalación Solar Fotovoltaica
Fuente: <http://www.fotovoltaica.info>

d.1.2.3. Energía Solar Térmica (EST)

Denominamos energía solar térmica, a la energía aprovechada del sol para producir calor mediante la utilización de diversos dispositivos como son colectores o paneles solares térmicos (Fig. 3), la energía obtenida la podemos usar para calentar aire, agua u otro tipo de fluido a temperaturas que podrán oscilar entre 40° y 50°, no debiendo superar los 80°. El agua a estas temperaturas se utilizara como ACS.



Fig. 3: Instalación Solar Térmica
Fuente: <http://www.instalaciones-solares.com>

d.1.3.RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar como su nombre mismo lo indica, proviene del Sol siendo dispersada en todas las direcciones formando una esfera ficticia que aumenta de tamaño según la distancia que alcancen los rayos solares (Fig. 4), es así que la intensidad de la misma depende del tamaño del área y el radio de dicha esfera, mientras menor sea el radio, mayor será el valor de la radiación.

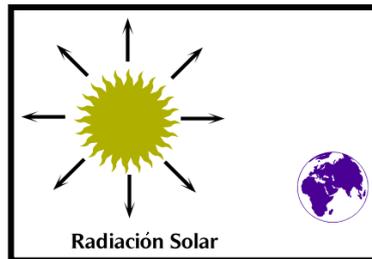


Fig. 4: Radiación Solar

Fuente: Autor del Proyecto

A distancia terrestre la radiación o energía que llega a es de 1367 W/m^2 conocida como Irradiancia o Constante Solar. Cabe destacar que no toda la radiación que se supone debería llegar a la tierra lo hace, sino que es un valor menor puesto que influyen mucho los fenómenos atmosféricos, difusiones, reflexiones, movimientos de la tierra, etc.

d.1.3.1. Instrumentación y Medida de La Radiación Solar

Las medidas de la radiación son muy necesarias para:

- Estudiar las transformaciones de la energía en sistema Tierra-Atmósfera.
- Analizar las propiedades y distribución de la atmósfera, los elementos que la constituyen, tales como losaerosoles, el vapor de agua, el ozono, etc.
- Estudiar la distribución y variaciones de la radiación incidente, reflejada y total.
- Satisfacer las necesidades derivadas de las actividades de la biología, medicina, agricultura, arquitectura, ingeniería y de la industria relacionadas con la radiación.

Por ello se necesita de instrumentación que nos permita conocer que las dimensiones de la radiación solar en cualquier punto del planeta, los mismos que se detallan como sigue:

d.1.3.1.1. Medida de La Radiación Directa

La radiación solar directa se mide por medio de pirheliómetros (Fig.5), que generalmente el está dotado de un visor en el que un pequeño punto luminoso coincide con una marca situada en elcentro del mismo cuando la superficie receptora se halla en posición exactamente perpendicular al haz solar directo. Por lo que necesitan ir montados sobre mecanismos de seguimiento muypreciso del Sol.



Fig. 5: Pirheliómetro de primera clase Kipp-Zonen.
Fuente: Agencia Estatal de Meteorología de España

Para la medición de la radiación ultravioleta se usan piranómetros específicos (Fig. 6), que normalmente utilizan un filtro de alta calidad para aproximar la respuesta espectral del aparato a la respuesta que presenta la piel humana a los efectos del Sol.



Fig. 6: Piranómetro de UVB de Kipp-Zonen
Fuente: Agencia Estatal de Meteorología de España

d.1.3.2. Medida de la Radiación Global y Difusa

El instrumento necesario para medir la radiación global es el piranómetro (Fig.7). Este se utiliza a veces para medir la radiación incidente sobre superficies inclinadas y se dispone en posición invertida para medir la radiación global reflejada (albedo).

Para medir solamente la componente difusa de la radiación solar, la componente directa se cubre por medio de un sistema de pantalla o sombreado.



Fig. 7: Piranómetro Kipp-Zonen
Fuente: Agencia Estatal de Meteorología de España

d.1.3.3. Medida de la Radiación Infrarroja

El instrumento usado para medir radiaciones de onda larga es el pirgeómetro (Fig. 8), la mayoría de éstos eliminan las longitudes de onda cortas mediante filtros que presentan una transparencia constante a longitudes de onda largas mientras que son casi opacos a longitudes de onda más cortas (300 a 3000nm).



Fig. 8: Pirgeómetro Eppley

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología de España

d.1.3.4. Irradiancia (I_s)

Es la densidad de radiación incidente por unidad de superficie, emitida por el sol. Se expresa en W/m^2 o unidades afines.

La constante solar media llega a nuestro planeta por metro cuadrado de superficie, es un valor que resulta de multiplicar la energía total de radiación por el área total del círculo de la Tierra y dividirlo por toda su superficie, lo que da una media de **342 W/m^2** .

d.1.3.5. Irradiación (Q_I)

Es la energía incidente en una unidad de superficie, y en determinado lapso de tiempo su medida es en $kW \cdot h/m^2$ y es definida por la siguiente relación:

$$Q_I = I_s \cdot t \quad \text{Ecuación 1.}$$

Siendo:

I_s : Irradiancia o Constante solar (W/m^2)

t : Tiempo (h)

d.1.4.LA ENERGÍA SOLAR EN EL ECUADOR

Gracias a la ubicación del Ecuador, en medio del globo terrestre, el país disfruta de uno de los niveles de irradiación solar más elevados del planeta, situado entre las latitudes 1°30'N (Carchi) y 5°0'S (Zamora) y entre las longitudes 72°0'W (Salinas) y 75°10'W (Orellana) es decir al oeste del meridiano de Greenwich. El Archipiélago de Galápagos se encuentra entre las latitudes 1°40'N y 1°30'S y entre las longitudes 89°10'W y 92°0'W. Al estar dividido por la Línea Equinoccial, el Ecuador tiene poca variabilidad en la posición del sol durante todo el año, esto favorece la aplicación de sistemas solares para fines energéticos, ya que en promedio hay 12 horas de sol durante el día.

d.1.4.1. Mapa Solar del Ecuador

No existe en Ecuador un registro histórico completo de radiación solar. Para ello el CONELEC contrato en el año 2008 la elaboración del Mapa Solar del Ecuador (Fig. 9), basado en datos tomados de sistemas satelitales del NREL (National Renewable Energy Laboratory) de Estados Unidos entre 1985 y 1991 que interpola la información a celdas de 1 km².

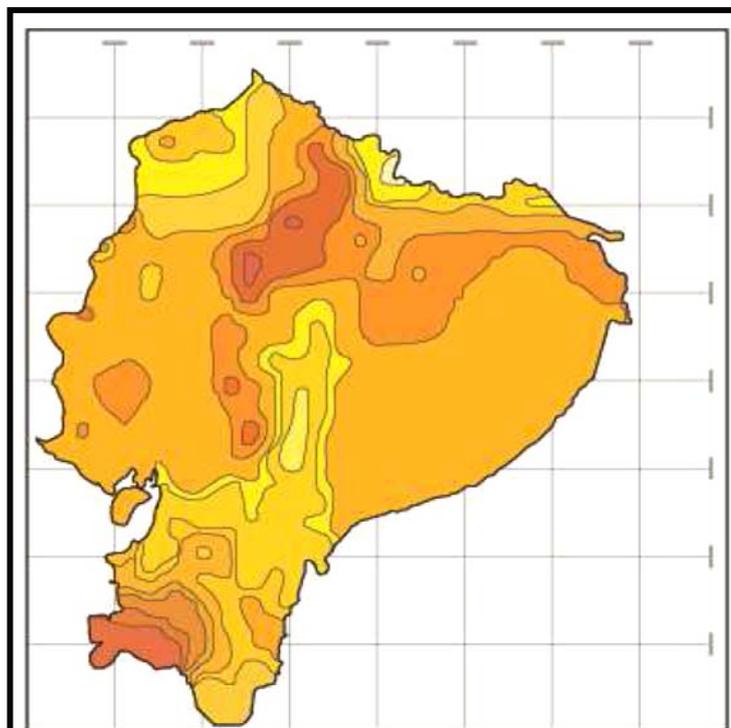


Fig. 9: Zonas de Irradiación Solar del Ecuador
Fuente: CONELEC, 2008

Gracias a este mapa solar se ha establecido una tabla resumen anual con la insolación global promedio anual agrupada en cinco Zonas de I a V en Wh/m² al día (Tabla 1).

Tabla 1: Zonas de Irradiación Solar del Ecuador

ZONAS	Wh/m ² al día.
Zona I	3500 a 4050
Zona II	4050 a 4350
Zona III	4350a 4800
Zona IV	4800 a 5250
Zona V	5250 a 5700

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción, Capitulo 14)

d.1.4.2. Radiación Solar en la Ciudad de Loja

De acuerdo al mapa solar la ciudad de Loja pertenece a la zona III, convirtiéndola en una zona con buena radiación (Tabla 2)

Tabla 2: Energía de Irradiación Media Mensual.

MES	Q _s MJ/m ²
Enero	14,6
Febrero	15,2
Marzo	15
Abril	14,6
Mayo	15,4
Junio	13,9
Julio	15,3
Agosto	15,6
Septiembre	15,7
Octubre	16,9
Noviembre	17,6
Diciembre	16,6
PROMEDIO	15,5

Fuente: Software Censol 5.0

d.1.5.INSTALACIONES TÉRMICAS DE ENERGÍA SOLAR

Una instalación térmica de energía solar, nos permite la utilización de la energía proveniente del sol para transformarla en energía de características térmicas.

En el diseño de instalaciones térmicas se debe poseer datos que definan al sistema como:

- Radiación solar
- Demanda energética
- Número de colectores
- Volumen de acumulación
- Aislamientos térmicos, etc.

d.1.5.1. Clasificación de las Instalaciones Térmicas de Energía Solar

Estos sistemas se pueden clasificar según algunos criterios como:

1) De acuerdo al tipo de circulación del fluido:

- **Circulación Forzada.-** Utilizan la potencia impartida por una bomba para poder hacer circular el fluido (Fig.10). Es más utilizado en sistemas grandes.

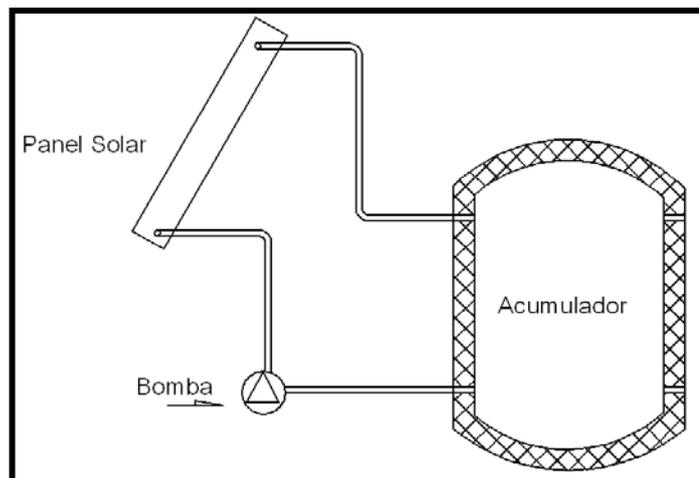


Fig. 10: Circulación mediante Electrobomba
Fuente: Autor del Proyecto

- **Circulación Natural.-** Utilizan el fenómeno de termosifón , el mismo que se basa en el hecho que un fluido caliente con menor densidad tiende a subir por encima del agua más fría ósea de mayor densidad ocasionando una circulación natural a través del colector. Entre mayor sea la diferencia de altura, habrá mayor velocidad de circulación, por ende el tanque acumulador se ubicara siempre a mas altura que el colector (Fig.11). Son generalmente utilizados en sistemas solares de pequeñas dimensiones.

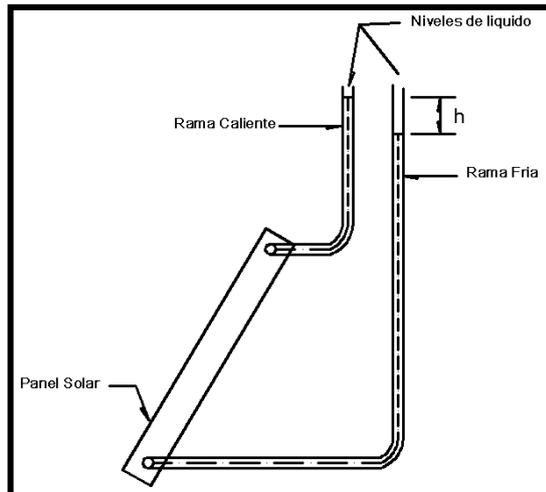


Fig. 11: Principio de Termosifón
Fuente: Autor del Proyecto

2) De acuerdo a la forma de intercambio de calor en:

- **Sistemas Directos.**-El fluido circulante por el captador es el fluido de consumo, y funcionan por termosifón (Fig.12).

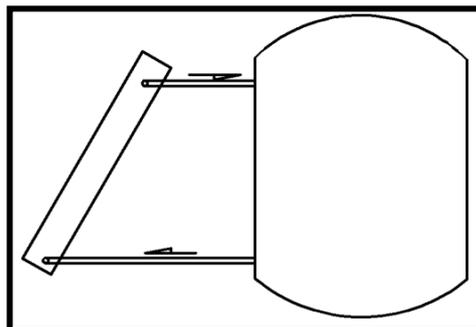


Fig. 12: Acumulador sin Intercambiador (Sistema Directo)
Fuente: Autor del Proyecto

- **Sistemas Indirectos.**- Utilizan dos circuitos independientes, un primario y otro secundario, el fluido de trabajo fluye por el primario y a través de los colectores, el fluido de consumo se calienta en el secundario y la transferencia se realiza por medio de intercambiadores de calor.

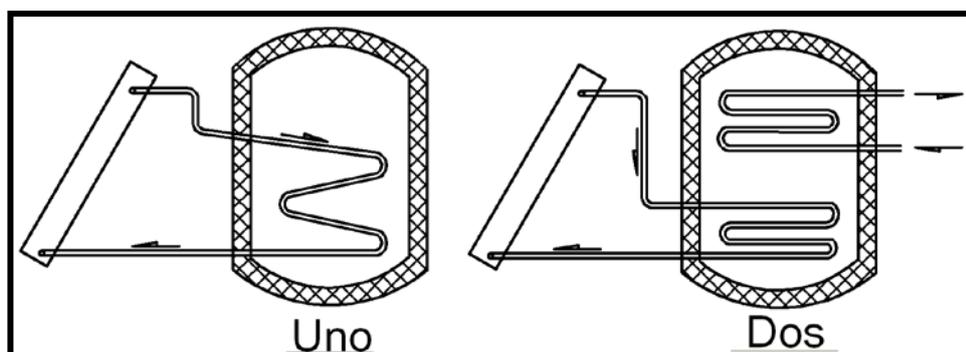


Fig. 13: Acumuladores con 1 y 2 Intercambiadores Internos.
Fuente: Autor del Proyecto

3) Por el sistema de apoyo en:

- **Centralizados.-** Son instalaciones comunes para grupos de viviendas, edificios, donde todos los usuarios , utilizan la misma red de abasto
- **Individuales.-** Cada usuario tiene su propia fuente de calentamiento

d.1.6.SISTEMAS DE CALENTAMIENTO SOLAR DE AGUA

Un sistema de calentamiento solar de agua, utiliza la de energía solar captada para transferirla a un fluido de trabajo con el objetivo de transmitirla al agua de utilización.

Se caracterizan por la forma de consumo de agua siendo:

- **Sistema Puntual.-**Es cuando el consumo de agua caliente se da en determinadas horas por ejemplo en la mañana o en la tarde.
- **Sistema Continuo.-** Se refiere a consumos incesantes a cualquier hora del día, estos casos se dan más en edificios de uso público. Es más eficiente y menos costoso por su baja acumulación, y la temperatura del agua almacenada es menor, por lo que las pérdidas de calor se reducen notablemente.

d.1.6.1. Partes de un Sistema de Calentamiento Solar de Agua

Un sistema de calentamiento de agua por energía solar está formada por:

- Subsistema de Captación
- Subsistema de Almacenamiento o Acumulación
- Subsistema de Circuitos Hidráulicos
- Subsistema de Termotransferencia
- Subsistema de Control y Regulación
- Subsistema de Energía Auxiliar

d.1.7.SUBSISTEMA DE CAPTACIÓN

Este subconjunto tiene como objetivo captar la energía solar incidente y transformarla en energía térmica, que calienta un fluido de trabajo que atraviesa por el dispositivo captador, está formado por los colectores, sus elementos de sujeción y demás accesorios.

d.1.7.1. Colector Solar

Son aparatos que utilizan la radiación solar para calentar cualquier fluido que circule por sus tuberías, comúnmente agua, a cierta temperatura. Son capaces de concentrar e intensificar el efecto térmico producido (Fig.14).



Fig. 14: Colector Solar Plano
Fuente: Catalogo Salvador Escoda

Según la temperatura requerida pueden ser sistemas de alta o de baja temperatura, estas pueden variar acorde al diseño del colector, desde 20°C en adelante.

d.1.7.2. Tipos de Colectores Solares

Se distinguen muchos tipos desde su forma constructiva, diseño y temperaturas en:

- Colectores de Alta Temperatura
- Colectores de Mediana Temperatura
- Colectores de Baja Temperatura

d.1.7.3. Colectores de Alta Temperatura

Son sistemas complejos donde se necesitan diseños e instalación en conjunto y no son comercializados, ya que se encuentran en investigación. Se puede alcanzar temperaturas de millares de grados por encima de 400°C. Uno de este tipo utilizan un campo de helióstatos, que son un conjunto de espejos que concentran la energía solar (Fig.15).

Entre otras variaciones tenemos un espejo en forma de casquete esférico en cuyo foco paraboloide se concentra la energía y pueden alcanzar hasta 900°C, dentro de este tipo tenemos las cocinas solares, en las mismas que se pueden ubicar un recipiente para cocinar en su foco.



Fig. 15: Colectores de Alta Temperatura
 Fuente: <http://www.ecovive.com>

d.1.7.4. Colectores de Mediana Temperatura

Este tipo de colectores son capaces de concentrar la radiación solar en superficies reducidas, dependen mucho del diseño del colector y son de forma cilindro-parabólica

Entre este grupo de colectores los más conocidos son:

- **Colectores Parabólicos y Cilíndricos:** Tienen la capacidad de aprovechar la capacidad de los espejos parabólicos bien pulimentados para concentrar la energía en un solo punto, donde se ubica la tubería por donde circula el fluido a calentar que suele ser aceite o agua (Fig.16)

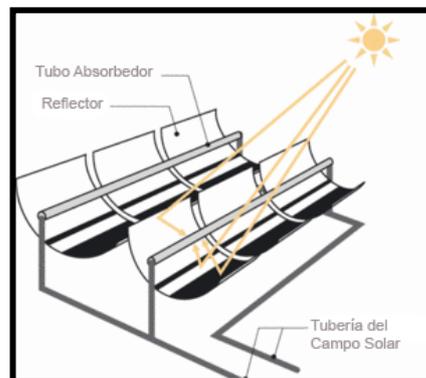


Fig. 16: Colector Cilíndrico
 Fuente: <http://www.ecovive.com>

d.1.7.5. Colectores de Baja Temperatura

Sistemas en donde la temperatura de trabajo no alcanza el punto de ebullición del agua (20°C a 100°C), y suficientes para poder suplir hasta 2/3 del consumo energético que requiere el agua caliente ya se sanitaria así como industrial. Tecnológicamente son sistemas sencillos, de instalación factible, silenciosos, limpios, con una larga vida útil, y al alcance.

Los colectores de baja temperatura se subdividen según los materiales y técnicas de captación en:

- **Colectores no Vidriados:** Contienen grandes cantidades de pequeños tubos metálicos o plásticos que se disponen a manera de serpentín para calentar agua, los rayos inciden directamente en los tubos y no constan de cajas, así su temperatura varía en torno a los 30°C.
- **Colectores de Tubo de Vacío:** Estos colectores alcanzan temperaturas de trabajo superiores a los 100°C, por lo que su utilización es más empleada en procesos industriales. Su principio de funcionamiento se basa en tubos de vidrio con vacío en su interior dentro del cual se encuentran los tubos por los que circula fluido caloportador (Fig.17), de esta manera se evita cualquier fuga de calor. Son colectores muy eficientes.



Fig. 17: Colector de Tubos de vacío
Fuente: <http://www.salvadorescoda.com>

- **Colectores de Placa Plana:** Estos colectores por experiencia son más utilizados ya que su temperatura se ajusta a la de utilización normal (60 °C), y son los más adecuados para calentamiento de aire o agua (Fig.18).



Fig. 18: Colector de Placa Plana
Fuente: <http://www.salvadorescoda.com>

d.1.7.5.1. Partes de un Colector de Placa Plana

El colector de placa plana se compone básicamente de algunas partes indicadas en la Figura 19, como:

- Cubierta Transparente
- Placa Absorbedora
- Aislamiento Térmico,
- Carcasa, entre otras.

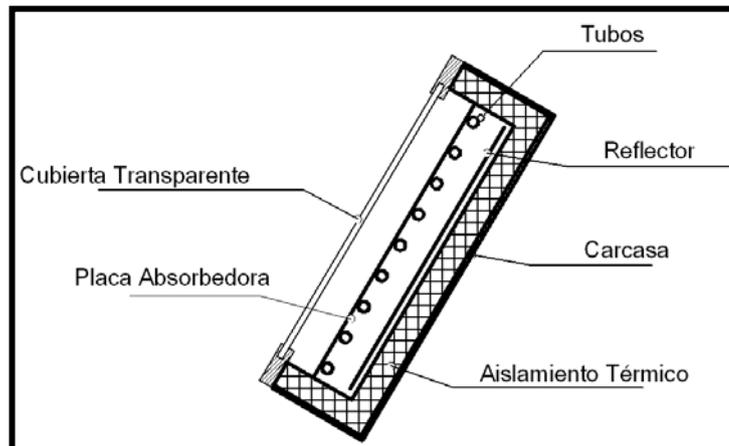


Fig. 19: Partes de un Colector Solar
Fuente: Autor del Proyecto

d.1.7.5.2. Cubierta Transparente.

Produce efecto invernadero y reduce las pérdidas por convección, puede ser de vidrio o de plástico transparente. Incluso puede ser de doble cubierta.

d.1.7.5.3. Placa Absorbedora

El absorbedor de calor recibe la radiación solar, la transforma en calor y la transmite al fluido caloportador, suele ser metálico y de color negro (Fig.20).

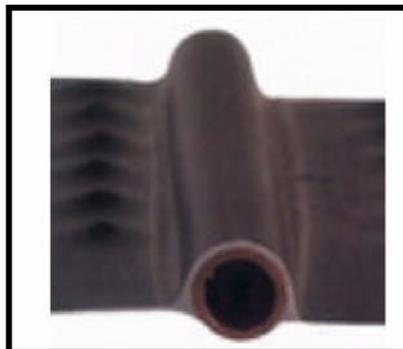


Fig. 20: Absorbedor de Tubo
Fuente: <http://www.salvadorescoda.com>

Existen de diferentes tipos como:

- Dos placas metálicas separadas unos milímetros para la circulación el fluido.
- Aletas de aluminio soldadas a tubos de cobre.
- Placas plásticas destinadas para calentamiento de piscinas.
- A través de tubos en paralelo o en serie a manera de serpentín en los cuales el fluido circula de abajo hacia arriba (Fig.21).

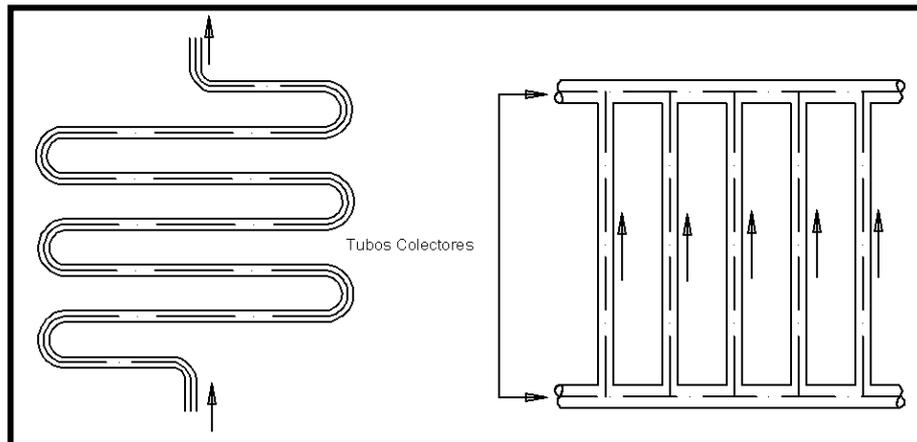


Fig. 21: Tubos Absorbedores en Serie (Izq.) y Paralelo (Der.)
Fuente: Autor del Proyecto

d.1.7.5.4. Aislamiento Térmico

Protege al absorbedor por su parte trasera de las pérdidas térmicas. Éste debe de poseer las siguientes características:

- Buen comportamiento con la temperatura.
- Bajo desprendimiento de vapores por efecto de un elevado calentamiento.
- Larga durabilidad
- Homogeneidad de sus propiedades frente a la humedad

d.1.7.5.5. Carcasa

La carcasa protege y soporta los diversos elementos que constituyen el colector, también sujeta el colector a la estructura soporte.

Las características que debe de cumplir la carcasa son:

- Alta rigidez.
- Resistencia de los elementos de fijación.
- Resistencia a las variaciones de temperatura.

- Resistencia a la corrosión y la inestabilidad química.
- Fácil desmontaje de la cubierta transparente o de la parte superior de la carcasa para acceder al absorbedor.

d.1.7.6. Montaje de Colectores Solares

Existen muchas formas de montaje de los colectores sobre techo plano, techo inclinado, balcón, terraza, etc. Pero se debe tener en cuenta el incremento de carga originado por el emplazamiento de los paneles y el acumulador (teniendo en cuenta el agua en su interior), deben ubicarse en ángulos tales que no puedan retener aguas lluvias.

La separación entre los colectores debe ser como mínimo la indicada en el esquema de abajo (Fig.22).

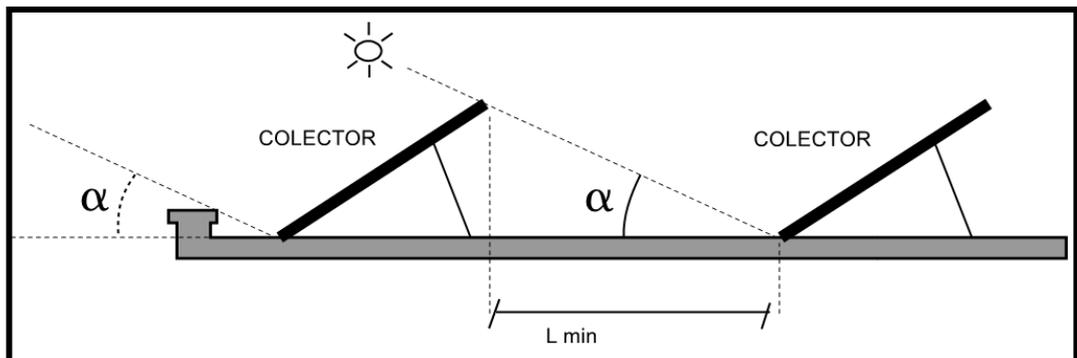


Fig. 22: Ajuste Mínimo en Instalación de Colectores
Fuente: Código Técnico de la Edificación

d.1.7.6.1. Orientación e Inclinación de los Colectores

Los colectores solares deben tener una orientación e inclinación adecuada, para recibir los rayos solares en forma perpendicular (Fig.23).

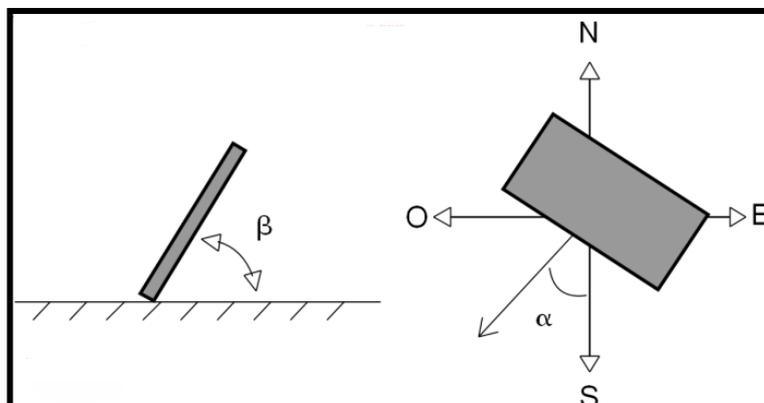


Fig. 23: Inclinación y Orientación de los Módulos Colectores
Fuente: Código Técnico de la Edificación

La orientación en el hemisferio sur debe ser siempre hacia el Norte sin desviarse más de 20°. Las inclinaciones β varían según la latitud del lugar y la época del año, por ello los valores de irradiación sobre un plano, son corregidos con un factor k en función de:

- La latitud del Lugar
- El ángulo de inclinación β de la superficie en estudio
- El mes del año

$$Q_{MI} = 0,94 \cdot k_C \cdot Q_I \text{ Ecuación 2.}$$

Dónde:

- Q_{MI} : Energía Solar Media Incidente (MJ/m^2)
 k_C : Coeficiente Corrección Superficies Inclinadas
 Q_I : Energía de Irradiación Solar (MJ/m^2)

d.1.7.6.2. Conexión de Colectores Solares

Estos dispositivos pueden conectarse entre sí de tres formas: en serie, en paralelo o mixto, según la configuración deseada o implementada.

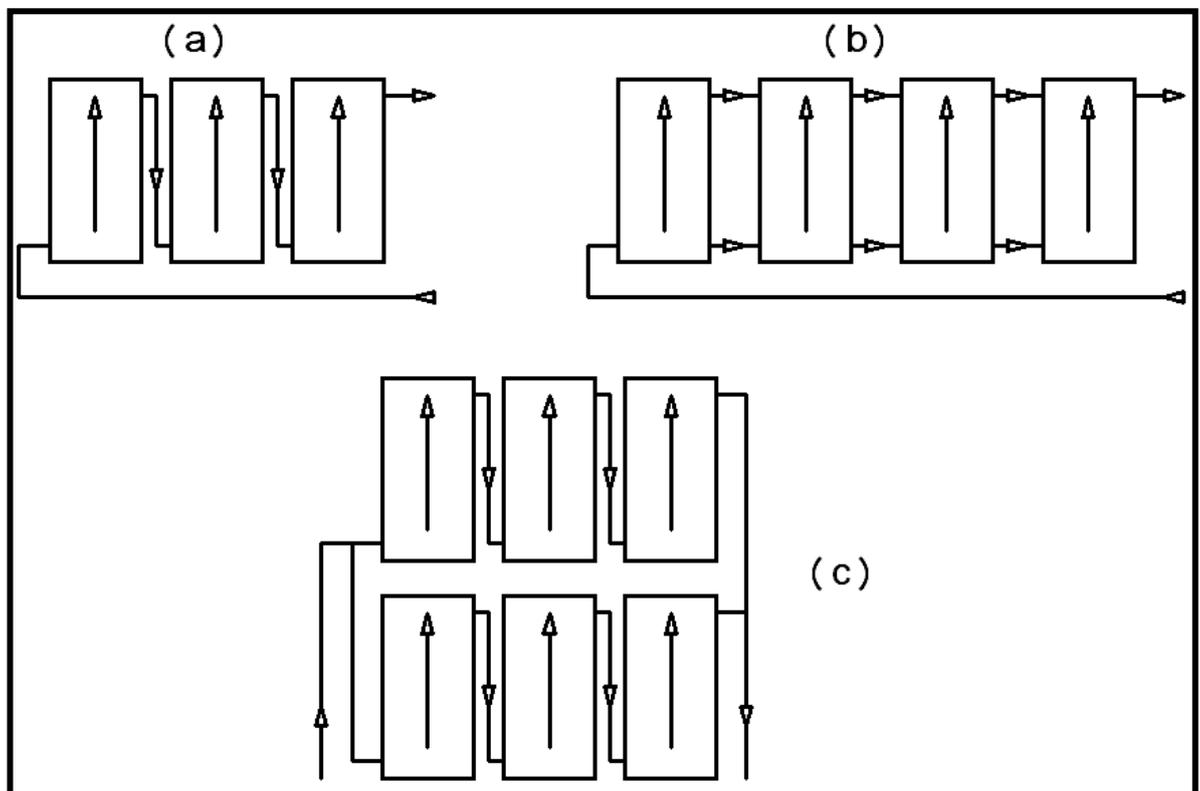


Fig. 24: Conexión de Colectores: a) Serie, b) Paralelo c) Serie-Paralelo
 Fuente: Código Técnico de la Edificación

- En la conexión en serie (Fig.24a), el agua atraviesa todos los colectores para realizar un ciclo, adquiriendo mayor temperatura. Los inconvenientes que se presentan son que el agua debe vencer una resistencia mayor para atravesar los circuitos. Además en cada colector la temperatura del agua iría en aumento hasta llegar al último colector donde se producirían muchas pérdidas de calor.
- La conexión en paralelo es mucho más efectiva puesto que la resistencia al paso del agua es mucho menor. Incluso si un colector dejara de funcionar los demás no se verían afectados (Fig.24b).
- La forma mixta es una mezcla de los anteriores en grandes conjuntos de colectores cuando los mismos se disponen en filas (Fig.24c).

d.1.7.7. Ventajas y Desventajas entre Tipos de Colectores Solares

Por su diseño y tecnología, los colectores tienen mejores prestaciones de acuerdo al uso que se le quiera otorgar, resumidas en la Tabla 3:

Tabla 3: Ventajas y desventajas en Colectores Solares

Tipo de Colector	Ventajas	Desventajas
Sin cubierta	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diseño muy simple ▪ Fáciles de construir. ▪ Más baratos en su construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No calientan los fluidos hasta la temperatura necesaria para usos domésticos
De placa plana	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diseño simple. ▪ Fácil de construir. ▪ Costo de construcción barato. ▪ Calientan el fluido térmico hasta temperaturas adecuadas para su uso doméstico. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Precaución con la cubierta adecuada. ▪ Unos poco más caros que sin cubierta.
De Tubos de Vacío	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alcanzan temperaturas bastantes altas. ▪ Eficiencia alta para temperaturas elevadas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Muy caros en su construcción. ▪ Muy difíciles de construir sin el equipo apropiado.
De Concentración	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alcanzan muy altas temperaturas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elevado costo de construcción. ▪ Difíciles de construir ▪ Requiere un sistema de seguimiento electrónico para seguir el sol.

Fuente: Tesis Cocina Solar Aceite Térmico (UNL, 2009)

d.1.7.8. Rendimiento de Colectores Solares

El rendimiento de un equipo colector está dado por su curva característica (Fig. 25), la misma que representa su comportamiento con la temperatura y radiación.

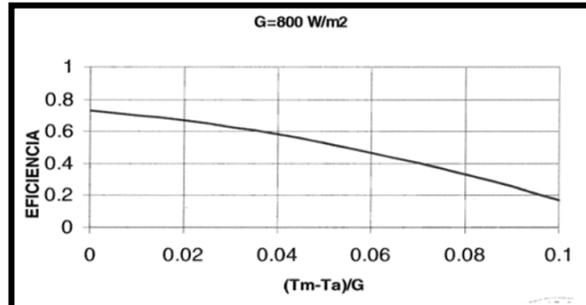


Fig. 25: Curva Característica de un Colector
Fuente: Catalogo de Colectores Chromagen.

Y la producción energética viene ligada a la siguiente expresión:

$$\eta_{Col} = F_R (\tau\alpha)_n - F_R U_L \left(\frac{T_e - T_a}{I_s} \right) \text{ Ecuación 3.}$$

Siendo:

- η_{Col} : Rendimiento del colector solar
- $F_R (\tau\alpha)_n$: Rendimiento óptico del colector
- $F_R U_L$: Coeficiente Global de Perdidas Térmicas del colector ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)
- T_e : Temperatura de entrada del fluido caloportador al colector ($^\circ C$)
- T_a : Temperatura ambiente ($^\circ C$)
- I_s : Irradiancia Solar (W/m^2)

Puesto que en el Ecuador no existe un centro de homologación de colectores, la NEC-Cap.14, ha propuesto factores estándar de pérdidas y rendimiento, establecidos para instalaciones térmicas en la Tabla 4.

Tabla 4: Valores típicos de Eficiencia de colectores Solares

Tipo de Colector	Rango T $^\circ C$	$F_R (\tau\alpha)_n$	$F_R U_L$ $W/m^2 \text{ } ^\circ C$
Sin Cubierta	10-40	0,9	15-25
Cubierta Simple	10-60	0,8	7
Cubierta Doble	10-80	0,65	5
Superficie Selectiva	10-80	0,8	5
Tubos de Vacío	10-130	0,7	2

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción. Cap. 14

Como se desconoce la temperatura de entrada del fluido caloportador que es un valor instantáneo y variable durante el día, se considera el valor sugerido por el CTE de 45°C.

$$T_m = T_e = 45 \text{ °C}$$

d.1.7.8.1. Energía de Aportación Solar

La energía que proporcionara una superficie inclinada de cualquier sistema de captación está dada como:

$$Q_{Ap} = \eta_{Col} \cdot Q_{MI} \text{ Ecuación 4}$$

Siendo:

- Q_{Ap} : Energía Aportada por el sol
- η_{Col} : Rendimiento del colector solar
- Q_{MI} : Energía Solar Media Incidente (MJ/m²al día)

d.1.7.8.2. Superficie de Captación necesaria.

Por ende la superficie de colectores necesaria estaría en función de conocer con que superficie necesaria se podrá cubrir una demanda energética en particular, con la siguiente ecuación.

$$S_{Nec} = \frac{Q_a}{Q_{Ap}} \text{ Ecuación 5.}$$

Dónde:

- S_{Nec} : Superficie necesaria para cubrir una demanda (m²)
- Q_a : Demanda Energética Diaria (MJal día)
- Q_{Ap} : Energía Aportada por el sol (MJ/m²al día)

d.1.7.8.3. Superficie de Captación instalada.

Esta superficie es una parte del área de captación necesaria, que se conoce también como fracción solar, este valor recomendado por la NEC-Cap14 debe ser aproximadamente un 60%. Aunque puede variar según la proyección.

$$S_{Cap} = S_{Nec} \cdot 0,6$$

d.1.7.8.4. Número de Colectores

El número de colectores entonces será el necesario para cubrir el área de captación antes calculada, conociendo anteriormente la superficie útil de captación delcolector elegido.

$$n_{\text{Col}} \approx \left(\frac{S_{\text{Cap}}}{S_{\text{UC}}} \right) \text{Ecuación 6.}$$

Siendo:

n_{Col} : Número de Colectores necesarios.

S_{Cap} : Superficie de Captación (m^2)

S_{UC} : Superficie Útil del colector (m^2)

Mientras que la superficie de captación S_{Inst} instalada viene dada por:

$$S_{\text{Inst}} = n_{\text{col}} \cdot S_{\text{UC}} \text{Ecuación 7.}$$

d.1.8.SUBSISTEMA ACUMULACIÓN

Este sistema comprende los depósitos en donde se debe contener el agua calentada, para disponer de ella en momentos de demanda, funcionando como termos gigantes denominados tanques de acumulación , existen dos tipos de acumuladores.

d.1.8.1. Tanques de Acumulación

Los materiales utilizados habitualmente en la fabricación en lostanquesde acumulación (Fig.26)son acero, acero inoxidable, aluminio y fibra de vidrio reforzado, que contienen una protección interior frente a la corrosión, mediante pinturas especiales vitrificadas.



Fig. 26: Tanque Acumulador
Fuente: Catalogo Salvador Escoda

Para lograr que el calor no atraviese la envoltura del acumulador, debe aislarse de manera efectiva del exterior, y se ubican según el tamaño en habitaciones, sótanos o cuartos de máquinas.

d.1.8.2. Tanques Interacumuladores

Los interacumuladores tienen intercambiadores de serpentín sumergidos interior del tanque de acumulación, por el serpentín circula el fluido caloportador y entrega el calor recibido del campo de captación (Fig.27).

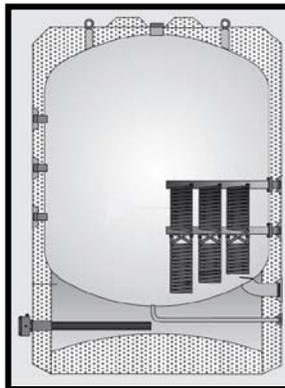


Fig. 27: Interacumulador con Serpentines
Fuente: Catalogo LAPESA

d.1.9. SUBSISTEMA DE CIRCUITOS HIDRÁULICOS

Permiten el traslado del fluido caloportador, y la entrega de energía captada en los colectores hasta el sistema de acumulación. Los circuitos se dividen en dos tipos:

- **Primario.**- Es el circuito que transporta el calor recogido en los colectores, pues el fluido luego de atravesar los colectores viaja a través de las tuberías y entrega la energía a un segundo fluido, mediante de un intercambiador de calor.
- **Secundario.**- Se da en el caso de que el intercambiador sea externo, este circuito transporta el agua de consumo desde el tanque de almacenamiento y recoge el calor desde el intercambiador.

Tanto, circuitos primarios como secundarios tienen partes mencionadas a continuación:

- Tuberías
- Bombas
- Vaso de Expansión
- Fluido Caloportador.

d.1.9.1. Tuberías o Conducciones

Por las tuberías circula el fluido y sirven de conexión entre los colectores y el tanque acumulador, en su recorrido se distingue dos sectores o ramales uno de ida (caliente) y otro de retorno (fría) como lo indica la Figura 28.

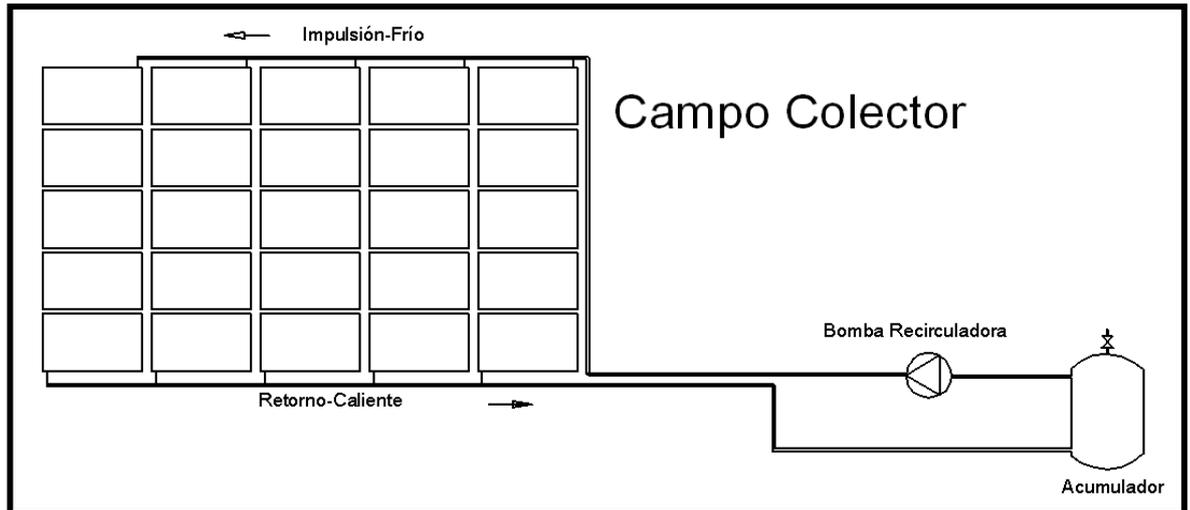


Fig. 28: Tubería de Impulsión y Retorno
Fuente: Autor del Proyecto

La circulación de líquido por el interior de la tubería no debe ser ni muy lenta ni muy veloz, los valores óptimos se comprenden entre 0,5 y 2 m/s. De esta manera se evita sedimentación y pérdida de calor.

Los materiales de las conducciones o tuberías son: cobre, hierro galvanizado, hierros negros y plásticos PVC. El cobre es el material más aconsejable por tener unas altas prestaciones en cuanto a resistencia a la corrosión, maleabilidad, ductilidad e inocuidad, además de ser económicamente muy competitivo. Complementan a las tuberías lo siguiente:

- **Aislamiento Térmico.**- Es preferible que todo el recorrido de la tubería este totalmente recubierto de aislante para evitar pérdidas.
- **Conexiones.**- Sirven de unión de tramos y tubosconductores de fluido, suelen ser del mismo material que el de los tubos.

d.1.9.2. Bomba de Circulación

Cuando en las instalaciones solares la circulación es forzada se requiere de Bombas Electrocirculadoras (Fig.29). Cumplen la tarea de trasladar el fluido desde el acumulador hasta los paneles o colectores, y tiene que vencer la resistencia que opone el

fluido a su paso por el circuito y mantener la presión deseada. Se instala en el ramal de menor temperatura o frío, para evitar pérdidas de calor y averías en la bomba.



Fig. 29: Electrocirculador
Fuente: Catalogo Grundfos 2009

El calibre de la bomba dependerá del caudal y tipo de fluido a impulsar, y la pérdida de presión en el circuito hidráulico.

Hay tres tipos generales de bombas:

- Electrocirculadores alternativos
- Electrocirculadores rotativos
- Electrocirculadores centrífugos

Los circuladores más empleados en instalaciones de energía solar son los centrífugos.

d.1.9.3. Vaso de Expansión

El vaso de expansión (Fig.30) es un artefacto que permite albergar las variaciones de volumen producidas por los cambios de temperatura dados en el fluido portante de calor y evitar una posible explosión de los ramales. El vaso de expansión puede ser: Abierto o Cerrado.



Fig. 30: Vasos de Expansión
Fuente: <http://www.baxi.es/>

Para el dimensionamiento del mismo se debe utilizar la diferencia de volúmenes que existe debido a las variaciones de temperatura máxima o mínima.

$$V_{Exp} = 1,5 \cdot m \cdot (v_{m\acute{a}x} - v_{m\acute{i}n}) \quad \text{Ecuación 8.}$$

Dónde:

- V_{Exp} : Volumen de Expansión (m^3)
- m : Masa de líquido (kg)
- $v_{m\acute{a}x}$: Volumen Especifico a la temperatura máxima del fluido (m^3/kg)
- $v_{m\acute{i}n}$: Volumen Especifico a la temperatura mínima del fluido (m^3/kg)

d.1.9.4. Fluido Caloportador

Es el líquido que atraviesa por los colectores y es el encargado de transportar la energía absorbida en los captadores, al acumulador. Habitualmente los fluidos a usar son:

- **Agua natural.-** Usada normalmente en circuitos abiertos, su uso puede tener riesgos, por lo que se recurre a usarla con aditivos en sistemas cerrados.
- **Agua con Glicol.-** La solución es agua con un porcentaje de anticongelante ya sea etilenglicol o propilenglicol, el último es el más utilizado por poseer propiedades menos nocivas, y son usados en climas fríos con riesgos de heladas.
- **Fluidos orgánicos.-** Son sintéticos o derivados del petróleo, presentan riesgo de incendio al ser combustibles, aunque son estables a altas temperaturas.
- **Aceites de silicona.-** Son una buena posibilidad por sus óptimas características técnicas, y de costo elevado.

d.1.10. SUBSISTEMA DE TERMOTRANSFERENCIA

Está constituido por los elementos denominados “*Intercambiadores de Calor*” encargados de realizar la transferencia de energía captada en los colectores solares hasta el depósito de acumulación de ACS.

d.1.10.1. Intercambiadores de Calor Solar

Un intercambiador de calor es un dispositivo de gran superficie y material de buena transmisión de calor. Por su posición en la instalación, los intercambiadores pueden ser: interiores o exteriores.

d.1.10.1.1. Intercambiadores Interiores

Se encuentran sumergidos en el interior del tanque acumulador para tener mejor contacto con el fluido secundario, pueden ser de serpentín o de doble envolvente.

d.1.10.1.2. Intercambiador de Calor de Serpentín

Es el intercambiador más sencillo que consiste en un tubo metálico de cobre latón o acero, buenos conductores de calor. Este tubo se encuentra a manera de espiral dentro del tanque que contiene el líquido que se desea calentar, (Fig.31).

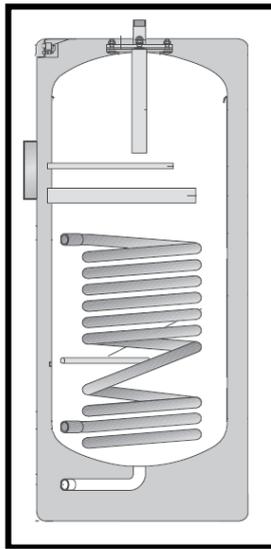


Fig. 31: Serpentín en un Tanque
Fuente: Catalogo Salvador Escoda

Hay intercambiadores de serpentín de dos tipos:

- **Helicoidales.-** Estando los tubos arrollados en espiral y situado en la parte inferior del acumulador
- **Haz tubular.-**Dispuestos a manera de haz en el interior del acumulador

d.1.10.1.3. Intercambiador de Calor de Doble Envolvente

Consta de un tanque sumergido en otro pero de mayor tamaño en donde actúa el fluido caliente sobre el fluido de consumo frío, que se encuentra en el tanque más pequeño, la transferencia de calor se realiza por la pared del tanque acumulador de menor tamaño (Fig.31).

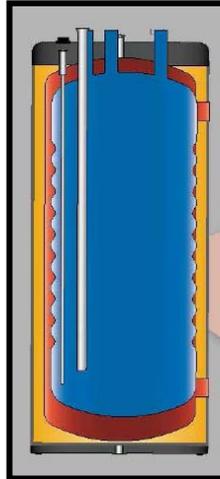


Fig. 32: Intercambiador de Calor de Doble Envoltente
Fuente: Catalogo Salvador Escoda

d.1.10.2. Intercambiador Exterior

El circuito primario o caliente transfiere el calor externamente mediante intercambiadores de calor de placas en cuyo circuito secundario circula el fluido de utilización, (Fig.33).

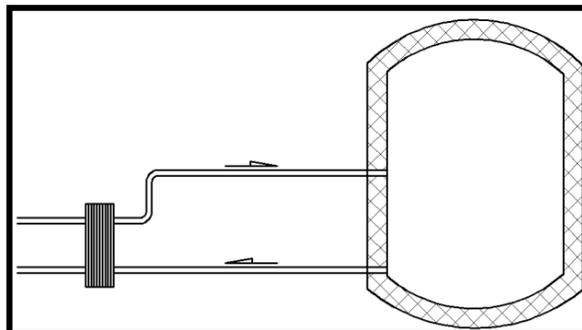


Fig. 33: Intercambiador Exterior de Placas
Fuente: Autor del proyecto

d.1.11. SUBSISTEMA DE CONTROL Y REGULACIÓN

Encargado de asegurar la máxima energía térmica posible y proteger al sistema de sobrecargas en los distintos accesorios y dispositivos, como en la bomba o un intercambiador, pues no pueden funcionar siempre,

Por cuanto existen variaciones de temperatura, entonces el sistema debe poseer un regulador diferencial que compara la temperatura del colector con la existente en la parte inferior del acumulador, de modo que cuando la temperatura en los colectores sea mayor que la del acumulador en una determinada cantidad prefijada en el regulador, éste pondrá en marcha el electrocirculador.

Para ello se debe ubicar termostatos diferenciales de manera que se pueda tener una mayor incidencia en la temperatura del fluido, como se indica en la Figura.34: 1) Colector, 2) Acumulador, 3) Bomba, 4) Regulador Diferencial, 5) y 6) Sondas de Temperatura, 7) Válvula

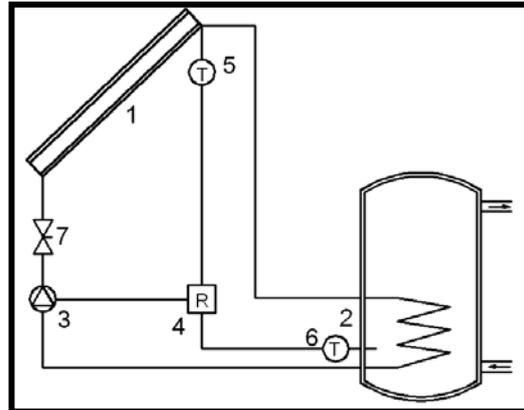


Fig. 34: Regulación por Termostatos
Fuente: Elaboración Propia

Los equipos de control se comercializan para bajas y medianas instalaciones, los cuales tienen una central programable, para grandes instalaciones se requiere un *diseño especial*.

d.1.12. SUBSISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR

Es el conjunto de la instalación cuya función es garantizar que la instalación térmica sea capaz de cubrir la demanda de energía térmica cuando la radiación solar no sea suficiente, esta puede ser: Eléctrica para instalaciones pequeñas y de gas o gasóleo para instalaciones medianas y grandes. Etc.

Este sistema es necesario, pues no siempre el agua del acumulador va a tener la temperatura necesaria para el uso, esto debido a las variaciones climatológicas o averías del sistema.

d.1.12.1. Tipos de Configuración

Existen algunas posibilidades como:

- **Configuración en Serie.-** Mediante esta configuración la fuente auxiliar de energía eleva a temperatura del agua a la salida del tanque de almacenamiento hasta la temperatura de servicio. Este modo permite aprovechar la energía contenida en los acumuladores solares (Fig.35).

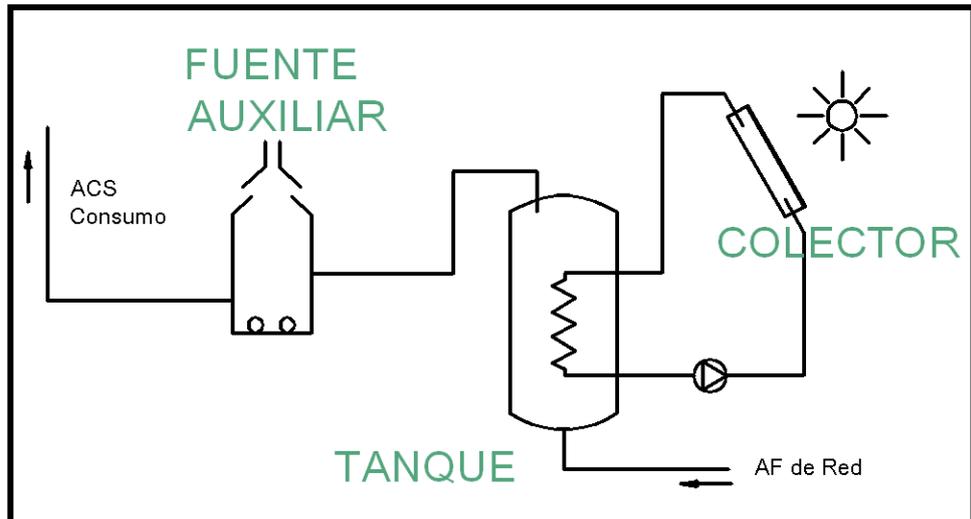


Fig. 35: Configuración en Serie
Fuente: Autor del Proyecto

- Configuración en Paralelo.** El sistema auxiliar se encuentra en paralelo con el resto de la instalación solar (Fig.36). Mediante esta configuración la fuente auxiliar de energía cubre todas las necesidades térmicas cuando la temperatura del agua en el interior del tanque no alcanza el calor necesario para su utilización.

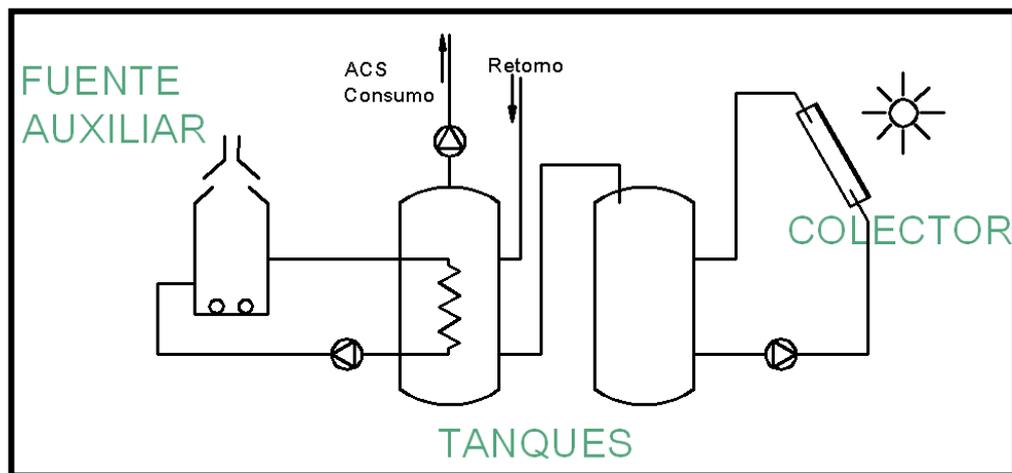


Fig. 36: Energía de Apoyo configurada en Paralelo con el sistema solar
Fuente: Autor del Proyecto

Las dos configuraciones anteriores ya mencionadas son las más importantes, de allí se deducen un sinnúmero, todas según el uso que se desee dar, condiciones de diseño o el criterio del proyectista.

d.1.13. COMPLEMENTOS DEL SISTEMA SOLAR

Elementos de mucha importancia y esenciales que siempre debe poseer cada instalación.

d.1.13.1. Válvulas Antirretorno

Elementos que solo permite el paso del líquido en un solo sentido e impiden el contrario. Generalmente es un tubo cilíndrico con una clapeta accionado por un muelle débil y un tope mecánico (Fig.37).

Debe ubicarse en toda instalación de energía solar donde no exista circulación por termosifón en la cual el intercambiador o acumulador se halle a igual o menor altura que el campo de colectores, y así evitar que en las noches el agua caliente retorne a los paneles mediante termosifón y se enfríe. Por ello es preferible instalarla en la rama fría.

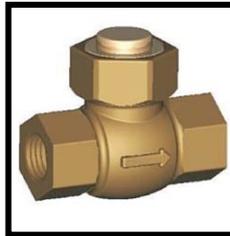


Fig. 37: Válvula Antirretorno
Fuente: Catálogo de productos Roca

d.1.13.2. Manómetros

Son los encargados de dar el valor de la presión en el circuito (Fig.38), en kg/cm^2 , en PSI o en m.c.a. En este último caso se denominan hidrómetros se ubican esencialmente en paralelo con los equipos de bombeo, para verificar la presión de salida.



Fig. 38: Manómetro
Fuente: Catálogo de productos Roca

d.1.13.3. Termómetros y Termostatos

Son instrumentos que sirven para medir la temperatura que en el caso de instalaciones solares es un fluido (Fig.39). Para tomar la medida de temperatura se debe hacer que el termómetro haga el mayor contacto posible con la temperatura del fluido.

Los tipos más comunes son de contacto y de inmersión, los de contacto se ubican mediante abrazadera a la tubería y los de inmersión se ubican dentro de la tubería, acumulador, o intercambiador.

Los termostatos tienen la función de poner en marcha los diferentes accesorios que componen el sistema, incluso sirven de seguridad a la misma, permite regulación de temperaturas. Al igual que los termómetros pueden ser de inmersión o de contacto, analógicos o digitales, encargados de transformar la lectura de temperatura en una señal eléctrica, que pone en marcha o detiene algún mecanismo, según la función programada.



Fig. 39: Termostatos
Fuente: www.salvadorescoda.com

d.1.13.4. Llaves de Paso

Denominadas también válvulas de corte impiden el paso de líquido de una parte a otra de la instalación. Los diferentes tipos de válvulas son:

- **Válvulas de Asiento.-** Poseen como elemento obturador un disco que se cierra sobre su asiento. Produce pérdidas de carga importantes, y se utilizan para regular el caudal.
- **Válvulas de Compuerta.-** Tienen un elemento obturador formado por una cuña y se utilizan como órgano de cierre pero nunca como elemento de regulación.
- **Válvulas de Mariposa.-** Constan de un disco que hace de obturador, y provocan una pequeña pérdida de carga
- **Válvulas de Bola o Esfera.-** Se basan en un elemento obturador formado por una bola de acero inoxidable, la cual posee un orificio del mismo diámetro que la tubería en la que se coloca, por lo que la pérdida de carga es mínima cuando están abiertas.

Se deben ubicar cuando existe gran cantidad de colectores en grupos, para poder realizar mantenimiento y no paralizar toda la instalación. Para estos casos se utiliza las válvulas de compuerta o de bola, ya que ofrecen menor pérdidas de carga.

d.1.13.5. Purgadores y Desaireadores

Su uso se pone de manifiesto cuando es necesario vaciar el circuito y hacer recambios de líquido, ya sea el primario o el secundario, o por labores de mantenimiento o reposición del algún elemento del circuito. Para conseguirlo con rapidez y comodidad se debe de colocar en la parte inferior de los circuitos (Fig.40).

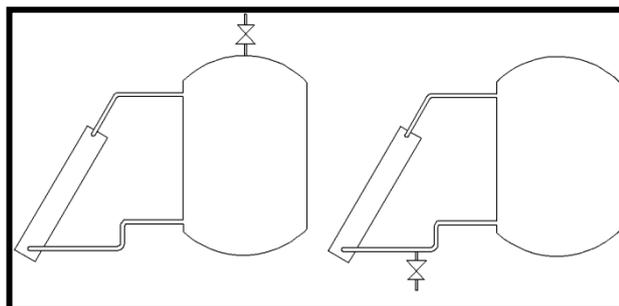


Fig. 40: Válvula de aireación (Izq.) y de Purga (Der.)
Fuente: Elaboración Propia

Mientras que los aireadores son aparatos utilizados para la eliminación de gases disueltos en el fluido caloportador por las tuberías. Se ubican en los puntos elevados de la instalación (Fig.40). Aquello asegura que los gases sean evacuados hacia el exterior.

Estos pueden ser de tipo, Manuales y Automáticos. En los manuales la purga se realiza mediante el aflojamiento de un tornillo, mientras que el automático se debe calibrar su temperatura y presión máxima de servicio, es preferible ya que actúan independientemente.

d.1.13.6. Aislamiento

Es elemental en la instalación cuya finalidad es la disminuir las posibles pérdidas caloríficas tanto en los colectores, el acumulador y conducciones (Fig.41).



Fig. 41: Aislamiento para Tuberías
Fuente: Catalogo ARMACELL

Para su elección apropiada se debe tener en cuenta: el coeficiente de conductividad, la gama de temperaturas, resistencia, aplicación y el costo. Los acumuladores también deben de estar protegidos mediante aislamiento, éste debe de tener tal grosor que tenga alrededor de $0,25 \text{ W/m}^2\text{°C}$ de coeficiente de conductividad.

En la Tabla 5, se mencionaran algunos coeficientes de conductividad térmica:

Tabla 5: Coeficiente de Conductividad Térmica de algunos materiales

TIPO DE AISLAMIENTO	Conductividad Térmica (W/m °C)
Algodón	0,04
Corcho	0,039
Asbesto	0,174
Lana de Vidrio	0,032-0,044
Lana de Roca	0,034-0,041
Paja	0,045-0,13
Poliestireno	0,034-0,45
Poliuretano	0,024

Fuente: Transferencia de Calor Y Masa, YUNUS

Según el RITE recomienda los siguientes espesores de aislamiento para tuberías en función del diámetro exterior, la temperatura del fluido que trasladan y su ubicación interior (Tabla 6) o exterior (Tabla 7).

Tabla 6: Espesores mínimos de aislamiento para tuberías en interiores de edificios

Diámetro exterior (mm)	Temperatura Máxima del Fluido (°C)		
	40...60	>60...100	>100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Fuente: RITE

Tabla 7: Espesores mínimos de aislamiento para tuberías en exteriores de edificios

Diámetro exterior (mm)	Temperatura Máxima del Fluido (°C)		
	40...60	>60...100	>100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

Fuente: RITE

d.1.13.7. Válvula de seguridad

Su función es la de limitar la presión en el circuito y así proteger los componentes del mismo. En el caso de instalaciones solares los puntos más vulnerables son los campos de colectores y el vaso de expansión, por lo que se debe de marcar a una presión inferior a la máxima soportada por los citados elementos (Fig.42)

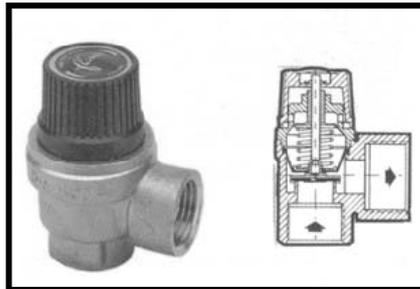


Fig. 42: Válvula de Seguridad
Fuente: Catalogo Salvador Escoda

d.1.13.8. Estructuras o Elementos de Fijación

Elementos necesarios para la instalación de los colectores, ya que según el diseño varían su ubicación, ángulo de inclinación, y desviación (Fig.43) También necesario para resistir posibles esfuerzos mecánicos causados por el viento, temperaturas etc. Incluso para soportar el peso de los colectores, que varía alrededor de los 30 Kg por metro cuadrado de colector para agua, y 25 Kg para los de aire.

Se debe suponer una fuerza de 1000 N por metro cuadrado de instalación para anclar los colectores ya sea al suelo o pared y evitar que ráfagas de viento los desprendan.

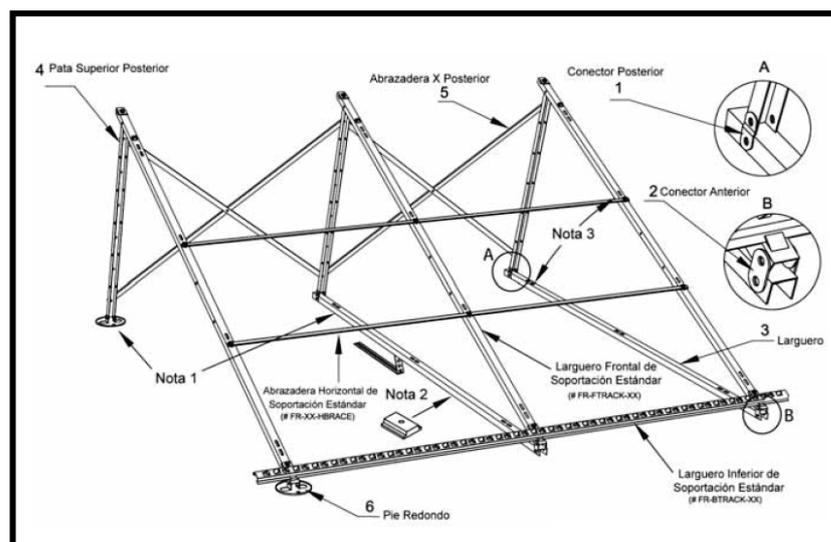


Fig. 43: Soportes Comercializados para Colectores
Fuente: Catalogo Salvador Escoda

d.1.13.9. Soportes para Tuberías

Los soportes para su sujeción en muros y paredes son los mismos utilizados en fontanería e instalaciones normales de Agua Caliente. Así como son:

- Abrazadera de Collarín
- Abrazadera “V”
- Colgador con Rodillo
- Montura con perno de fijación U
- Perno U para la fijación en vigas
- Abrazadera Partida

d.2. CAPÍTULO II: AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

d.2.1.INTRODUCCIÓN

Debido a las condiciones de confort y necesidades propias de las personas, el agua de utilización requiere ser elevada su temperatura, para su posterior entrega.

Este servicio es necesario en los centros hospitalarios, casas de salud, gimnasios etc., y su temperatura bordea entre 40°C a 45°C y muy útil para consumos especiales. Una vez que el agua es calentada en el cuarto de máquinas, es distribuida por todo la edificación.

d.2.2.TIPOS DE ENERGÍA EMPLEADA

Para elevar la temperatura del agua se requiere de otro fluido a mayor temperatura o algún método de calentamiento, para conseguirlo se puede utilizar muchas tecnologías energéticas disponibles, las más comunes pueden ser:

- Combustibles fósiles, sólidos, líquidos, o gas
- Electricidad
- Otras (Eólica, Solar)

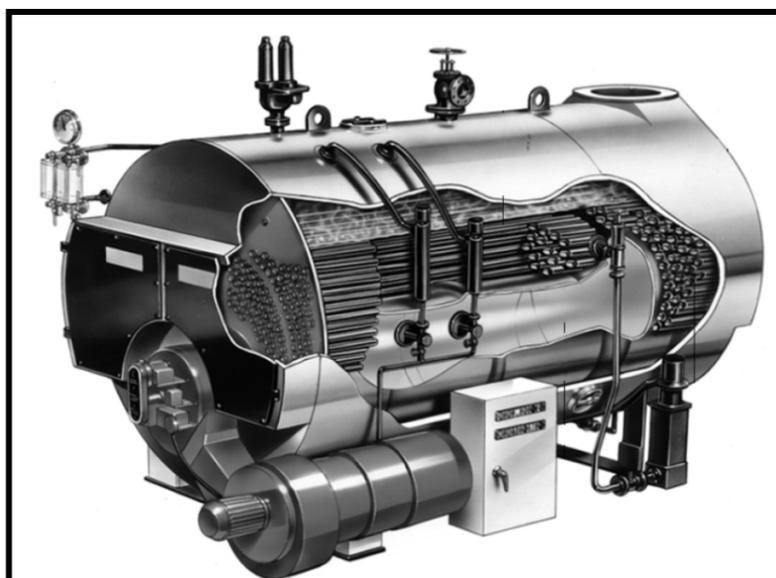


Fig. 44: Caldera que utiliza Gasóleo como Combustible
Fuente: Guía de Calderas SpiraxSarco

Y para su transformación en energía térmica se utilizan sistemas como calderas (Fig.44), calefones, quemadores etc.

d.2.3.PARTES DE UN SISTEMA DE ACS

Una instalación general de agua caliente comprende:

- **Producción**
- **Almacenamiento**
- **Distribución**

d.2.4.PRODUCCIÓN DE ACS

Es el conjunto de tuberías equipos y accesorios destinados a la obtención de agua a una mayor temperatura, generalmente 45 °C, pero su preparación siempre se realiza a 60 °C para prevenir la proliferación de la bacteria Legionella.

Todos los sistemas de producción de ACS utilizan la siguiente fórmula para su dimensionamiento:

$$Q = C_e \cdot V \cdot (T_f - T_0) \cdot \rho \quad \text{Ecuación 9}$$

Siendo:

- Q** : Demanda energética a cubrir por el equipo calentador (kJ)
- V** : Volumen de demanda (m³)
- T_f** : Temperatura final del Agua Caliente (°C)
- T₀** : Temperatura Inicial del agua (°C)
- C_e** : Calor específico del agua a la temperatura inicial (kJ/kg)
- ρ** : Densidad del agua en condiciones normales (Kg/ m³)

Se distinguen dos formas elementales de producción del ACS:

d.2.4.1. Producción Individual

Un sistema individual es aquel en donde cada sector de un edificio, vivienda, o residencia, tienen su propia fuente de calentamiento, y son de dos tipos:

- **Instantáneos.-** El dispositivo común de producción instantánea es el Calentador Instantáneo con GLP (Fig.45).



Fig. 45: Calentador a Gas
Fuente: Catálogo de productos Junkers.

- **Acumulativos.-** Estos sistemas tienen un pequeño termo acumulador para almacenamiento de ACS, así como: El Calentador Acumulador de Gas o el Termo Acumulador Eléctrico (Fig.46).

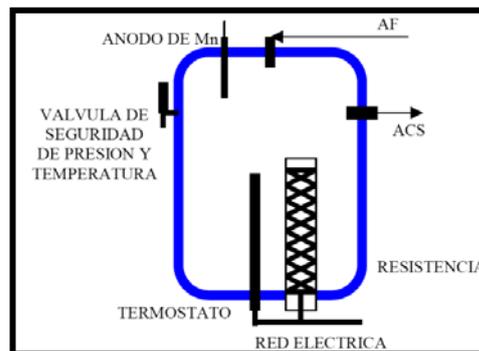


Fig. 46: Termo Acumulador Eléctrico
Fuente: www.geotecnia.com

d.2.4.2. Producción Centralizada

En estos sistemas son un conjunto de unidades locativas o de sectores de un conjunto comparten una misma fuente de calentamiento y también las cañerías principales de distribución. Se utilizan equipos de calentamiento hechos para cada caso y artefactos “estándar” de gran capacidad, o baterías de artefactos de mediana capacidad. Requieren una sala de calderas en donde se produzca el líquido caliente.

En general son los sistemas más apropiados para grandes consumos (hoteles, escuelas, hospitales, establecimientos deportivos, industrias, etc.) porque suelen resultar comparativamente más económicos (tanto en su instalación, como en su uso y mantenimiento) que varios sistemas individuales de uso sectorial que suman igual rendimiento. También se dividen en:

- **Instantáneos.-** El ACS se produce en un intercambiador de calor dimensionado para la potencia instantánea máxima en el caudal punta preciso (Fig.47).
- **Por Acumulación.-** Para reducir la potencia necesaria el ACS se acumula en depósitos para disponer de una reserva en el momento de máxima demanda.
- **Sistemas Mixtos.-** En algunas instalaciones se suele complementar el sistema central agregando en ciertos sectores sistemas individuales, con la opción de usar uno u otro servicio mediante un sistema “*BY PASS*” (por ejemplo cuando un sector tiene horario más amplio). También puede haber servicio central en una parte de un edificio y servicio individual en otra.

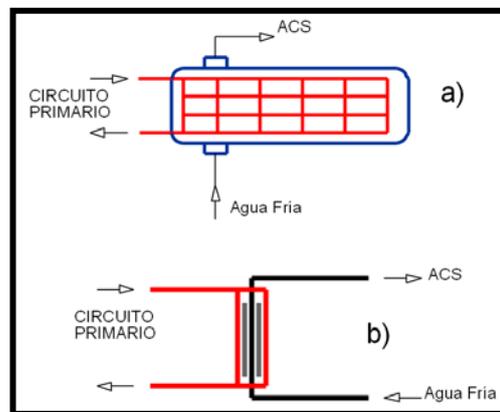


Fig. 47: a) Intercambiador Tubular b) Intercambiador de Placas
Fuente: www.geotecnia.com

d.2.5.ALMACENAMIENTO DE ACS

Se refiere a lo que son los tanques de acumulación (Fig.48), cuya finalidad es cubrir demandas máximas en horas pico. La Norma Ecuatoriana de la Construcción ha establecido la siguiente fórmula.

$$V_{\text{Acu}} = \frac{(T_U - T_0)}{(T_{\text{ACS}} - T_0)} \cdot V_{\text{ACS}} \quad \text{Ecuación 10.}$$

Siendo:

V_{Acu} : Volumen de Acumulación (m^3)

T_U : Temperatura de Uso en el aparato Sanitario ($^{\circ}\text{C}$)

T_0 : Temperatura Inicial del Agua al entrada del calentador ($^{\circ}\text{C}$)

T_{ACS} : Temperatura del Agua Caliente Sanitaria ($^{\circ}\text{C}$)

V_{ACS} : Volumen de demanda del Agua Caliente Sanitaria (m^3)

Los sistemas de abastecimiento de agua caliente están constituidos por calentadores de agua con o sin tanque acumulador

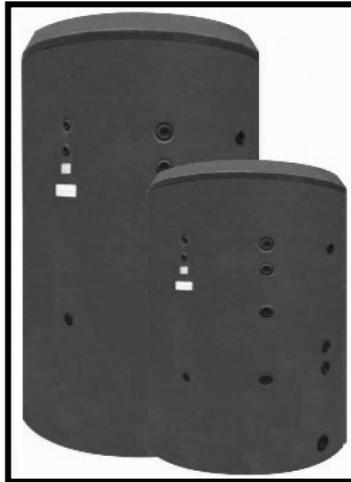


Fig. 48: Tanques de Acumulación de ACS
Fuente: Manual Técnico Energía Solar Térmica

d.2.5.1. Materiales de Tanques de Acumulación

Los materiales con los que son construidos estos depósitos son:

- **Acero.**-Debe ser protegido frente a corrosión ya sea mediante pintura, galvanizado, o vitrificado.
- **Acero Inoxidable.**-Este material no tiene problema con la corrosión aunque su costo es más elevado
- **Aluminio.**- Presenta problemas de corrosión

d.2.6.DISTRIBUCIÓN DE ACS

El sistema distribución es encargado de que el ACS llegue a su destino, para ello necesita una energía de impulsión para su reparto así como también las tuberías para su transporte.

d.2.6.1. Componentes de un Sistema de Distribución de ACS

El sistema de distribución está constituido fundamentalmente por los siguientes elementos:

- Bombeo o Impulsión
- Red Hidráulica

d.2.6.2. Bombeo o Impulsión

El sistema de bombeo es el encargado de impartir la energía necesaria para el traslado de líquido a través de las tuberías y así vencer su resistencia oponente hacia el fluido circulante. Siempre desde un almacenamiento temporal a un punto por lo general más elevado de manera que pueda mantener el caudal y presión en cualquier punto de la distribución.

La bomba es el aparato accionado por un motor eléctrico (Fig.49),



Fig. 49: La Bomba, parte central de un sistema de Bombeo
Fuente: Catalogo PEDROLLO

De los tres tipos conocidos de bombas: Alternativas, Rotativas, y Centrifugas; las más empleadas en sistemas solares son las centrifugas.

d.2.6.3. Redes Hidráulicas

Son las encargadas de la circulación y traslado del fluido del mismo desde el tanque central hasta los diferentes puntos de entrega, conforman esta parte las tuberías y sus accesorios (Fig.50)



Fig. 50: Redes de Tuberías
Fuente: www.geotecnia.com

Según la función se dividen en:

- Distribuidoras (Horizontales hasta montantes)
- Montantes (Verticales)
- Derivaciones (Horizontales tras los montantes)
- Retorno (vuelta al acumulador)

d.2.6.3.1. Tuberías

Son los elementos tubulares, utilizados para el traslado de fluido y pueden variar su diámetro y su espesor de acuerdo al uso destinado.

Son fabricadas en diferentes materiales y longitudes. Para los sistemas de ACS resulta conveniente seleccionar tubería de Cobre o Plástico CPVC que son los más adecuados.

d.2.6.3.2. Accesorios

Los accesorios son complementos necesarios en el sistema de distribución, para el acoplamiento y ensamblaje de las tuberías así como lo son codos, uniones, tees, válvulas, válvulas antirretorno, etc. (Fig.51).



Fig. 51: Algunos accesorios más usados
Fuente: www.nibco.com

d.2.6.3.3. Soportes para Tuberías

Son elementos metálicos necesarios para el montaje de redes de tuberías (Fig.52), puesto que estas tienen que afirmarse en la construcción de la edificación para su puesta en marcha.

Los dispositivos de sujeción de las tuberías más empleados son:

- Abrazadera de Collarín
- Abrazadera “V”
- Colgador con Rodillo

- Montura con perno de fijación U
- Perno U para la fijación en vigas
- Anclaje en muros de concreto
- Abrazadera Partida



Fig. 52: Tipos de Abrazaderas
Fuente: www.madeco.com

d.3. CAPÍTULO III: BOMBAS Y TUBERÍAS

d.3.1. BOMBAS

Son los elementos encargados de aportar la energía necesaria para vencer las pérdidas de carga y diferencias de altura entre dos puntos. Hace que cierto caudal de líquido circule en un solo sentido hasta alcanzar su altura máxima.

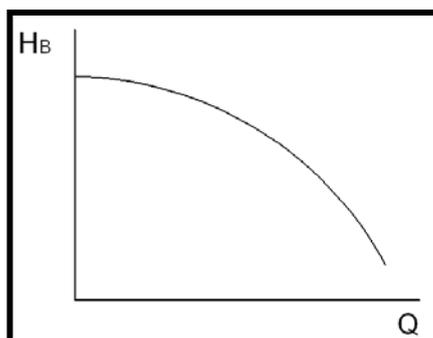


Fig. 53: Altura de Elevación de una Bomba en función de su Caudal
Fuente: Manual EPANET

Entre más caudal entregue la bomba menor será la altura caso contrario se conseguirá una buena altura de bombeo (Fig.53)

d.3.1.1. Curvas Características

Definen los diferentes parámetros de funcionamiento de la bomba, como su potencia su caudal y su altura dinámica etc.

La variación de la altura respecto al nivel de la bomba y punto de entrega, en función de su caudal se indica en la Figura 54:

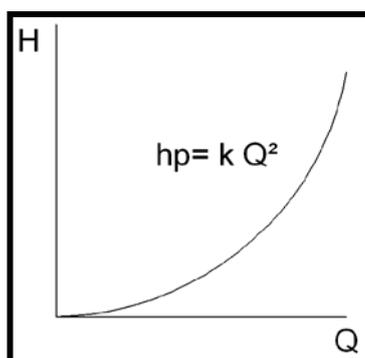


Fig. 54: Curva Característica en un Tramo de Tubería
Fuente: Manual EPANET

Para la elevación de un fluido de un depósito a otro se tiene que vencer la pérdida de carga en tubería y la altura entonces la curva es la suma de ambas (Fig.55).

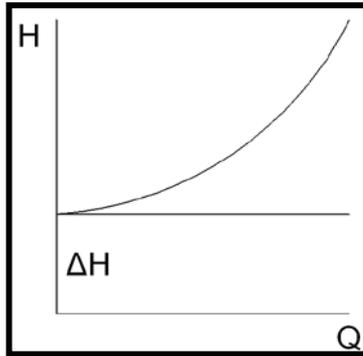


Fig. 55: Curva Resistente a Elevación
Fuente: Manual EPANET

Si la energía necesaria para la impulsión es dada por una bomba entonces el punto de funcionamiento viene dado por el corte de las curvas de la bomba y del circuito (Fig.56)

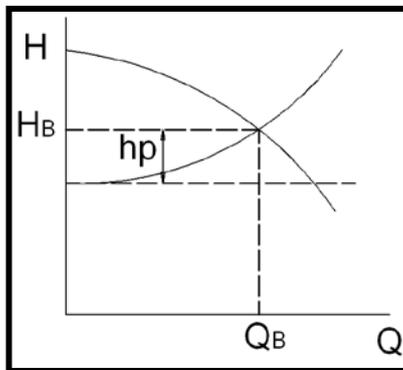


Fig. 56: Curva Característica de una Bomba
Fuente: Manual EPANET

d.3.1.2. Tipos de Bombas

Existen tres tipos de bombas comúnmente usadas en la captación de aguas, de las cuales las más utilizadas en un sistema de bombeo son las centrífugas y las axiales:

- Centrífugas o radiales
- Axiales o helicoidales
- De flujo mixto

d.3.1.3. Bombas Centrífugas o Radiales

Son las más populares y a veces las únicas existentes en el mercado. Se caracterizan por hacer uso de la fuerza centrífuga para impulsar el agua; razón por la cual, el agua sale perpendicular al eje de rotación del álabe o rodete (Fig.57).

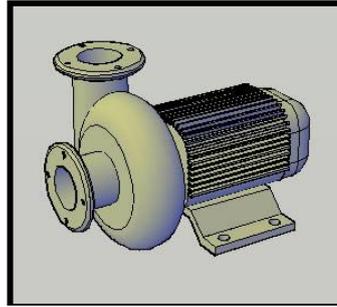


Fig. 57: Bomba Centrífuga
Fuente: <http://www.bibliocad.com/>

d.3.1.4. Bombas Axiales o Helicoidales

No hacen uso de la fuerza centrífuga para elevar el agua, sino que empujan el agua tal como un ventilador impulsa el aire que lo rodea, razón por la cual el agua sale paralela al eje de rotación del impulsor. Son especialmente indicadas, para elevar grandes caudales a baja altura, pudiendo elevar hasta $11 \text{ m}^3/\text{s}$ a alturas de 1 a 6 metros. (Fig.58).

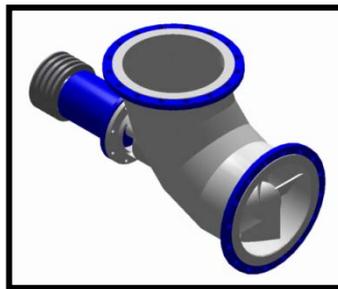


Fig. 58: Bomba Axial
Fuente: <http://www.bibliocad.com/>

d.3.1.5. Bombas de Flujo Mixto

Para aprovechar las ventajas de sencillez y poco peso de las bombas helicoidales y aumentar la altura de elevación, se modifica la forma de los árabes de la hélice, dándoles una forma tal que imparten al agua una cierta fuerza centrífuga (Fig.59). Alcanzan su mejor rendimiento con gastos entre 30 y 3.000 l/s y alturas de elevación de 3 a 18 m.

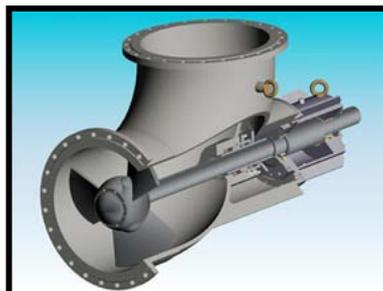


Fig. 59: Bomba Axial de flujo mixto
Fuente: <http://www.bibliocad.com/>

d.3.2.POTENCIA DE UNA BOMBA

La potencia de una bomba es la energía necesaria para llevar caudal requerido de agua desde un punto de toma o almacenamiento hasta el punto más alejado del sistema. Se puede calcular con las siguientes expresiones:

$$P = \frac{q \cdot \rho \cdot \text{HDT}}{\eta} \quad \text{Ecuación 11.}$$

Expresado en kgm/s, para la obtención en unidades comunes de potencia como Hp:

$$P_{(\text{HP})} = \frac{q \cdot \rho \cdot \text{HDT}}{74,6 \cdot \eta} \quad \text{Ecuación 12.}$$

Siendo:

- q** : Caudal de bombeo (m³/s)
- HDT** : Altura Dinámica Total (m)
- η** : Rendimiento de la bomba
- ρ** : Densidad del fluido(Kg/ m³)

d.3.2.1. Caudal de Bombeo

En un sistema de distribución de agua, es el caudal impartido por una bomba, la misma que es una sumatoria de caudales instantáneos mínimos necesarios en diversos puntos de una instalación (Tabla 8).

Tabla 8: Caudal Instantáneo mínimo para cada tipo de Aparato

Tipo de Aparato	Caudal Instantáneo mínimo de agua fría l/s	Caudal Instantáneo mínimo de ACS l/s
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,4 o mas	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,4 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	----
Inodoro con fluxor	1,25	----
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-----
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-----
Fregadero Doméstico	0,20	0,10

Fregadero no Doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas Doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora Doméstica	0,20	0,15
Lavadora Industrial (8Kg)	0,60	0,40
Grifo Aislado	0,15	0,10
Vertedero	0,20	----

Fuente: Código Técnico de la Edificación

Puesto que no existe la posibilidad los aparatos instalados en un sistema de agua funcionen todos al mismo tiempo, el caudal resultante se ha de modificar por un factor de simultaneidad, el mismo que está en función de la cantidad de servicios instalados.

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{n - 1}} \quad \text{Ecuación 13.}$$

Siendo:

k_s : Factor de simultaneidad.

n : Número total de puntos de consumo o aparatos sanitarios.

Entonces el caudal de diseño será:

$$q_D = q_{MI} \cdot k_s \quad \text{Ecuación 14}$$

Dónde:

q_D : Caudal de diseño (m³/s)

q_{MI} : Caudal Máximo Instantáneo (m³/s)

k_s : Factor de simultaneidad.

d.3.2.2. Altura Dinámica Total (HDT)

Denominada también como la energía a impartir por la bomba, es la suma total de todas las pérdidas de altura generadas en el trayecto de la red de tuberías considerado como la diferencia entre el nivel máximo del fluido en el sitio de llegada (nivel máximo de descarga) y el nivel dinámico del tanque de reserva incluyendo las pérdidas de carga totales (fricción y locales) desarrolladas durante la succión y descarga.

Su valor total comprende:

1) **Altura de Desnivel.**-Es la sumatoria de la altura de impulsión más altura de succión.

- **Altura de impulsión.**- Se obtiene por la diferencia de niveles entre la llegada del fluido y el eje de la bomba.
- **Altura de succión.**- Se obtiene por la diferencia de niveles entre el eje de la bomba y el nivel mínimo del agua en la fuente (nivel dinámico del tanque) más las pérdidas

2) **Pérdidas Lineales.**- Pérdidas de longitud generados a lo largo de la tubería producidos por un esfuerzo cortante entre el fluido y las paredes de tuberías.

3) **Pérdidas Secundarias.**- Se producen en accesorios y singularidades instaladas en el recorrido de la red hasta su punto de entrega.

4) **Presión de servicio.**-Es la presión de trabajo de los equipos que utilizan el fluido en el punto más alejado.

5) **Pérdidas por velocidad.**- Producida por las variaciones de velocidad del fluido.

De esta forma la energía de la bomba se calcula como sigue:

$$HDT = h_f + h_s + h_v + h_{\text{Desnivel}} + p_{\text{Servicio}} \quad \text{Ecuación 15.}$$

Dónde:

HDT	: Altura Dinámica Total o Energía de la Bomba (m)
h_{desnivel}	: Diferencia de nivel aguas arriba (m)
h_f	: Pérdidas lineales debido a la fricción (m)
h_s	: Pérdidas de energía debido a singularidades (m)
h_v	: Pérdidas por velocidad (m)
p_{Servicio}	: Presión de trabajo del accesorio o punto dado más lejano (m)

d.3.2.3. Rendimiento de una Bomba

Para casos de diseño suele tomarse valores menores a la unidad, preferentemente comprendidos entre un 65 % a un 80%.

$$\eta = \frac{q \cdot \rho \cdot HDT}{P} \quad \text{Ecuación 16.}$$

d.3.3.FENÓMENO DE CAVITACIÓN

La cavitación se produce principalmente en los alabes del impulsor de la bomba, donde las fuerzas ejercidas por el líquido al aplastar la cavidad dejada por el vapor dan lugar a presiones localizadas muy altas, erosionando su superficie y causando esfuerzos que pueden originar su destrucción. El fenómeno generalmente va acompañado de ruido y vibraciones, dando la impresión de que se tratara de grava que golpea en las diferentes partes de la máquina, y puede llegar a reducir de manera considerable el caudal y rendimiento de la bomba.

d.3.3.1. Carga Neta de Succión Positiva (NPSH)

Todas las bombas necesitan el NPSH (Net Positive SuctionHead), para trasladar el líquido hasta la carcasa de la bomba. El NPSH está relacionado con el fenómeno de la cavitación, y al igual que la altura de elevación, el caudal de impulsión y la potencia absorbida, representa una de las características más importantes para una bomba.

La cavitación se da cuando una bomba centrífuga no cuenta con suficiente NSPH disponible.

Se puede distinguir dos tipos de NPSH:

- El NSPH de la instalación ($NPSH_A$ o $NPSH_{Disponible}$)
- El NPSH de la bomba ($NPSH_B$ o $NPSH_{Requerido}$).

Mediante la simple comparación de ambos valores, $NPSH_{Disponible}$, y el $NPSH_{Requerido}$, es posible determinar, si la bomba seleccionada es apta para trabajar con seguridad en la planta contemplada o no.

Para que una bomba funcione sin cavitación, debe cumplirse la siguiente expresión:

$$NPSH_D > NPSH_R \quad \text{Ecuación 17.}$$

Dónde:

$NPSH_D$: Carga de Aspiración Neta Positiva Disponible.

$NPSH_R$: Carga de Aspiración Neta Positiva Requerida.

Hay que tener en cuenta que para la selección de bombas que la variación del $NPSH_D$ no altera el rendimiento de la bomba siempre y cuando la condición 6 se cumpla.

Es decir, si el valor $NPSH_{Disponible}$, es inferior al valor $NPSH_{Requerido}$, la bomba funciona en cavitación, es decir, el líquido se evapora en el interior de la bomba. Las consecuencias son las siguientes:

- Pérdida de eficiencia.
- Caída del caudal y de la presión de impulsión.
- Fuerte formación de ruidos y vibraciones, aparición de efectos de abrasión en los impulsores y posiblemente destrucción de los mismos.
- Caída del caudal parcial derivado a través del motor.

d.3.3.1.1. Carga de Aspiración Neta Positiva Requerida.

El valor $NPSH_R$ solamente depende de las características de la bomba y no de las de la instalación. Es variable para cada bomba en función del caudal y del número de revoluciones y es siempre positivo. El valor $NPSH_R$ es independiente de la naturaleza del fluido trasegado.

Es la energía en longitud de carga de líquido por encima de la presión de vapor del mismo con el fin de que la bomba entregue capacidad dada a velocidades dadas. Cuanto menor es el valor $NPSH_R$, tanto mayor es su capacidad de aspiración.

d.3.3.1.2. Carga de Aspiración Neta Positiva Disponible

El valor $NPSH_D$ equivale a una característica del sistema en el cual será empleada la bomba y resulta de la diferencia entre la carga absoluta de succión existente y la presión de vapor a la temperatura prevaleciente.

Los valores de la instalación contenidos en el valor $NPSH_D$ son las siguientes (Fig.60):

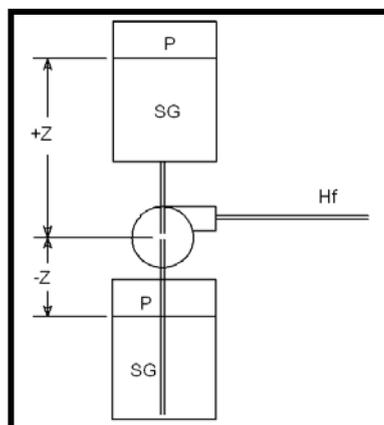


Fig. 60: Parámetros influyentes en el $NPSH_D$
Fuente: Autor del proyecto

- **Altura geodésica de aspiración.**- Distancia vertical comprendida entre el nivel de aspiración del líquido y el eje de la bomba.
- **Altura geodésica de acometida.**-Distancia vertical comprendida entre el nivel del líquido en el recipiente de acometida y el eje de la bomba.
- **Presión de vapor del líquido a trasladar.**-La tensión de vapor de un líquido a una temperatura determinada (T) equivale a la presión bajo la cual el líquido empieza ahervir, si esta presión es ejercida sobre la superficie del líquido.
- **Presión del gas ejercida sobre el nivel del líquido en la aspiración.**-El conocimiento de esta presión es particularmente importante. Si el recipiente de aspiración o de acometida es atmosférico, la presión del gas equivale a la presión atmosférica. Si el líquido a trasegar se encuentra en el interior del recipiente en estado de ebullición, la presión del gas encima del nivel del líquido equivale a la tensión de vapor (PV) de este líquido a la temperatura (T) del mismo.
- **Densidad del líquido a trasegar**
- **Aceleración de la gravedad**
- **Pérdida de carga en la línea de aspiración.**-Es la pérdida de carga resultante de la fricción en tuberías y válvulas. A menudo se utilizan valores estimados. En casos críticos puede realizarse un cálculo de pérdida de carga basado en pérdidas de carga individuales de tuberías, codos, válvulas etc. El cálculo debería ser realizado con el caudal máximo previsible.

Todas estas características que influyen en el cálculo del valor $NPSH_D$ de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$NPSH_D = \frac{(P - p_{Vap})}{SG} \pm Z - H_f \text{ Ecuación 18.}$$

Dónde:

NPSHD:	Carga de Succión Neta Disponible
P:	Presión ejercida sobre la superficie del liquido
PV:	Presión del vapor a la temperatura del fluido
SG:	Gravedad especifica del fluido
Z:	Altura de succión
Hf:	Perdidas de carga por fricción

d.3.4.TUBERÍAS

Las tuberías son el elemento fundamental de la toda instalación hidráulica. En la distribución del agua no es otra cosa que una serie de conexiones de tubos y elementos de grifería que permiten el paso de líquidos o gases.

Las tuberías son conductos de sección circular que son necesarios para la transportación de fluidos así como también gases, los parámetros que definen una tubería son:

- Material
- Diámetro interno
- Diámetro externo
- Rugosidad
- Longitud

d.3.4.1. Materiales de Tuberías

Las tuberías pueden estar hechas de:

- Plomo: son bastante blandas y se cortan fácilmente con sierras para metales.
- Hierro: han sustituido a las de plomo, sobre todo en instalaciones de agua caliente. Son bastante duras y por lo tanto difíciles de manipular. Se pueden cortar también con sierras para metales.
- Cobre: Se trata del material más usado actualmente. Son resistentes y maleables. Se pueden cortar con sierras de dientes finos o con corta-cobre. Estas tuberías tienen que estar rodeadas por un material aislante para evitar daños y corrosión.
- Plástico: hay tuberías de PVC en diversos tamaños y con muchos complementos y roscas. Se cortan de forma relativamente fácil con serruchos y son una alternativa clara a las de cobre, puesto que posee propiedades muy parecidas y precios muy ajustados.

d.3.4.2. Rugosidad de Tuberías

La rugosidad es una característica fundamental de las paredes de la tubería, que tiene que ver con la superficie de rozamiento y el fluido circulante, cada tipo de tubería tiene una rugosidad diferente (Tabla 9).

Tabla 9: Rugosidad de Algunos Materiales más comunes

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES	
Material	ϵ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01
Tubos estirados de acero	0,0024
Tubos de latón o cobre	0,0015
Fundición revestida de cemento	0,0024
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024
Fundición centrifugada	0,003
Fundición asfaltada	0,06-0,18
Fundición	0,12-0,60
Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Hierro forjado	0,03-0,09
Hierro galvanizado	0,06-0,24
Madera	0,18-0, 90
Hormigón	0,3-3,0

Fuente: Mecánica de Fluidos, SCHAUM

d.3.5. PÉRDIDAS DE CARGA

Las pérdidas de carga son las pérdidas de presión que sufren los fluidos en su circulación a través de las tuberías y conductos. Son debidas a los rozamientos del fluido con las paredes de las tuberías o conductos y a los rozamientos entre las distintas capas de fluido.

Las pérdidas de carga en el recorrido de una tubería dependen fundamentalmente del cuadrado de su caudal

$$h_f = k \cdot q^2 \quad \text{Ecuación 19.}$$

La constante k es la resistencia de la tubería, cuyas variables vienen definidas por la longitud, diámetro, viscosidad, rugosidad y del caudal, y su determinación depende mucho del método aplicado.

d.3.5.1. Factores que influyen en las Pérdidas de Carga

Las pérdidas de carga dependen de las características del fluido, de la tubería y del tipo de derrame que se establezca.

El fluido está caracterizado por:

- **Densidad (ρ)**
- **Peso Específico(γ)**
- **Viscosidad (ν)**

La tubería por:

- **Sección (A_{Tub})**
- **Diámetro Interior (D).**
- **Rugosidad Interior (ϵ).**

El derrame del fluido, a su vez, está caracterizado por:

- **Velocidad (v).**
- **Numero de Reynolds (Re)**

d.3.5.1.1. Densidad

La densidad es la masa de fluido contenida en la unidad de volumen. En los líquidos depende de la temperatura, siendo menor cuanto más alto sea la misma, si bien estas variaciones son pequeñas. En los gases las variaciones de densidad son más importantes que en los líquidos y dependen de la temperatura y de la presión.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ecuación 20.}$$

Dónde:

- ρ** : Densidad del fluido (Kg/m³)
- m** : Masa del fluido (Kg)
- V** : Volumen ocupado (m³)

d.3.5.1.2. Peso Específico (γ)

El peso específico es el peso de fluido contenido en la unidad de volumen; se obtiene multiplicando la densidad por la aceleración de la gravedad

$$\gamma = \rho \cdot g \quad \text{Ecuación 21.}$$

Dónde:

- γ :Peso específico del fluido, (KN/m³)
- ρ : Densidad del fluido (Kg/m³)
- g : Aceleración de la Gravedad (m/s²)

d.3.5.1.3. Viscosidad Absoluta o Dinámica (μ)

La viscosidad (Tabla 6), es una característica de los fluidos que indica la resistencia que oponen a desplazarse paralelamente a sí mismos, y decrece con los aumentos de temperatura

d.3.5.1.4. Viscosidad Cinemática (ν)

Es el cociente entre la Viscosidad Absoluta y la densidad:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{Ecuación 22.}$$

La Viscosidad Cinemática también depende de la temperatura. Puesto que las variaciones de la Viscosidad Absoluta con la temperatura son mayores que las de la Densidad, la Viscosidad Cinemática (Tabla 10) decrece.

Tabla 10: Viscosidad Dinámica y Cinemática del agua

Temperatura °C	Viscosidad Dinámica N s/m ²	Viscosidad Cinemática m ² /s
0	1,787	1,787
5	1,519	1,519
10	1,307	1,307
20	1,002	1,004
30	0,798	0, 801
40	0,653	0,658
50	0,547	0,553
60	0,467	0,475
70	0,404	0,413
80	0,355	0,365
90	0,315	0,326
10	0,282	0,294

Fuente:Mecánica de Fluidos, SCHAUM.

d.3.5.1.5. Velocidad (v)

La velocidad en un tubo circular se estima de según la fórmula siguiente:

$$v = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot D^2} \quad \text{Ecuación 23.}$$

Dónde:

- v** : Velocidad (m/s)
- q** : Caudal máximo probable (m³/s)
- D** : Diámetro interior del tubo (m)

d.3.5.1.6. Rugosidad

Es una característica propia de cada tubería; existen dos tipos de rugosidades:

- **Rugosidad Absoluta (ε)**: Es la altura media de las asperezas interiores de la tubería.
- **Rugosidad Relativa o Coeficiente de Rugosidad (ε_r)**: Es la relación entre la rugosidad absoluta y el diámetro de la tubería.

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{D} \quad \text{Ecuación 24.}$$

d.3.5.2. Número de Reynolds

Para determinar el tipo de derrame que se establece en las tuberías, se utiliza el número adimensional de Reynolds.

Osborne Reynolds dedujo que el régimen de flujo en tuberías depende de estos factores:

- Diámetro de la tubería (D)
- Velocidad del flujo (v)
- Viscosidad cinemática del fluido (ν)
- Viscosidad absoluta (μ)
- Densidad del fluido (ρ)

Se puede mostrar experimentalmente y verificar analíticamente que el carácter del flujo en un conducto redondo depende de cuatro variables: Densidad, Viscosidad Dinámica Diámetro del ducto y la velocidad promedio del flujo.

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad \text{Ecuación 25.}$$

Si: $v = \frac{\mu}{\rho}$

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad \text{Ecuación 26.}$$

Los flujos que tienen un número de Reynolds grande, típicamente debido a una alta velocidad, a una baja viscosidad del fluido o a ambas, tienden a ser turbulentos, en contraste los flujos con bajas velocidades y/o cuyo fluido posee una alta viscosidad, tendrán un número de Reynolds pequeño y tenderán a ser flujos laminares.

Re < 2000	Régimen Laminar
2000 < Re < 4000	Régimen de Transición
4000 < Re	Régimen Turbulento

d.3.5.3. Regímenes de Circulación de los Fluidos

En una tubería existen dos tipos de comportamiento de un fluido, particularmente con respecto a las pérdidas de energía, es laminar o turbulento. Por esta razón es que se hace indispensable tener medios para predecir el tipo de flujo, sin la necesidad de observarlo utilizando el número de Reynolds.

d.3.5.3.1. Régimen Laminar

Es aquel en que sus partículas se deslizan unas sobre otras en forma de láminas, las capas de fluido se desplazan paralelamente a sí mismas formando un perfil de velocidades simétrico (Fig.61).

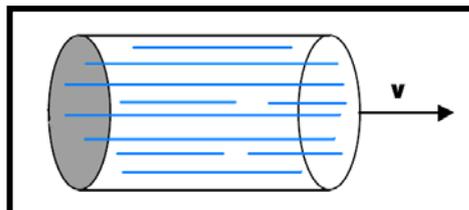


Fig. 61: Fluido en Régimen Laminar
Fuente: Autor del Proyecto

El factor de fricción en régimen laminar, únicamente depende del número de Reynolds; siendo independiente del tipo de tubería, siempre y cuando sea de sección circular.

$$f = \frac{64}{\text{Re}} \quad \text{Ecuación 27.}$$

d.3.5.3.2. Régimen Turbulento

Las capas de fluido se desplazan entremezclándose y sus partículas se deslizan en forma desordenada (Fig.62). Es el tipo de derrame que se da prácticamente en la totalidad de los casos de circulación de agua en las instalaciones de calefacción y A.C.S.

En régimen turbulento el factor de Fricción (f) se determina en función del número de Reynolds y la rugosidad absoluta de la tubería.

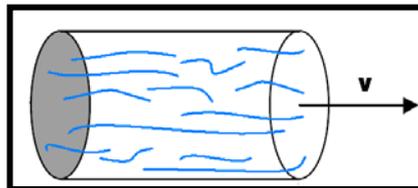


Fig. 62: Flujo en Régimen Turbulento
Fuente: Autor del Proyecto

La fórmula de COLEBROOK (1.939), es la que proporciona una mayor precisión para el cálculo de f :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\left(\frac{\varepsilon}{3,71 \cdot D} \right) + \left(\frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right) \right] \quad \text{Ecuación 28.}$$

Esta expresión requiere un cálculo muy laborioso, por lo que, a partir de ella, se han obtenido otras expresiones para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías que resultan más sencillas de aplicación

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon}{3,71 \cdot D} + \frac{5,74}{\text{Re}^{0,9}} \right) \right]^2} \quad \text{Ecuación 29.}$$

d.3.5.4. Pérdidas Primarias o Lineales

Son generadas por el rozamiento del fluido con la superficie en contacto de las paredes de la tubería (capa límite), rozamiento de unas capas de fluido con otras (régimen laminar) o de las partículas de fluido entre sí (régimen turbulento). Tienen lugar en un flujo uniforme, por lo tanto en los tramos de tubería de sección constante.

También es definido como un esfuerzo cortante que ejerce la pared contrario a la circulación del fluido (Fig.63).

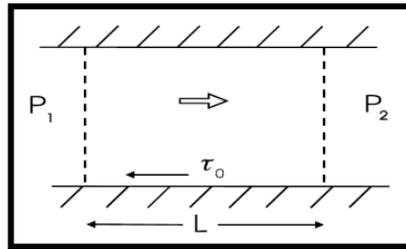


Fig. 63: Esfuerzo cortante en la pared de la Tubería
Fuente: www.wikipedia.com

d.3.5.4.1. Pérdidas de Carga por Fricción

Se producen por efecto de rozamiento debido a la rugosidad de las paredes de la tubería y pueden medirse con la ayuda de algunas fórmulas empleadas como:

- Método de Hazen-Williams(1905)
- Método de Darcy-Weisbach (1875)
- Método de Chezy-Manning (1890)
- Método Scimeni (1925)
- Método Scobey (1931)
- Método Veronesse-Datei

d.3.5.4.2. Método de Hazen-Williams

En método de Hazen-Williams se utiliza únicamente el agua que fluye en las temperaturas ordinarias (5 °C - 25 °C), sobretodo en regímenes turbulentos. Su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad "C" no es función de la velocidad ni del diámetro. Es útil para redes de distribución, especialmente de fundición y acero.

$$h_f = 10,674 \cdot \left[\frac{q^{1,852}}{(C^{1,852} \cdot D^{4,871})} \right] \cdot L \quad \text{Ecuación 30.}$$

Dónde:

- h_f** : Pérdidas de carga por fricción (m)
- q** : Caudal (m³/s)
- C** : Coeficiente de Fricción Hazen-Williams
- D** : Diámetro del conducto (m)
- L** : Longitud del conducto (m)

d.3.5.4.3. Método de Darcy-Weisbach

Una de las fórmulas más exactas para cálculos hidráulicos es la de Darcy-Weisbach. Es más exacto teóricamente y se aplica para cualquier líquido en cualquier régimen. Sin embargo por su complejidad en el cálculo del coeficiente " f " de fricción ha caído en desuso. Aun así, se puede utilizar para el cálculo en tuberías de fundición.

$$h_f = f \cdot \left(\frac{L}{D}\right) \cdot \left(\frac{v^2}{2g}\right) \quad \text{Ecuación 31.}$$

Expresado en función del caudal:

$$h_f = 0,81 \cdot \frac{f}{g} \cdot \left(\frac{q^2}{D^5}\right) \cdot L \quad \text{Ecuación 32.}$$

Siendo:

- h_f** : Pérdida de carga
- f** : Factor de fricción de Darcy-Weisbach
- D** : Diámetro de la tubería (m)
- L** : Longitud de la tubería (m)
- v** : Velocidad media del flujo (m/s)
- g** : Aceleración de la gravedad (m/s^2)
- q** : Caudal (m^3/s)

d.3.5.4.4. Método de Chezy-Manning

Las ecuaciones de Chezy-Manning se suelen utilizar en canales con regímenes laminares libres. Para el caso de las tuberías son válidas cuando el canal es circular y está parcial o totalmente lleno, o cuando el diámetro de la tubería es muy grande. Un inconveniente de la fórmula es tiene en cuenta un coeficiente de rugosidad (n) obtenido empíricamente, y no las variaciones de viscosidad con la temperatura.

$$h_f = 10,3 \cdot n^2 \cdot \left(\frac{q^2}{D^{5,333}}\right) \cdot L \quad \text{Ecuación 33.}$$

El cálculo de " n " es complejo, pues no existe un método exacto. Para el caso de tuberías se pueden consultar los valores de " n " en tablas publicadas.

d.3.5.4.5. Método de Scimemi

Empleada en tuberías de fibrocemento. La fórmula es la siguiente:

$$h_f = 9,84E^{-4} \cdot \left(\frac{q^{1,78}}{D^{4,786}} \right) \cdot L \quad \text{Ecuación 34.}$$

d.3.5.4.6. Método de Scobey

Usado en tuberías de aluminio en flujos en la zona de transición a régimen turbulento. La fórmula incluye también las pérdidas accidentales o singulares que se producen por acoples y derivaciones propias de los ramales, o sea, proporciona las pérdidas de carga totales. Donde “K” es el coeficiente de rugosidad Scobey:

$$h_f = 4,098E^{-3} \cdot K \cdot \left(\frac{q^{1,9}}{D^{1,1}} \right) \cdot L \quad \text{Ecuación 35.}$$

d.3.5.4.7. Veronesse-Datei

Utilizado en tuberías de PVC, y para $4E^4 < Re < 10E^5$:

$$h_f = 9,2E^{-4} \cdot \left(\frac{q^{1,8}}{D^{4,8}} \right) \cdot L \quad \text{Ecuación 36.}$$

d.3.5.5. Factor de Fricción (f)

Para el cálculo de *f* existen variedad de ecuaciones y métodos entre las más importantes están:

- **Blasius (1911).**- Valida para tubos lisos en donde el número Re sea menor que 100000.

$$f = 0,3164 \cdot Re^{-0,25} \quad \text{Ecuación 37.}$$

- **Prandtl y Von-Karman (1930).**- Amplían el rango de validez de la fórmula de Blasius para tubos lisos.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad \text{Ecuación 38.}$$

- **Nikuradse (1933).**- Propone una ecuación válida para tuberías rugosas:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3,71 \cdot D} \right) \quad \text{Ecuación 39.}$$

- **Colebrook-White (1939).**-Agrupan las dos expresiones anteriores en una sola, que es además válida para todo tipo de flujos y rugosidades, es más exacta y universal, el problema radica en su complejidad y en que requiere de iteraciones:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\left(\frac{\varepsilon}{3,71 \cdot D} \right) + \left(\frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right) \right] \quad \text{Ecuación 40.}$$

Existe la dificultad en la expresión de Colebrook, puesto que es una ecuación donde el factor de fricción f aparece en los dos miembros, por eso hay propuestos otras ecuaciones que la sustituyen. De entre ellas puede mencionarse la de *Prabhata, K. Swamee* y *Akalank K. Jain*, que presenta buenos resultados:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3,71 \cdot D} + \frac{5,74}{\text{Re}^{0,9}} \right) \quad \text{Ecuación 41.}$$

O también:

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon}{3,71 \cdot D} + \frac{5,74}{\text{Re}^{0,9}} \right) \right]^2} \quad \text{Ecuación 42.}$$

- **Moody (1944).**- Consiguió representar la expresión de Colebrook-White en un ábaco de fácil manejo para calcular " f " en función del número de Reynolds (Re) y del Coeficiente de Rugosidad Relativa de las paredes de la tubería (ε_r) como parámetro diferenciador de las curvas.

$$f = \text{func.} (\text{Re}, \varepsilon_r)$$

d.3.5.6. Pérdidas de Carga Secundarias o Locales

Son pérdidas de forma, producto del paso de flujo a través de los equipos o accesorios instalados en la línea de impulsión, que tienen lugar en los cambios de sección denominados transiciones (angostamientos, ensanchamientos, etc.), y en los cambios de dirección de la corriente como: codos, válvulas, entradas, salidas, reducciones, tees, yees, uniones, etc., en general en todos los accesorios de tuberías., elementos de medición y toda clase de accesorios y elementos adicionales.

La determinación de las pérdidas locales es evaluada, sólo en el caso de ser necesarias por la cantidad de accesorios o velocidades altas en la línea. Se utilizan dos métodos, utilizando coeficientes de resistencia de las singularidades.

d.3.5.6.1. Coeficiente de Resistencia (K)

El coeficiente de resistencia K dado en la Tabla 11, depende del accesorio por donde transita el flujo, no tiene unidades, pues representa una constante de proporcionalidad entre la pérdida de energía y la cabeza de velocidad. La magnitud del coeficiente de resistencia depende de la geometría del dispositivo que ocasiona la pérdida y algunas veces depende de la velocidad de flujo, si se trata de un cambio de sección como contracción o ensanchamiento, suele tomarse la velocidad en la sección menor para el cálculo.

Tabla 11: Coeficiente de Pérdidas K secundarias en Accesorios comunes.

ACCESORIO	COEFICIENTE DE PÉRDIDAS
Válvula de Globo, totalmente abierta	10,0
Válvula de Ángulo, totalmente abierta	5,0
Válvula de Retención de Clapeta , totalmente abierta	2,5
Válvula de Compuerta, totalmente abierta	0,2
Codo de Radio pequeño	0,9
Codo de Radio Medio	0,8
Codo de Radio Grande	0,6
Codo a 45°	0,4
Codo cerrado con inversión de flujo	2,2
Te estándar-dirección de paso	0,6
Te estándar- dirección de desvío	1,8
Entrada Recta	0,5
Salida Brusca	10

Fuente: Manual EPANET

d.3.5.6.2. Primer Método, Método Directo

El método directo utiliza la “Ecuación Fundamental de las Pérdidas de Carga Secundarias”, la misma que viene definida por la siguiente expresión:

$$h_s = K \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 43.}$$

Dónde:

- h_s** : Pérdida de carga singular
- K** : Coeficiente de resistencia (adimensional)
- v** : Velocidad media del flujo
- g** : Aceleración de la gravedad

d.3.5.6.3. Segundo Método, Método Indirecto

Este segundo método consiste en relacionar las pérdidas secundarias en la forma de la “*Longitud de Tubería Equivalente*”, es decir la longitud en metros de un trozo de tubería del mismo diámetro que produciría la misma pérdida de carga que el accesorio en cuestión.

Así cada accesorio, se sustituirá por una longitud de tubería equivalente “Le” que luego se aplicará en la ecuación fundamental de las pérdidas primarias en la siguiente forma:

$$h_s = f \cdot \frac{(L + L_e)}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 44.}$$

d.4. CAPÍTULO IV: INTERCAMBIADORES DE CALOR

d.4.1. CONCEPTO

Los intercambiadores de calor son aparatos que tienen la función de transferir y facilitar el intercambio de calor entre dos fluidos que se encuentran a temperaturas diferentes, de manera que no exista ningún contacto entre ellos, sin permitir que se combinen, a través de una superficie de intercambio de calor, la transferencia de calor se realiza por el fenómeno de convección.



Fig. 64: Intercambiadores de Calor
Fuente: www.apiheattransfer.com

En la práctica, los intercambiadores de calor son de uso común en una amplia variedad de aplicaciones (Fig.64), desde sistemas domésticos de calefacción y acondicionamiento del aire hasta procesos químicos y producción de energía en las plantas grandes.

d.4.2. TIPOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR

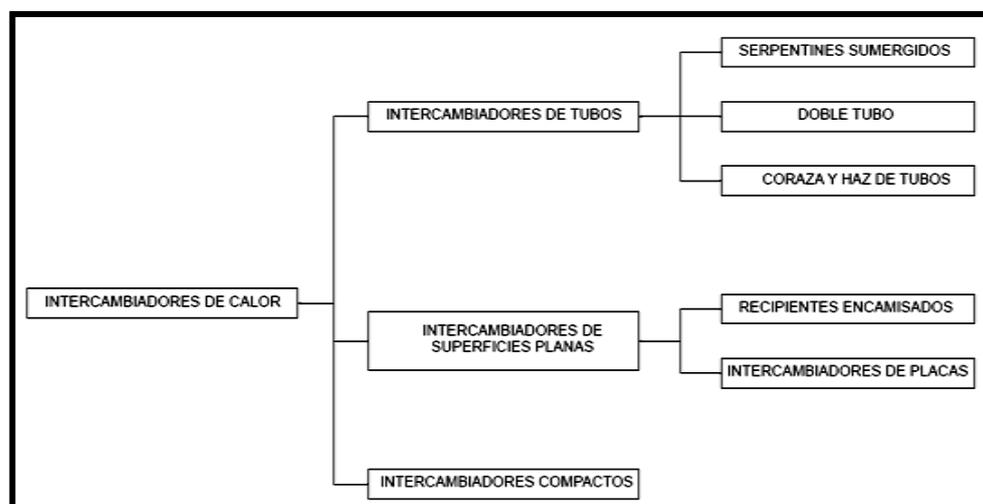


Fig. 65: Clasificación de los Intercambiadores de Calor
Fuente: Introducción a la Termodinámica, Jorge A Rodríguez

Ya sea por su diseño (Fig.65), o construcción se distinguen entre los más importantes: de serpiente (helicoidal o haz tubular), de doble envolvente o de placas.

d.4.2.1. Intercambiadores de Serpiente Sumergido

Consisten en un grupo de serpentines concéntricos arrollados en espiral, sumergidos en un tanque o una coraza. Se emplean tubos con aletas para incrementar la superficie de transferencia de calor (Fig.66)

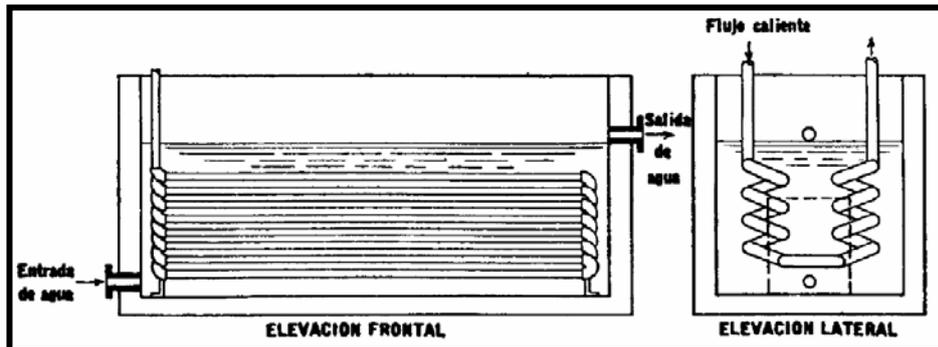


Fig. 66: Serpentín Sumergido

Fuente: Introducción a la Termodinámica, Jorge A Rodríguez

d.4.2.2. Intercambiadores de Doble Tubo

Son intercambiadores que constan de dos tubos de distinto diámetro conformados de manera concéntrica uno dentro del otro (Fig.67).

En un intercambiador de este tipo uno de los fluidos pasa por el tubo más pequeño, en tanto que el otro lo hace por el espacio anular entre los dos tubos. En un intercambiador de calor de tubo doble son posibles dos tipos de disposición del flujo: en el flujo paralelo los dos fluidos, el frío y el caliente, entran en el intercambiador por el mismo extremo y se mueven en la misma dirección. Por otra parte, en el contraflujo los fluidos entran en el intercambiador por los extremos opuestos y fluyen en direcciones opuestas.

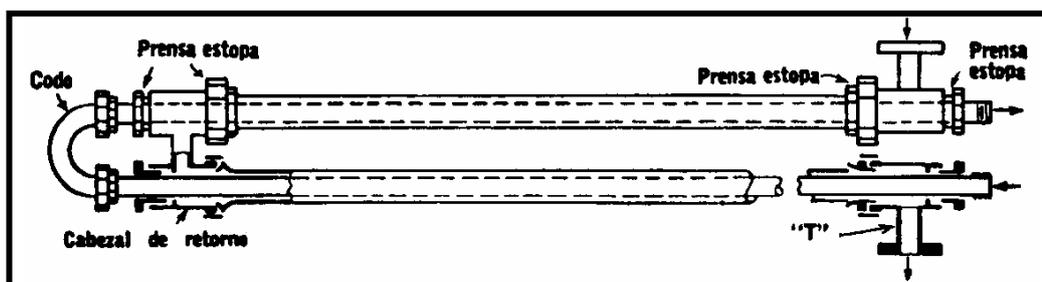


Fig. 67: Intercambiador de Doble Tubo

Fuente: Introducción a la Termodinámica, Jorge A. Rodríguez

d.4.2.3. Intercambiadores de Coraza y Haz de Tubos

Este tipo de intercambiador consiste en un haz de tubos, por donde se hace pasar una corriente de intercambio, que se introducen dentro de una coraza en cuyo interior a hace circular la otra corriente de intercambio (Fig.68).

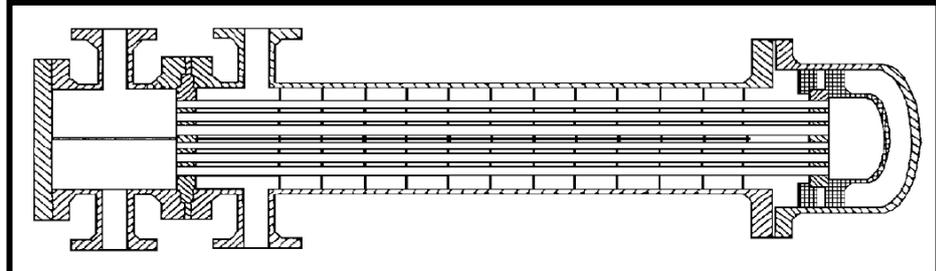


Fig. 68: Intercambiador de Coraza y Haz de Tubos
Fuente: Introducción a la Termodinámica, Jorge A. Rodríguez

d.4.2.4. Recipientes Encamisados

El encamisado o enchaquetado (Fig.69) se utiliza con frecuencia para recipientes que necesitan limpieza frecuente o para los recubrimientos de vidrio que son difíciles de equipar con serpentines internos. La camisa elimina la necesidad de serpentín.

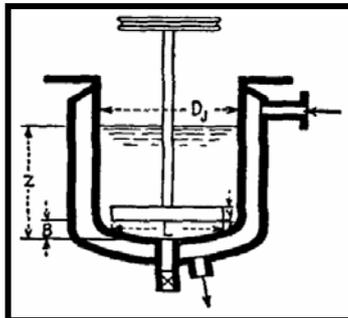


Fig. 69: Recipiente Enchaquetado
Fuente: Introducción a la Termodinámica, Jorge A. Rodríguez

d.4.2.5. Intercambiadores de Placas

Constan de una serie de placas estándar, con pasos corrugados y aplastados que sirven como superficies de transferencia y una armazón de apoyo (Fig.70).

Los fluidos caliente y frío fluyen en pasos alternados, de este modo cada corriente de fluido frío queda rodeada por dos corrientes de fluido caliente, lo que da por resultado una transferencia muy eficaz de calor. Asimismo, este tipo de intercambiador puede crecer cuando aumenta la demanda de calor sencillamente montando más placas.

Resultan muy apropiados para aplicaciones de intercambio de calor de líquido hacia líquido, siempre que las corrientes de los fluidos caliente y frío se encuentren más o menos a la misma presión.

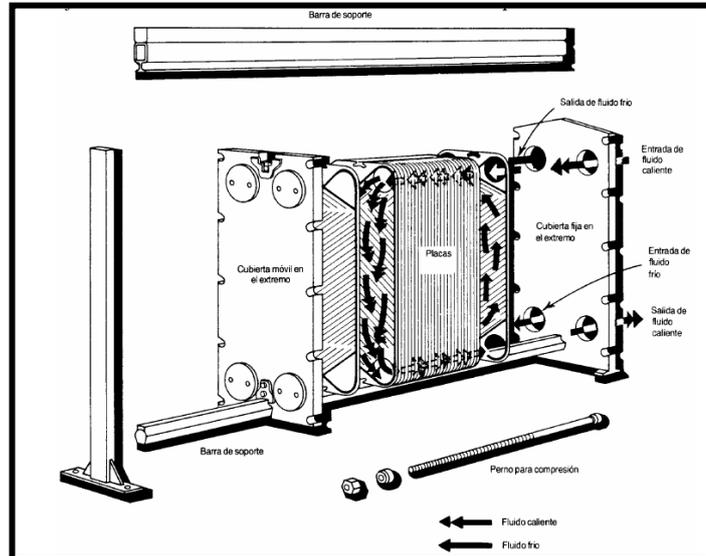


Fig. 70: Intercambiador de Placas

Fuente: Introducción a la Termodinámica, Jorge A. Rodríguez

d.4.3. SELECCIÓN DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR

La selección de un intercambiador de calor está centrada preferentemente en su superficie de transferencia, puesto que mientras menor es esta superficie se requiere una mayor temperatura del fluido calefactor o primario.

d.4.3.1. Flujo en un Intercambiador de Calor

De acuerdo al diseño del intercambiador se pueden distinguir dos tipos de flujo:

- **Flujo Paralelo:** Es cuando la dirección tanto del fluido frío como del caliente circula en el mismo sentido de manera que las temperaturas de salida de cada fluido tienden a asemejarse (Fig.71)

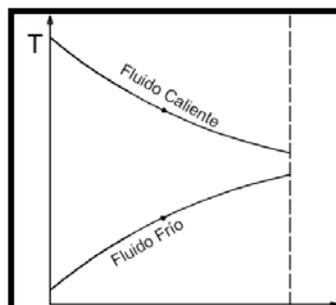


Fig. 71: Curva característica de un flujo Paralelo

Fuente: Introducción a la Termodinámica, Jorge A. Rodríguez

- **Contra flujo.-** Es inverso al flujo paralelo, la dirección del fluido caliente es contraria a la dirección del fluido frío dentro del intercambiador (Fig. 72).

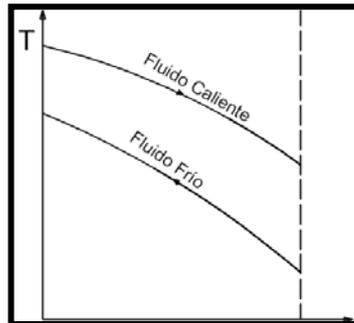


Fig. 72: Curva característica de un Contraflujo
Fuente: Introducción a la Termodinámica, Jorge A. Rodríguez

d.4.3.2. Razón de Transferencia de Calor

Es la cantidad de calor otorgado del fluido 1 al fluido 2 por cada unidad de tiempo

$$\dot{Q} = U \cdot A_I \cdot MLTD = \dot{m} \cdot C_e \cdot \Delta T \quad \text{Ecuación 45.}$$

Dónde:

\dot{Q}	: Razón de Transferencia de Calor (kJ/s)
U	: Coeficiente Global de Transferencia de Calor (W/ m ² °C)
A_I	: Superficie de Intercambio de calor (kJ/m ²)
$MLTD$: Diferencia de Temperatura Media Logarítmica (°C)
\dot{m}	: Flujo másico del fluido a calentar (kg/s)
C_e	: Calor específico del fluido (kJ/kg° C)
ΔT	: Diferencia de temperaturas de entrada y salida de fluido (°C)

d.4.3.3. Flujo Másico

Es la cantidad de masa que debe atravesar por un intercambiador en cada unidad de tiempo.

$$\dot{m} = \frac{m}{t_{Cal}} \quad \text{Ecuación 46.}$$

Dónde:

\dot{m}	: Flujo másico del fluido a calentar (kg/s)
m	: Cantidad de masa que atraviesa por el intercambiador (kg)
t_{Cal}	: Tiempo de calentamiento de la masa de líquido (s)

d.4.3.4. Coeficiente de Transferencia de Calor Global (OHTC)

En el análisis de los intercambiadores de calor resulta conveniente trabajar con un *coeficiente de transferencia de calor total U* o una *resistencia térmica total R* expresada como:

$$\frac{1}{UA_s} = R = \frac{1}{h_i A_i} + R_F + \frac{1}{h_o A_o} \quad \text{Ecuación 47.}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o}} \quad \text{Ecuación 48.}$$

Dónde:

- U** : Coeficiente de Transferencia de Calor Global
- R** : Resistencia Térmica Total
- h_i** : Coeficiente de Convección del fluido primario
- A_i** : Área de intercambio de lado del fluido primario
- R_F** : Factor de Ensuciamiento
- h_o** : Coeficiente de Convección del fluido secundario
- A_o** : Área de intercambio de lado del fluido secundario

d.4.3.5. Diferencia de Temperatura Media Logarítmica MLTD.

Puesto que la transferencia de calor se da lugar entre dos fluidos que ingresan y salen a diferentes temperaturas (Fig. 73), la MLTD es un valor medio logarítmico comprendido entre estas temperaturas.

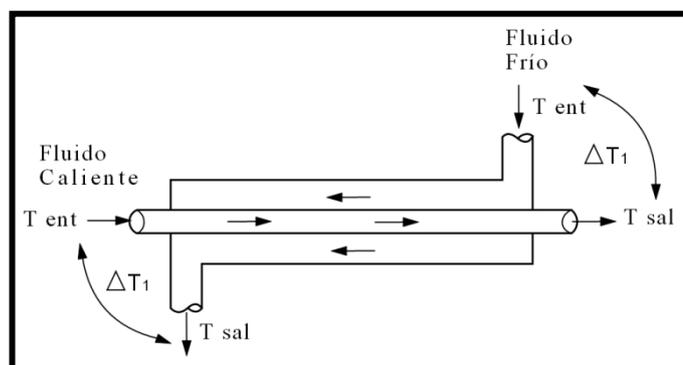


Fig. 73: Diferencias de temperatura a la entrada y salida de un intercambiador.
Fuente: Transferencia de Calor y Masa, YUNUS

Y su temperatura media logarítmica es:

$$MLTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \quad \text{Ecuación 49.}$$

Siendo:

MLTD:Diferencia de Temperatura media Logarítmica (°C)

ΔT_1 :Diferencia de T entre la entrada del primario y salida del secundario

ΔT_2 :Diferencia de T entre la salida del primario y entrada del secundario.

d.4.3.6. Coeficiente de Ensuciamiento o Incrustamiento.

Es un factor de resistencia térmica diverso según el tipo de fluido y que es producido por la acumulación de macropartículas en las superficies de transferencia de calor convirtiéndose en un elemento resistivo de calor.

En la tabla12 se pueden observar valores típicos de incrustamiento.

Tabla 12: Coeficiente de Incrustamiento de Algunos Materiales

FLUIDO	Rf m2 °C/W
Agua por debajo de 50 °C	0,0001
Agua arriba de 50 °C	0,0002
Combustóleo	0,0009
Vapor de Agua	0,0001
Refrigerante (Líquido)	0,0002
Refrigerante (Vapor)	0,0004
Vapor de Alcohol	0,0001
Aire	0,0004

Fuente: Transferencia de Calor y Masa, YUNUS

e. MATERIALES Y MÉTODOS

e.1. MATERIALES

En el desarrollo del presente trabajo, se contó con el apoyo de múltiples herramientas tanto físicas como digitales tales como son:

Software

- Microsoft Office Word
- Microsoft Office Excel
- Microsoft Office Power Point
- Software AutoCad
- Censol 5.0

Materiales

- Altimetro
- Termómetro.
- Libros.
- Tesis
- Revistas

e.2. MÉTODOS

Para efectuar los objetivos trazados tenemos las siguientes condiciones más importantes a evaluar:

- Características de la edificación y cantidad de aparatos.
- Datos meteorológicos del sitio (temperaturas y radiación solar) mensual o anual en valores promedio.
- Balance energético (demanda energética diaria, mensual o anual)
- Esquema propuesto con incorporación de los sistemas solares, circuitos solares, sistemas de intercambio y sistemas de acumulación.
- Cálculo del aporte solar que se puede conseguir.
- Cálculo del Sistema de Distribución de ACS
- Instalación de apoyo y la fuente energética utilizada.
- Ubicación de los componentes de la instalación solar, distribución, y sistema de apoyo
- Análisis económico y costo de la instalación solar considerando el ahorro anual.
- Cantidad de CO₂ que se dejara de emitir por la utilización de energía solar.
- La medición de la temperatura de agua de red se obtuvo mediante mediciones realizadas con termómetros, en el lugar de la instalación.

e.2.1. NORMATIVAS APLICADAS

Se ha tomado valores normativos válidos para, la localidad de Loja otorgados por la Norma Ecuatoriana de Construcción, que se basa en normativas para sistemas solares aplicados en Europa que son:

- Código Técnico de la Edificación (CTE)
- Documento Básico “DB HE Ahorro de Energía”
- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)- Capítulo 16
- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)- Capítulo 14
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE)

e.2.2. PARÁMETROS DE DISEÑO

Estos parámetros son aquellos datos que delimitan la instalación ya que en función de estos son diseñadas todas las instalaciones, para ello se ha seguido estos pasos:

- Se recorrió en la edificación, determinando primeramente su tipo, ubicación, situación geográfica etc. Que son datos que se pueden obtener en el mismo hospital, en libros y en páginas web.
- Se investigó los datos característicos y constantes normales tales como propiedades del agua, tuberías etc. Con la ayuda de bibliografías y catálogos referentes a termodinámica, e hidráulica.
- La temperatura del Agua Caliente Sanitaria, se ha tomado del NEC que recomienda esta temperatura por cuestiones sanitarias para evitar la proliferación de bacterias tales como la Legionella, las constantes normales del ACS fueron investigados en libros y catálogos referentes a termodinámica, hidráulica y tecnología solar.
- Para determinar la radiación solar se obtuvo los datos de estaciones meteorológicas de la ciudad así como también de un software de energía solar, como son:
 - Software Censol 5.0 .- Otorgado por el programa mundial de energía Censolar (Centro de Estudios de Energía Solar);
 - El mapa de radiación solar publicado por el CONELEC; y
 - La estación meteorológica La Argelia, con una extensa base de datos de radiación de los últimos años.
- Las horas sol media según la normativa vigente son alrededor de 12, pero en este caso se ha elegido las horas que existe una mayor concentración de irradiación, que están comprendidas de 9 AM a 16PM.

e.2.3. CÁLCULO DE DEMANDAS

- La determinación de la cantidad de aparatos sanitarios a dotar de ACS, se han seleccionado partir de un recorrido del centro hospitalario detectando los sectores donde es más indispensable.

- La dotación diaria de ACS, tomando como base las temperaturas de acumulación referida a 60 °C en la Tabla 13.

Tabla 13: Demanda de Referencia

Criterio de Demanda	Litros de ACS al día a 60 °C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel****	70	por cama
Hotel***	55	por cama
Hotel/Hostal**	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc.)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Fuente: Código Técnico de la Edificación

$$V_{ACS} = 55 \times n_{Camas}$$

- Para el cálculo del volumen de acumulación se ha de utilizar la Ecuación 10.

$$V_{Acu} = \frac{(T_{Uso} - T_{AF})}{(T_{ACS} - T_{AF})} \cdot V_{ACS}$$

- Para elevar la temperatura del agua fría hasta los 60 °C requeridos, para el volumen de agua anterior se necesita de la energía indicada por la Ecuación 9.

$$Q_a = C_{eAF} \cdot V_{ACS} \cdot (T_{ACS} - T_{AF}) \cdot \rho_{AF}$$

e.2.4. DIMENSIONADO DEL SISTEMA SOLAR

Para el dimensionado de la parte correspondiente al sistema solar se ha de seguir los pasos sugeridos por los diversos autores de tecnología solar, como:

- Para la selección de la configuración básica se ha seleccionado una disposición conveniente de acuerdo al tipo de edificación, al tamaño de la instalación, y a las condiciones del lugar, recomendadas en catálogos solares y libros.
- La elección del fluido caloportante se ha basado en la climatología del lugar ya que se elige tomando en cuenta el riesgo de heladas y temperaturas muy bajas.
- Obtenidos los planos arquitectónicos del archivo del hospital se procede al trazado de los circuitos solares tratando de obtener la menor longitud de tubería, para así mismo tener las menores pérdidas caloríficas.

Subsistema de Captación Solar

- Para el cálculo del sistema solar, primeramente se establece el tipo de dispositivo colector seleccionado de la Tabla 14. Tomando en cuenta el más factible, el más utilizado, y el que mejor se adapte a nuestras condiciones.

Tabla 14: Comparación entre Colector de Placa Plana y de Tubos de Vacío

COLECTOR	Eficiencia	Costo	Uso	Resistencia y Diseño
Placa Plana	Buena	Normal	Mayoritario	Buena
Tubos de vacío	Alta	Alto	Bajo	Complicada

Fuente: Elaboración Propia

- El modelo del colector solar se ha elegido adecuadamente para temperaturas bajas temperaturas y de buen rendimiento, para obtener un mejor aprovechamiento de la irradiación solar, revisando catálogos y páginas de varias casas comercializadoras y fabricantes de colectores.
- Para el posicionamiento de este modelo de colector se toma en cuenta las recomendaciones emitidas en la NEC y demás libros de energía solar, los parámetros a contar son:
 - Inclinación: Se elige tomando en cuenta la latitud del lugar, para el Ecuador se encuentran comprendidas entre 15° y 10°.
 - Orientación: Esta va de acuerdo al hemisferio de ubicación de la instalación, debiendo estar apuntada siempre hacia el ecuador.
 - Desviación: La desviación depende mucho de la disposición arquitectónica del edificio en este caso el edificio tiene una desviación poco considerable.

- Separación entre Filas: Se ha considerado una distancia mínima de tal manera que entre filas no tengan efectos de sombra unas a otra teniendo en cuenta la perpendicularidad de los rayos solares incidentes.
- La energía calorífica que se va a contribuir a la demanda energética diaria, se ha estimado al valor que la normativa NEC vigente propone, pero primeramente se determina la energía incidente en la superficie inclinada.
 - Modificando el valor Q_I por un factor de k promedio, extrayendo el factor de corrección dado para la latitud y el ángulo de inclinación propuesto para los campos de colectores en la tabla 14.

Tabla 15: Factor de Corrección k en una latitud de -4°

10° de Inclinación del Colector	
Latitud -4°	
MES	k_c
Enero	0,94
Febrero	0,96
Marzo	1
Abril	1,03
Mayo	1,05
Junio	1,05
Julio	1,04
Agosto	1,02
Septiembre	1
Octubre	0,96
Noviembre	0,94
Diciembre	0,93

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción, Cap. 14

- Sustituyendo valores en la Ecuación 2.

$$Q_{MI} = 0,94 \cdot k_c \cdot Q_I$$

- La energía de radiación promedio al día se ha determinado a través de la Ecuación 1.

$$E_{Glob} = I_S = \frac{Q_{MI}}{t_{sol}}$$

- Obtenida esta radiación se puede calcular una eficiencia promedio del equipo captador para posteriormente determinar el número de captadores, los valores necesarios son extraídos de la tabla 4. aplicando la Ecuación 3.

$$\eta_{col} = F_R(\tau\alpha) - F_R U_L \left(\frac{T_m - T_a}{E_{Glob}} \right)$$

➤ La temperatura media del fluido caloportadores considerada como el valor sugerido por el CTE de 45°C.

- La aportación que se recibirá diariamente por cada metro cuadrado de instalación ha sido calculado con la expresión 4.

$$Q_{Ap} = \eta_{Col} \cdot Q_{MI}$$

- Conocida la aportación solar se aplica la Ecuación 5. para conocer la superficie de captación diseñada para cubrir un 99% del total de la demanda.

$$S_{Nec} = \frac{Q_a}{Q_{Ap}}$$

- El valor de superficie necesaria se multiplica por la aportación solar deseada o en este caso por la aportación recomendada por la NEC del 60%.

$$S_{Cap} = S_{Nec} \cdot 0,6$$

- El número de colectores de la marca seleccionada resulta de dividir la superficie de captación , para la superficie útil tomada de la Tabla 22, conocida como ecuación 6:

$$n_{Col} \approx \left(\frac{S_{Cap}}{S_{UC}} \right)$$

- Mientras que la superficie de captación instalada viene dada por la ecuación 7.

$$S_{Inst} = n_{Col} \cdot S_{UC}$$

- Para la ubicación de los colectores solares, se ha observado en los alrededores de este centro hospitalario la existencia de árboles de gran tamaño, o edificios más altos, que puedan producir sombras, así como también que la terraza tenga el área adecuada para ubicar los campos captadores, circuitos hidráulicos y accesorios, y permitir su montaje.

- La disposición de los elementos colectores ha sido guiada, en las sugerencias del fabricante así como también en manuales de energía solar, pudiendo ser acomodados con algunas configuraciones antes mencionadas y seleccionado para el caso de instalaciones con gran número la más adecuada.
- Así mismo los fabricantes recomiendan la suportación de los colectores con soportes comercializados por ellos mismos para la protección de fuerzas externas o también la elaboración propia siguiendo las especificaciones técnicas y utilizando los materiales adecuados.

Subsistema de Acumulación Solar

- Conocido el volumen de necesario de acumulación de ACS, separamos del mismo tres volúmenes menores, dos volúmenes idénticos necesarios para recolectar la energía de los colectores y el restante para la preparación del ACS hasta la temperatura deseada.
- La selección de los mismos se ha obtenido de catálogos de tanques de acumulación para distintos usos, y con las características sanitarias. apropiadas
- Para la ubicación se ha elegido el lugar adecuado, con el espacio disponible para su ubicación y montaje.

Diseño de los Circuitos Hidráulicos

- Los elementos necesarios para el traslado del fluido caloportador tanto en el C1 como el C2 se han calculado teniendo en consideración velocidades de comprendidas entre 0,6 m/s y 2,5 m/s. En el presente diseño se toma en cuenta los siguientes parámetros:
 - Velocidad media de operación < 2 m/s
 - Caudal sugerido para el colector seleccionado, tomado de la Tabla 22.
- Para la selección del material para las tuberías de conducción de fluido caloportador se ha de cumplir con la normativa UNE-EN 1057 (normativa aplicada en la NEC)
- Las longitudes de las tuberías tanto de impulsión como de retorno que han sido trazadas en los planos del edificio y medidas con la ayuda del software

AutoCAD estos son medidos desde la sala de máquinas hasta la terraza donde están conectados a los colectores.

- El caudal nominal al que operará el Campo 1 y 2 será de acuerdo al señalado por la Tabla 22.

$$q_{Op} = q_{Col} \cdot S_{C1}$$

- Y para el diámetro se ha de aplicar la ecuación 23.

$$D_{Tub} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{Op}}{\pi \cdot v_{Op}}}$$

- Para la selección del diámetro normalizado se ha escogido el valor inmediatamente superior al diámetro seleccionado, de tablas de fabricantes de tuberías.
- El coeficiente de rugosidad a través de ecuación 24.

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D_{Tub}}$$

- Se recalcula la velocidad media o velocidad de operación con la ecuación 23.

$$v_{Op} = \frac{4 \cdot q_{Op}}{\pi \cdot D_C^2}$$

- Así como la ecuación 26 y 29 para el número de Reynolds y el factor de fricción respectivamente.

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon}{3,71 \cdot D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

- Para las pérdidas de carga primarias por rozamiento en los circuitos del Campo 1 y 2 se ha de aplicar la ecuación 32 de Darcy-Weisbach.

$$h_f = 0,81 \cdot \frac{f}{g} \cdot \left(\frac{q_{Op}^2}{D_{Tub}^5} \right) \cdot L_{Tub}$$

- Mientras que para las pérdidas de carga se ha de tomar coeficiente de perdidas menores correspondientes a los accesorios a utilizarse en la Tabla 11.
- La cantidad de accesorios aproximada, es tomada de los planos ya elaborados
- Para luego realizar una suma aritmética de la ecuación 43. aplicada para cada tipo de accesorio.

$$h_s = \sum \cdot \left(K_T \cdot \frac{v_{Op}^2}{2 \cdot g} \right)$$

- Las pérdidas de carga por velocidad se toman de la ecuación 43.

$$h_v = \frac{v_{Op}^2}{2 \cdot g}$$

- La altura de desnivel se toma desde el punto más bajo de la instalación hasta el lugar de ubicación de los campos de colectores.
- Para determinar las pérdidas totales se ha realizado una sumatoria de las pérdidas anteriores.

$$HT = h_f + h_s + h_v + h_{Desnivel}$$

Bombas de Circulación

- Debido a la longitud del circuito, las pérdidas de carga cumplen un papel fundamental y el cálculo aproximado de la potencia de la bomba recirculadora se realizará con la ayuda de la Altura Dinámica Total (HDT) y el caudal de Operación calculado anteriormente:
- La altura dinámica total se obtiene con la sumatoria de las siguientes cargas.
 - Pérdidas Totales: Calculadas anteriormente.
 - Pérdida de carga en Componentes: Tomados de la hoja técnica para el colector solar y tomando un valor estimado del intercambiador de serpentín.
 - Presión Mínima de Trabajo en el colector.

$$HDT = HT + h_{Col} + h_{Serp} + P_{Col}$$

- Para escoger la bomba recirculadora se investigó en distintas marcas y modelos de bombas, poniendo énfasis en las características propias para la impulsión de agua a 60 °C.
- Luego para seleccionar se ha extraído del catálogo de este tipo de bomba, las curvas necesarias para poder seleccionar el modelo que tendrá la potencia necesaria para impulsar el fluido portante (Fig. 74).

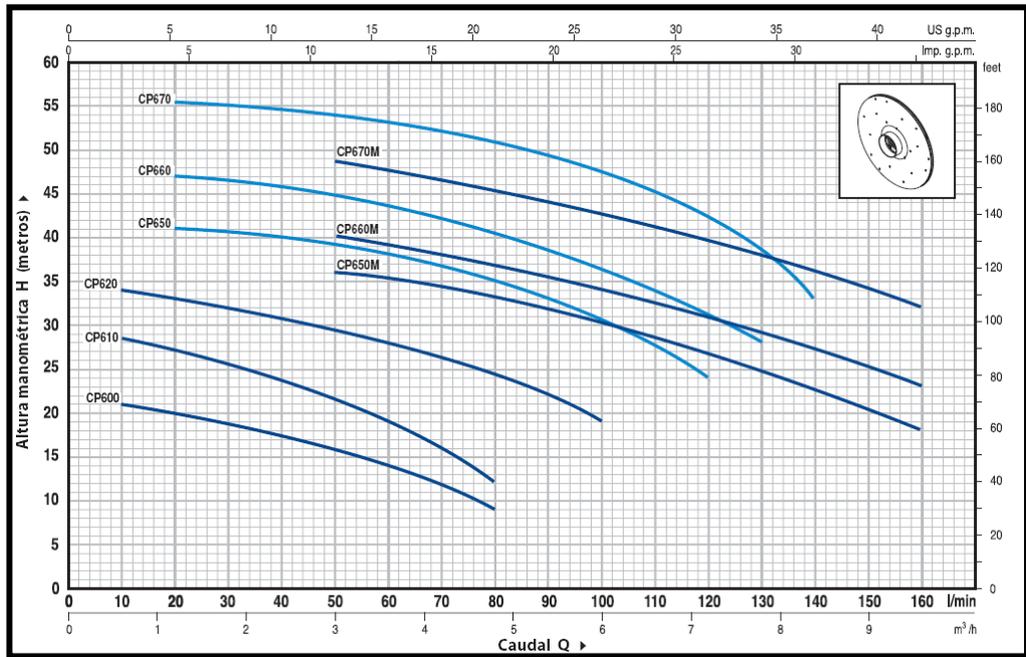


Fig. 74: Curvas características de algunos modelos de la serie CP de la Marca Pedrollo
Fuente: Catálogo de Bombas Pedrollo

Calculo del Volumen de Expansión

Los datos base para la selección del mismo son:

- Volumen total de fluido caloportador del C1 y C2 tomando en cuenta.
 - Volumen total de las tuberías.

$$A_{Tub} = \pi \cdot r^2$$

$$V_{Tub} = L_{Tub} \cdot (A_{Tub})$$

- Volumen de los colectores, el número de colectores es el calculado anteriormente mientras que la capacidad en litros de cada colector se halla en la Tabla 22.

$$V_{\text{Cap}} = n_{\text{Col}} \cdot V_{\text{Col}}$$

➤ Volumen del intercambiador solar: Este dato se ha obtenido del fabricante del interacumulador de ACS.

- Se realiza una suma aritmética de los valores anteriores.

$$V_{\text{C}} = V_{\text{Cap}} + V_{\text{Serp}} + V_{\text{Tub}}$$

- Temperatura mínima de funcionamiento: Esta temperatura es la más baja que puede alcanzar la instalación, que es a la temperatura de agua de red.
- Temperatura máxima de funcionamiento que pueden alcanzar los colectores: Esta temperatura se ha tomado como la temperatura para la que ha sido diseñada esta instalación.
- La masa de agua se determina mediante la ecuación 20 y con la densidad normal del agua.

$$m_{\text{Col}} = V_{\text{Col}} \cdot \rho$$

- Luego se ha utilizado el volumen específico, de la mínima y la máxima temperatura que resulta del inverso de la densidad.

$$v_{\text{min}} = \frac{1}{\rho}$$

- Por ende el volumen de expansión se ha calculado con la ecuación 8 y un factor de seguridad de 1,5.

$$V_{\text{Exp 1}} = 1,5 \cdot m_{\text{C1}} \cdot (v_{\text{max}} - v_{\text{min}})$$

- Los vasos de expansión se han escogido del catálogo solar de acuerdo al volumen de expansión calculado, como el vaso con el volumen inmediatamente superior.

Aislamiento Térmico

- Según las recomendaciones de los autores de energía solar el aislamiento de las tuberías de conducción de fluido caloportador tiene que permitir la menor cantidad de pérdida de calor disponible, cuyo material debe tener bajos coeficientes de transmisión para ello se ha usado valores de la Tabla 5.

- La superficie de aislamiento total se ha calculado tomando en cuenta las longitudes totales de tubería en ambos campos de colectores y los perímetros de la tubería empleada.

e.2.5. DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE APOYO

- Para el diseño de este sistema se eligen las condiciones más desfavorables, en este caso que no exista días con radiación solar, para ello determinamos la fuente de calentamiento, que se encuentre al alcance.
- Verificamos que la energía proporcionada por esta fuente, tenga una cantidad disponible que sea suficiente para copar la demanda energética diaria.
- Para el sistema de intercambio de calor se ha elegido , uno de los más usados por lo que son sistemas de calentamiento de agua en instalaciones grandes
- Para determinar el tipo de intercambiador se ha seleccionado uno de acuerdo al tamaño y el tipo de la instalación, la potencia necesaria, también del uso al que este destinado el agua.
- La potencia necesaria del equipo calentador se calcula en función del flujo másico del agua que se requiere calentar, conocida con la ecuación 20, y en el que según lo indica la NEC (Cap. 16), el volumen de cálculo es el volumen de acumulación.

$$m_{ACS} = \rho_{AF} \cdot V_{Acu}$$

- Mientras que el flujo máximo que se debe calentar a través del intercambiador será dado por la ecuación 46.

$$\dot{m}_{ACS} = \frac{m_{ACS}}{t_{cal}}$$

- El tiempo de calentamiento, es el que corresponde el volumen de acumulación, del volumen de demanda diario, tomando en cuenta un periodo de uso de 12 horas.

$$t_{cal} = \frac{V_{AC}}{V_{ACS} / t_{uso}}$$

- Por ende la potencia mínima será calculada con las condiciones más desfavorables de diseño que es dado por la ecuación 45.

$$\dot{Q} = \dot{m}_{ACS} \cdot C_{eAF} \cdot \Delta T$$

- Y la potencia calorífica del equipo de dividir el valor anterior para el rendimiento del equipo calentador, que se ha de estimar valores comprendidos entre: 0,7, 0,8, o 0,9.
- Como ya conocemos la potencia necesaria, procedemos a consultar a las casas fabricantes para poder conocer el modelo que mejor se adapte al uso, a la potencia, rango de temperaturas, y tipo de líquido a calentar.
- Para saber el número de placas que deben montarse al intercambiador se debe conocer los siguiente parámetros:
 - Coeficiente Global de Transferencia de Calor: Obtenido de la Tabla 30 de características técnicas del intercambiador
 - La diferencia de Temperatura Media Logarítmica: Se ha elaborado una tabla con valores de temperatura a la entrada y salida del fluido frio y fluido caliente (Fig. 75), para luego determinar las diferencias de temperatura, tomando en cuenta la temperatura y la presión máxima del intercambiador.

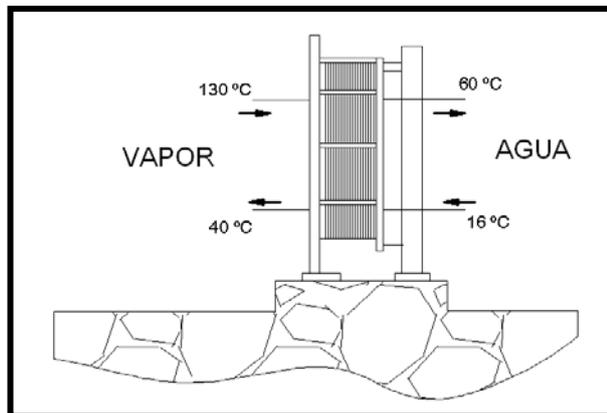


Fig. 75: Temperaturas a la entrada y salida del Intercambiador
Fuente: Autor del Proyecto

Con estas temperaturas es posible aplicar la ecuación 49:

$$MLTD = \frac{(\Delta T_2) - (\Delta T_1)}{\ln \frac{(\Delta T_2)}{(\Delta T_1)}}$$

- La razón de Transferencia de Calor, la determinamos a través de la ecuación 45.

$$\dot{Q} = U \cdot A_I \cdot MLTD$$

$$A_I = \frac{\dot{Q}}{U \cdot MLTD}$$

- Conocida el área necesaria para la transferencia de calor. Determinamos el número de placas utilizando el área útil de cada placa del intercambiador en la tabla 30.

$$A_I = (n_{\text{placas}})S_{\text{placa}}$$

Cálculo de la Bomba de Circulación B4

- El cálculo aproximado de la potencia de la bomba recirculadora del circuito de apoyo se realizará con la ayuda de pérdidas de carga la Altura Dinámica Total (HDT) y el mismo caudal de bombeo:
- Las pérdidas son calculadas de la misma manera que los equipos anteriores.
 - Pérdidas Totales: Calculadas anteriormente.
 - Pérdida de carga en Componentes: Tomados de la hoja técnica para el colector solar y tomando un valor estimado del intercambiador de serpentín.
 - Presión Mínima de Trabajo del Intercambiador.
- Para escoger la bomba recirculadora se investigó con distintas marcas y modelos de bombas, poniendo énfasis en las características propias para la impulsión de agua a 60 °C.
- Luego para seleccionar se ha extraído del catálogo de este tipo de bomba, las curvas necesarias para poder seleccionar el modelo que tendrá la potencia necesaria para recircular el fluido portante (Fig. 93). Con el uso del caudal y HDT.

e.2.6. DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ACS

Cálculo De Caudales

- Para determinar los cálculos de cada tramo de distribución primeramente establecemos los puntos totales de consumo.

- Extraemos los caudales instantáneos mínimos de agua a 60 °C de la Tabla 8, los mismos que son coherentes a los valores dados por NEC de tomar un valor alrededor del 67% del caudal instantáneo mínimo de agua fría.
- Luego se ha realizado una tabla en la que constan los caudales instantáneos mínimos para cada tramo, dependiendo de la cantidad y tipo de aparatos ubicados en cada tramo.
- Los caudales instantáneos de cada tramo se multiplican por un coeficiente de simultaneidad expresado en la ecuación 13.

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{n_{Apa} - 1}}$$

- El resultado es denominado como Caudal Mínimo Simultaneo (Ecuación 14.), de cada tramo.

$$q_{min} = q_{MI} \cdot k_s$$

- Los caudales de diseño para cada tramo se suman aritméticamente para conseguir el caudal de bombeo o suministro.

$$q_B = q_{10} + q_{20} + q_{30} + q_{40}$$

- Para el caudal de recirculación, se tomara en cuenta como un 10% del caudal de bombeo.

$$q_R = 0,1 \cdot q_B$$

Acumulación del Tanque central de ACS

- La distribución de ACS comprende las partes de: Tanque central, Equipo de bombeo, la red de tuberías, y los artefactos del edificio. Tal como se indica en la Figura 94.
- El volumen del tanque de acumulación central, es tomado como el tercer depósito acumulador donde actuara el sistema de vapor.
- Como el fabricante de los Interacumuladores solares, también posee otras variedades de tanques, entre los que están los de acumulación de ACS, se ha procedido a seleccionar uno adecuado para la presente instalación.

- Para la ubicación de este tanque, al igual que en el caso anterior del **IA1** e **IA2** el Acumulador de ACS **AC1** tendrá que estar en conjunto con los interacumuladores solares.

Redes Hidráulicas

- El dimensionado comprende la selección, diámetros y pérdidas de carga producidas por el contacto con el ACS y selección de la configuración adecuada para grandes edificaciones.
- Luego se ha de trazar sobre los planos existentes del hospital, las redes de distribución, de manera que se repartan por todos los sectores donde se ha señalado los aparatos sanitarios, tratando de obtener la menor longitud y que la misma se distribuya de acuerdo a las condiciones de la edificación y la configuración elegida.
- Se puede optar por usar tubería de CPVC o de Cobre, ambos tienen algunas características similares como los valores de rugosidad tomados de la Tabla 9.
- Utilizando la Ecuación 23 y valores de la Tabla 35, se toma en cuenta velocidades de operación entre 0,6 m/s y 2 m/s, para conducir ACS.

$$v = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot D^2}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{\pi \cdot v}}$$

- De los valores obtenidos, se ha buscado en catálogos técnicos, los diámetros de tuberías inmediatamente superiores para establecer una tabla de diámetros característicos, tomando en cuenta los diámetros de llegada a los aparatos, o derivaciones, dados en la NEC.
- Las pérdidas de carga se realizan en toda la tubería de impulsión desde el punto de descarga de la bomba hasta el accesorio más lejano (Fig.76), siendo el recorrido los siguientes tramos:
 - Tramo 40–O L101
 - Tramo 40–40O
 - Tramo 20–40
 - Tramo 0–20

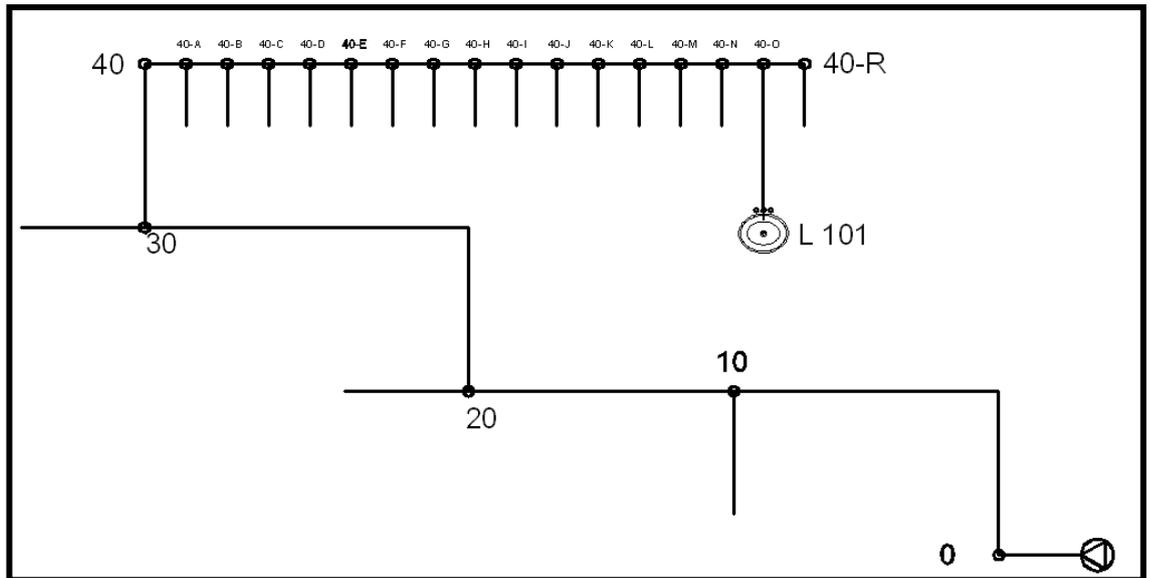


Fig. 76: Recorrido Hasta el punto más lejano
Fuente: Autor del Proyecto

- Primero establecemos las condiciones primarias de cada tramo de tubería:
 - Longitud: Medida mediante el Software AutoCAD
 - Diámetro: Tomado de las tablas establecidas según el ramal a calcular,
 - Caudal: Según el ramal se toma de las tablas el caudal correspondiente.
- Para el cálculo de coeficiente de rugosidad, velocidad media, número de Reynolds etc. Se usa las mismas ecuaciones que en las tuberías del sistema solar.
- Todas estas pérdidas se realizaron con el mismo procedimiento que en el caso del sistema solar.
- La cantidad de accesorios aproximada, es tomada de los planos ya elaborados
- Por ende la altura dinámica total a vencer por la bomba será, la sumatoria de las anteriores.

$$HDT = H_{40-0} + H_{40-400} + H_{20-40} + H_{0-20}$$

Sistema de Bombeo

- Para la selección de la bomba impulsadora de ACS usamos los datos ya obtenidos de q_B y HDT, para luego usar el mismo tipo de bomba, puesto que tiene las características propias para la impulsión de ACS, esta es seleccionada de la siguiente curva característica de donde se extraerá su modelo.

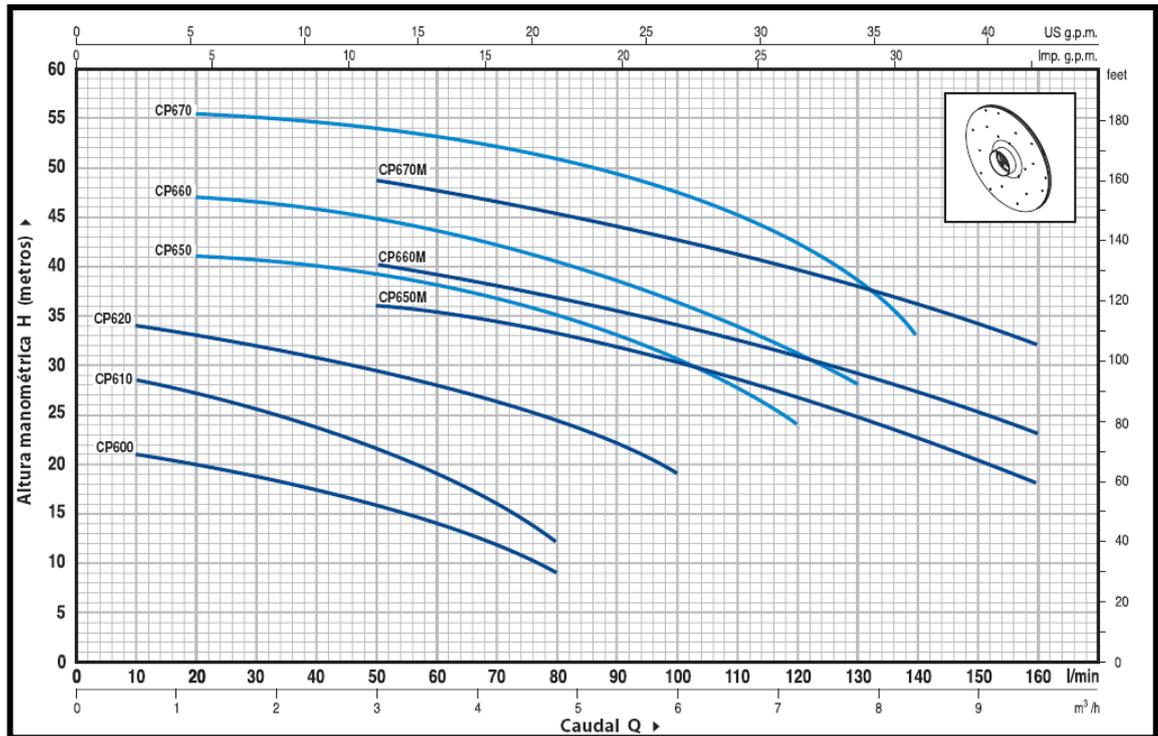


Fig. 77: Curva Característica CP 660M
Fuente: Catalogo de Bombas Pedrollo

- La Verificación de carga neta de succión positiva, se ha calculado para verificar que no exista el riesgo de fenómeno de cavitación.
- Se usa un método empírico para conocer las longitudes necesarias en el cálculo.
- Los datos como la presión del vapor de agua, gravedad específica, presión atmosférica son extraídos de manuales de termodinámica aplicados en la ecuación 18.

$$NSPH_D = \frac{(P_{Atm} - p_{Vap_{ACS}})}{SG_{ACS}} \pm Z - H_s$$

- El valor del NSPHR es extraído del catálogo del equipo de bombeo.
- Comprobamos que el cálculo cumpla con la condición.

$$NPSH_D > NPSH_R$$

e.2.7. SISTEMA DE CONTROL

- Se ha observado en catálogos de sistemas solares, diferentes configuraciones para controlar los diferentes dispositivos que pondrán en marcha la instalación.
- Luego se ha establecido un esquema que representa, la manera que debe actuar la central solar diseñada para el control.

e.2.8. CÁLCULO DEL AHORRO ENERGÉTICO

- Procedemos a determinar cuanta energía, se va a ahorrar en el centro hospitalario con la implementación de energía solar, mediante una diferencia entre la demanda energética diaria y la energía de aportación solar
- A la demanda energética diaria se le ha de adherir los gastos energéticos producidos por los equipos de bombeo.
 - Los consumos energéticos de todas las bombas se calculan con la potencia en la ecuación 12, necesaria para vencer la Altura Total Dinámica de cada bomba, suponiendo eficiencias de mismas del 65%.

$$P_{(HP)} = \frac{q \cdot \rho \cdot HDT}{74,6 \cdot \eta}$$

- La energía consumida por los equipos de bombeo será la sumatoria de todos los equipos de bombeo:

$$P_{BT} = P_{B1} + P_{B2} + P_{B3} + P_{B4}$$

- La misma que será calculada para un periodo promedio de 12 h
- El aporte energético solar dado por la superficie de captación instalada se ha calculado con un factor de eficiencia general del sistema solar del 80%

$$Q_{Solar} = 0,8 \cdot Q_{Ap} \cdot S_{Inst}$$

- Por consiguiente la energía a reponer es de :

$$Q_{Reposicion} = Q_T - Q_{Solar}$$

- Y el ahorro energético sería un porcentaje dado por la aportación solar a la demanda energética total diaria.

f. RESULTADOS

f.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

- **Datos del Emplazamiento**

La situación geográfica de la ciudad de Loja, lugar de la instalación es

Tabla 16: Situación Geográfica de la Ciudad de Loja.

Latitud	03°59' 0'' S
Longitud	79° 12' 0'' O
Altitud	2.060m.s.n.m
Media Temperatura Ambiente	18 °C
Clima	Templado-húmedo

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Loja_\(Ecuador\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Loja_(Ecuador))

- **Datos del Hospital Isidro Ayora**

Tabla 17: Datos del Hospital Isidro Ayora

Número de Camas	243
Número de Plantas	5
Altura entre pisos	3 m

Fuente: Archivo del HIAL

- **Datos Actuales del Agua Fría**

Tabla 18: Datos del Agua Fría de Red

Temperatura (T_{AF})	16°C
Calor Específico (C_{eAF})	4,187 kJ/kg °C
Densidad (ρ_{AF})	998,97 kg/m ³

Fuente: Autor del Proyecto

- **Datos del Agua Caliente Sanitaria.**

Tabla 19: Características del ACS

Temperatura (T_{ACS})	60°C
Densidad (ρ_{ACS})	983,2kg/m ³
Viscosidad Dinámica (μ_{ACS})	467 E ⁻⁶ kg /m s
Viscosidad Cinemática (ν_{ACS})	475 E ⁻⁹ m ² / s

Fuente: Transferencia de Calor y Masa, YUNUS.

- **Datos de Radiación Solar en la ciudad de Loja**

Tabla 20: Irradiación (Q_I) en la ciudad de Loja

Estación Meteorológica La Argelia:	4,27kWh/m ²
Programa Censolar	4,3kWh/m ²
Mapa Solar CONELEC	4,3 kWh/m ²

Fuente: Elaboración Propia

De la misma que se obtiene la siguiente Irradiancia:

$$Q_I = 4,3 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \text{ al dia}$$

f.1.1. Energía de Irradiación Solar (Q_I)

La energía de irradiación solar entonces queda expresada como

$$Q_I = 15,5 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2} \text{ diarios}$$

f.2. DEMANDAS GENERALES

f.2.1. Cantidad de Aparatos Sanitarios

Tabla 21: Cantidad Total de Aparatos Sanitarios (n)

UBICACIÓN	Aparato Sanitario			
	Lavabos	Duchas	Tinas	Lavavajillas
Planta Baja	0	0	0	5
Planta 1	16	2	4	0
Planta 2	23	9	1	0
Planta 3	29	9	2	0
Planta 4	36	18	2	0
SUBTOTAL	104	38	9	5
TOTAL	n=156			

Fuente: Autor del Proyecto

f.2.2. Demanda Diaria de ACS

$$V_{ACS} = 13,4 \text{ m}^3$$

f.2.3. Volumen de Acumulación de ACS

$$V_{Acu} = 7,29 \text{ m}^3$$

f.2.4. Demanda Energética Diaria

$$Q_a = 2459671,1 \text{ kJ}$$

$$Q_a = 2459,6 \text{ MJ}$$

f.3. SISTEMA SOLAR

f.3.1. Configuración Básica

Se ha optado por la siguiente configuración característica para el sistema mostrada en la figura 78:

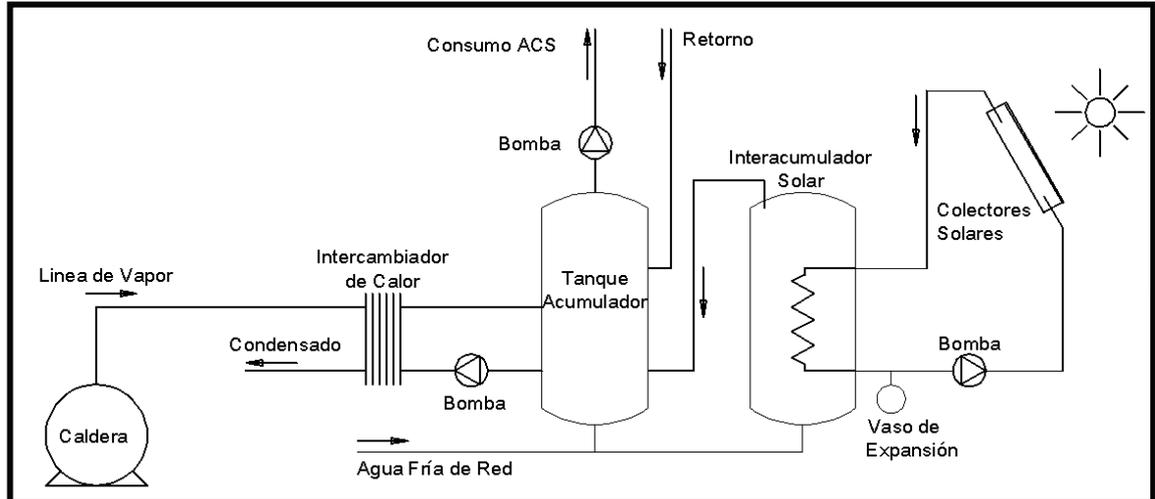


Fig. 78: Configuración del Sistema Propuesto
Fuente: Elaboración Propia

- La circulación del fluido caloportante será forzada mediante electrocirculadores o electrobombas por ser una instalación grande, que harán circular el fluido a través de los colectores desde los interacumuladores.
- Tanques de acumulación solar y auxiliar, donde los tanques solares poseen intercambiador interno de serpentín, mientras que el auxiliar posee un intercambiador de calor externo
- El sistema de transferencia de calor es indirecto, es decir, el fluido que circula por los colectores no es el agua de consumo. La razón es porque existe el riesgo de algún tipo de contaminación del agua al circular por los campos colectores.
- El sistema de distribución de ACS es centralizado.
- El principio de funcionamiento es el de recoger la energía procedente del sol mediante ambos conjuntos de colectores solares para luego transferir esta energía a un sistema de almacenamiento por cada conjunto luego esta agua se trasladará a un tercer tanque auxiliar en donde se preparará a temperatura de utilización.

f.3.2. Fluido Caloportador

Las temperaturas más bajas de la ciudad de Loja bordean los 10°C, por ende no existe riesgos de heladas. Entonces es factible la utilización de **Agua** como fluido transmisor de calor libre de aditivos puesto que es muy bien utilizada en sistemas térmicos solares y cuyas características son ya mencionadas (Tabla 18.) en lo referente a densidad, calor específico, viscosidad, etc.

f.3.3. Subsistema de Captación Solar

f.3.3.1. Dispositivo de Captación

El dispositivo seleccionado apto para ACS es un colector solar para bajas temperaturas, de tipo Placa Plana, por su precio cómodo instalación sencilla y transporte.

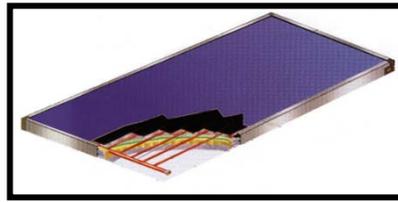


Fig. 79: Colector de Placa Plana
Fuente: Guía Técnica Chromagen

f.3.3.2. Captador Solar

Se ha elegido un colector plano con parrilla de tubos para bajas temperaturas de la marca **Chromagen**, modelo **CR 12S8**, que es un captador universal adaptado para cada tipo de tejado, plano o inclinado y para cada tipo de deposición, cuyas características son:

Tabla 22: Características Técnicas Colector CR 12S8

Marca	CHROMAGEN
Modelo	CR 12S8
Superficie Total	2,75 m ²
Superficie Útil de Captación	2,58 m ²
Dimensiones Totales	2185×1260×90 (mm)
Presión Máxima de Trabajo	12 bar
Capacidad de Fluido	1,7 litros
Rendimiento Óptico ($F_R(\alpha\tau)$)	80,8%
Caudal Recomendado	45 l/h × m ²
Perdida de Carga	12,32 q _i ² + 0,47 q _i (Kg/s)
Conexiones	Cobre Ø20mm
Peso	42,6 Kg

Fuente: Catalogo CHROMAGEN

Y su curva característica está dada en la figura 80:

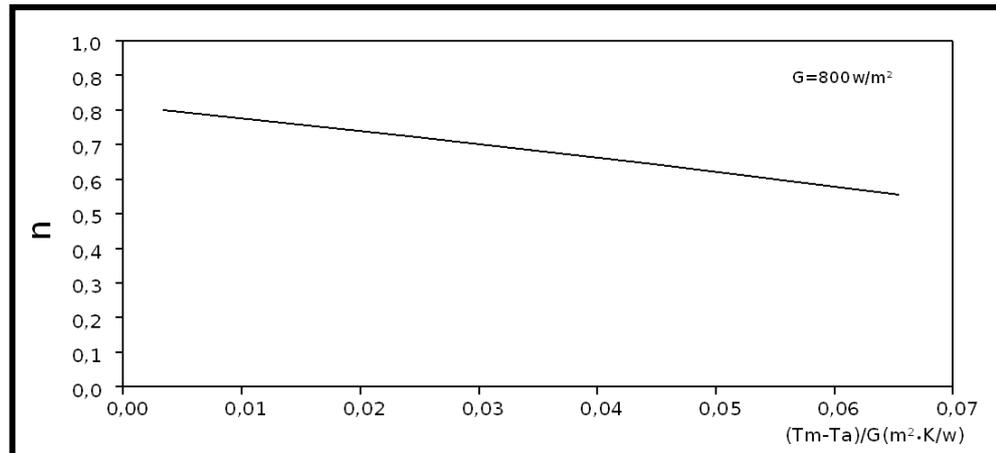


Fig. 80: Curva de Eficiencia del Modelo CR 12S8 de Chromagen
Fuente: Hoja Técnica Modelo CR12S8

f.3.3.3. Posición de los Colectores Solares

Los colectores se han propuesto tomando en cuenta que la inclinación para la latitud del Ecuador es pequeña y para favorecer el fenómeno de termosifón en el colector, de la siguiente manera (Fig.81 y 82):

- **Inclinación:** 10°
- **Desviación:** 0°
- **Orientación:** Sur a Norte
- **Separación entre Filas:** Mínimo 20 cm

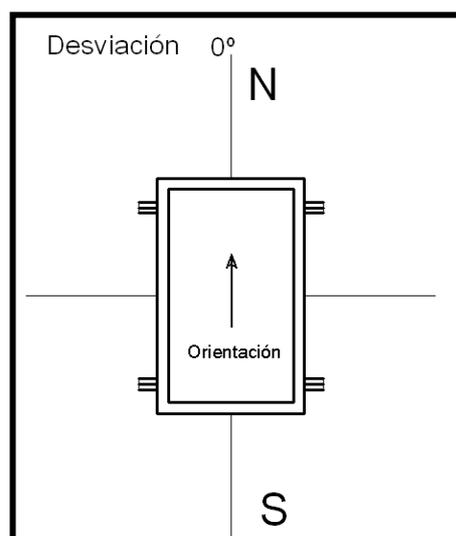


Fig. 81: Orientación y Desviación del Captador Solar
Fuente: Autor del Proyecto

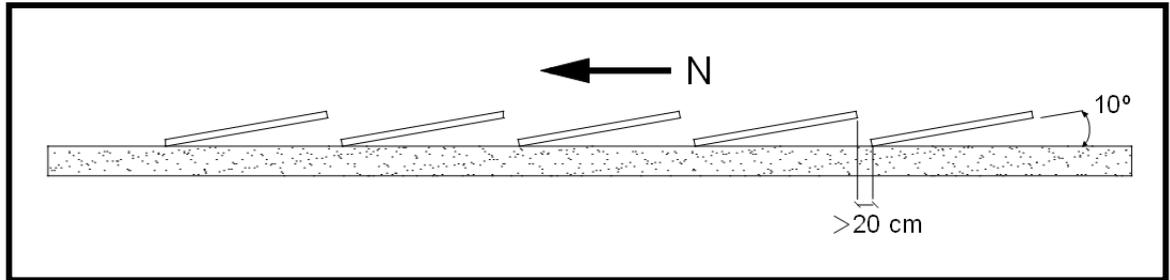


Fig. 82: Posicionamiento de Colectores en la Terraza
Fuente: Autor del Proyecto

f.3.3.4. Energía Solar de Aportación

La energía se ha tomado según la propuesta de la normativa NEC de **60 %**

f.3.3.4.1. Energía Media Incidente (Q_{MI})

El factor de corrección promedio es:

$$k_{prom} = 0,99$$

Y la energía media incidente:

$$Q_{MI} = 14,42 \frac{MJ}{m^2} \text{ diarios}$$

$$Q_{MI} = 4 \frac{kWh}{m^2} \text{ diarios}$$

f.3.3.4.2. Radiación Promedio durante Insolación Diaria

El cálculo se realiza considerando 7 horas de radiación solar que serían de 9 AM a 16 PM.

$$E_{Glob} = 0,573 \text{ kW/m}^2$$

$$E_{Glob} = 573,5 \text{ W/m}^2$$

f.3.3.5. Eficiencia del colector

f.3.3.5.1. Diferencia de Temperaturas en el Colector

Se considera el valor sugerido por el CTE.

$$T_m = 45 \text{ }^\circ\text{C}$$

Y la diferencia de temperaturas entre el colector y el medio ambiente es:

$$\Delta T_{col} = 27 \text{ }^\circ\text{C}$$

f.3.3.5.2. Rendimiento Promedio

El valor dado por el fabricante del colector CR12S8 para el rendimiento óptico es:

$$\eta_0 = F_R(\tau\alpha) = 0,808$$

El valor $F_R U_L$ tomado de la Tabla 4 es

$$F_R U_L = 7 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Entonces la eficiencia con estos valores será:

$$\eta_{col} = 0,478$$

f.3.3.5.3. Aportación Media Diaria por m^2 de Colector Solar

La aportación energética por metro cuadrado de colector será entonces:

$$Q_{Ap} = 1,92 \frac{kWh}{m^2} \text{ al día}$$

$$Q_{Ap} = 6,91 \frac{MJ}{m^2} \text{ al día}$$

f.3.3.6. Superficie Captadora Necesaria.

$$S_{nec} = 355,64 m^2$$

f.3.3.6.1. Superficie Captadora de Aportación

Considerando la aportación intuida por la NEC.

$$S_{Ap} = 213,38 m^2$$

f.3.3.6.2. Número de Colectores

El dato de S_{UC} (Superficie Útil del Colector), es:

$$S_{UC} = 2,58 m^2$$

Entonces el número de captadores es:

$$n_{Col} \approx (82,7)$$

$$n_{Col} = 83$$

Para poder distribuirlos equitativamente en filas el número será de **84** colectores **Chromagen CR 12S8** para el 60% del calentamiento de ACS.

$$n_{\text{Col}} = 84 \text{ Colectores}$$

f.3.3.6.3. Superficie de Captación Instalada

El área neta de captación que formará el grupo de colectores es:

$$S_{\text{Inst}} = 216,72 \text{ m}^2$$

f.3.3.7. Ubicación de los Colectores Solares

Los captadores serán colocados en la terraza, tal como se detalla en el Plano 10 en Anexos y como lo indica la Figura 83, siendo a 10° de la horizontal de la terraza y con la misma orientación del edificio estudiado.

En los alrededores de este centro hospitalario no existen árboles de gran tamaño, ni edificios más altos, por lo que el riesgo de sombras no existe y es adecuado para proceder a ubicar los colectores.

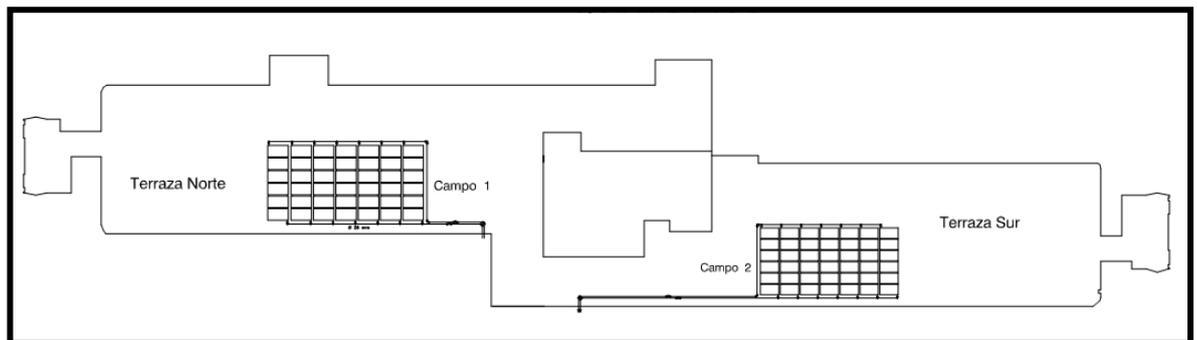


Fig. 83: Ubicación de Campos Colectores en Terraza del HIAL
Fuente: Autor del Proyecto

f.3.3.8. Disposición de los Colectores

La disposición de los 84 colectores son dos grupos de 42 colectores cada uno para poder integrarlos a cada ala del edificio. Cada grupo está denotado como **C1** y **C2**.

Entonces la superficie de cada conjunto queda expresada como:

$$S_{\text{C1}} = 108,36 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{C2}} = 108,36 \text{ m}^2$$

Cada conjunto está formado por 7 filas de 6 colectores cada una conectados en paralelo y unidas a una red de Ida-Caliente y Retorno-Frío. Tal como lo indica la Figura 84.

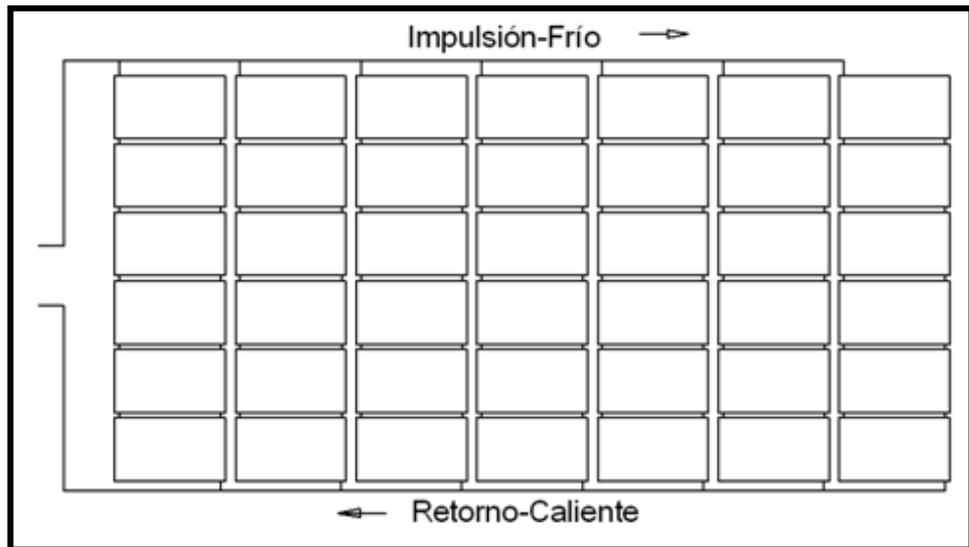


Fig. 84: Conexión de los Captadores
Fuente: Autor del Proyecto

f.3.3.9. Soportación de Colectores

Los colectores deberán ser fijados para mantener la inclinación correspondiente a soportes de aluminio que pueden ser otorgados por la misma casa fabricante de los colectores o también pueden ser fabricados de Perfil de Aluminio y empotrados al piso con ayuda de bases de hormigón (Fig.85).

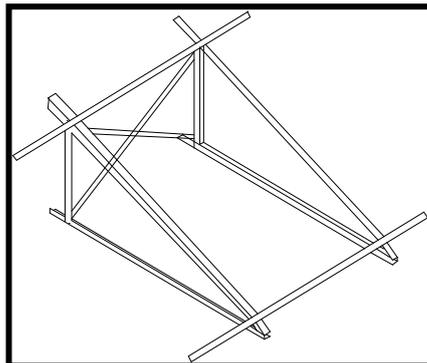


Fig. 85: Soporte Base para Instalación de Colectores
Fuente: Elaboración Propia

f.3.4. Subsistema de Acumulación

f.3.4.1. Volumen de Acumulación Solar

Si el volumen de acumulación calculado es de:

$$V_{AC-ACS} = 7,2 \text{ m}^3$$

El volumen inmediatamente superior es de **7500 litros**, del que se pueden deducir tres volúmenes para tres tanques:

- Interacumulador solar de 2500 litros para el Campo 1
- Interacumulador solar de 2500 litros para el Campo 2
- Acumulador solar de 2500 litros para el sistema de apoyo

Que en conjunto forman un volumen de acumulación total de:

$$V_{AT} = 7500 \text{ l}$$

f.3.4.2. Tanques de Acumulación Solar

Se ha escogido modelos sencillos de acumuladores que tienen un intercambiador de serpentín interior, denominados interacumuladores.

El modelo escogido para la acumulación solar de agua, para el C1 y C2 es un modelo **MV2500IS** de la marca **Lapesa**, que presenta las siguientes características (Tabla.23).

Tabla 23: Características Interacumulador Lapesa MV2500IS.

Lapesa MV2500IS	
Capacidad	2500 litros
Temperatura Máxima	100°C
Capacidad Serpentín	45,6 litros
Superficie de Intercambio	5,7 m ²

Fuente: Catalogo de Tanques Lapesa

Es un depósito de gran capacidad, con un serpentín de intercambio de calor provisto para ACS, cuyas características restantes las podemos ubicar en Anexos.

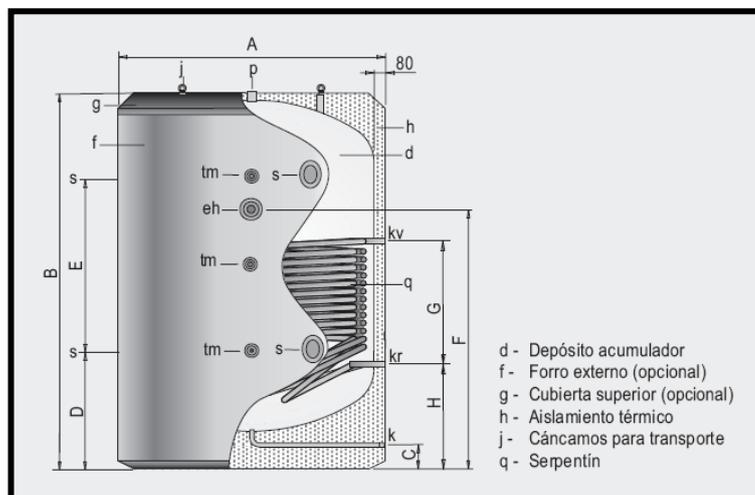


Fig. 86: Interacumulador Solar Seleccionado

Fuente: Catalogo de Tanques LAPESA

f.3.4.3. Ubicación De Los Tanques Acumuladores

Tanto los interacumuladores solares como el acumulador de apoyo estarán ubicados en la sala de calderas junto a los sistemas de bombeo, semejante a la Figura 87.

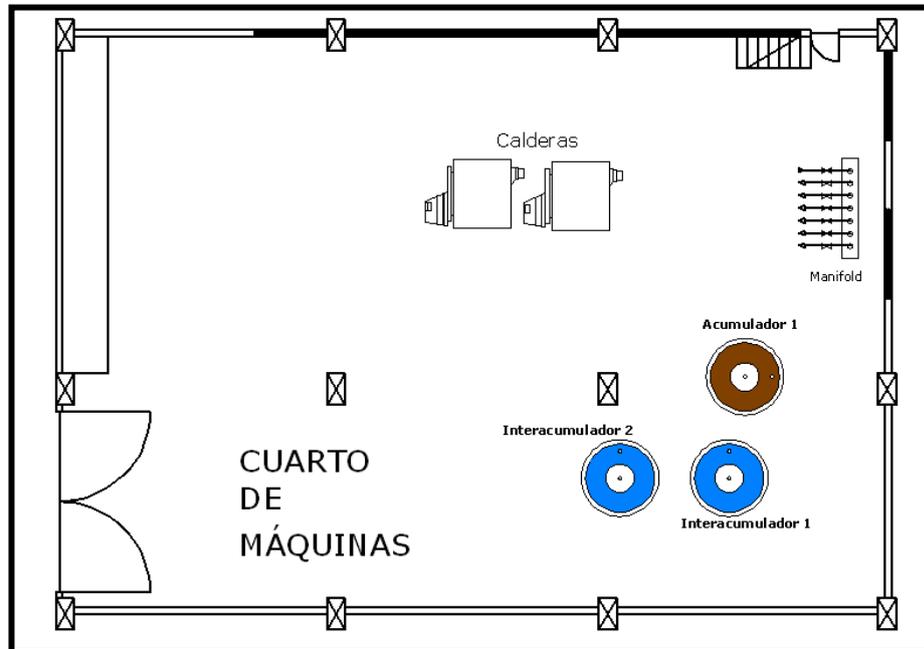


Fig. 87: Ubicación Propuesta de los Tanques
Fuente: Elaboración Propia

f.3.5. Circuitos Hidráulicos

f.3.5.1. Tipo de Tubería

El material escogido para las tuberías de conducción de fluido caloportador es Cobre (Tabla.24) cumpliendo la normativa NEC utilizada para el circuito impulsión del Campo 1 y Campo 2.

Tabla 24: Características de la Tubería de Cobre

Material	Cobre
Tipo	L
Longitud por Tubo	6 m
Rugosidad Absoluta ϵ	0,0015 mm

Fuente: Catálogo MADECO

f.3.5.1.1. Longitud de los Circuitos Solares

Tenemos dos circuitos que parten desde los tanques de acumulación en la sala de máquinas hasta la terraza donde son conectados a los colectores.

f.3.5.1.1.1. Longitudes de Circuitos del Campo 1

- $L_{C1-I} = 81,20 \text{ m}$ Impulsión - Circuito Frío
- $L_{C1-R} = 70,16 \text{ m}$ Retorno- Circuito Caliente
- $L_{Tub C1} = 151,36 \text{ m}$

f.3.5.1.1.2. Longitudes de Circuitos del Campo 2

- $L_{C2-I} = 96,32 \text{ m}$ Impulsión - Circuito Frío
- $L_{C2-R} = 89,24 \text{ m}$ Retorno - Circuito Caliente
- $L_{Tub C2} = 185,56 \text{ m}$

f.3.5.1.2. Caudal de Trabajo

$$q_{Op} = 1,35 \text{ l/s} = 1,35 \text{ E}^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

f.3.5.1.3. Diámetro de la Tubería

Considerando una velocidad de:

$$V_{Op} = 2 \text{ E}^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

El diámetro del tubo es:

$$D_{Tub} = 0,0293 \text{ m} = 29 \text{ mm}$$

f.3.5.1.3.1. Diámetro Nominal

El diámetro a seleccionar para todos los circuitos solares tanto para el Campo1 como para el Campo 2 será inmediatamente superior al diámetro calculado de:

$$\varnothing = 1 \frac{1}{4} \text{ Pulg}$$

$$\varnothing = 32 \text{ mm}$$

Se distinguen en los planos ubicados en Anexos, con las siguientes leyendas (Tabla 25).

Tabla 25: Colores de Referencia de los Circuitos Solares

Tipo	Color de Referencia	Diámetro Nominal
Circuito Solar de Ida		32 mm
Circuito Solar de Retorno		32 mm

Fuente: Autor del Proyecto

f.3.5.1.4. Coeficiente de Rugosidad de las Paredes en Tubería de Cobre

$$\varepsilon_r = 46,87 \text{ E}^{-6}$$

f.3.5.1.5. Velocidad Media del Fluido

El valor recalculado de velocidad del fluido con el diámetro de tubería seleccionada.

$$v_{0p} = 1,684 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

f.3.5.1.6. Número de Reynolds

$$\text{Re} = 113502,7$$

Por tanto el régimen correspondiente a este número de Reynolds:

$$4000 < \text{Re}$$

4000 < 113502 Régimen Turbulento

f.3.5.1.7. Factor de Fricción

$$f = 0,0177$$

f.3.5.2. Pérdidas en Tubería de Impulsión Campo 1

f.3.5.2.1. Pérdida de Carga por Fricción

Las pérdidas por fricción en la línea de impulsión del Campo 1, es:

$$h_f = 6,5 \text{ m}$$

f.3.5.2.2. Pérdidas de Carga Secundarias

Tomamos como base la Tabla 1 de coeficientes de pérdidas menores..

Accesorio	K	Cantidad	K Total
Te	0,6	4	2,4
Codos	0,8	11	8,8
Válvulas	0,2	2	0,4

$$h_s = 1,67 \text{ m}$$

f.3.5.2.3. Pérdidas por Velocidad

$$h_v = 0,117 \text{ m}$$

f.3.5.2.4. Altura de Desnivel

La altura comprendida entre el nivel más bajo de la instalación (Cuarto de máquinas) y la terraza en donde se encuentran los campos colectores es aproximadamente:

$$h_{\text{Desnivel}} = 18 \text{ m}$$

f.3.5.2.5. Pérdidas Totales C1-I

$$H_{\text{C1-I}} = 26,32 \text{ mca}$$

f.3.5.3. Pérdidas en Tubería de Impulsión Campo 2

f.3.5.3.1. Pérdida de Carga por Fricción

$$h_f = 7,71 \text{ m}$$

f.3.5.3.2. Cálculo de la Pérdida de Cargas Secundarias

Accesorio	K	Cantidad	K Total
Te	0,6	4	2,4
Codos	0,8	10	8
Válvulas	0,2	2	0,4

$$h_s = 1,56 \text{ m}$$

f.3.5.3.3. Pérdidas por Velocidad

$$h_v = 0,144 \text{ m}$$

f.3.5.3.4. Altura de Desnivel

Esta distancia es la misma que la altura de desnivel del Campo 1:

$$h_{\text{Desnivel}} = 18 \text{ m}$$

f.3.5.3.5. Pérdidas Totales C2-I

La pérdida de carga total en el circuito de impulsión del Campo 2 es:

$$H_{\text{C2-I}} = 27,4 \text{ mca}$$

f.3.6. Bombas de Circulación

- **Pérdida de Carga en Colectores**

El fabricante del colector nos da una pérdida de carga de:

$$h_{\text{Col}} = 0,343 \text{ mca}$$

- **Pérdida de Carga en Intercambiador Solar de Serpentin**

$$h_{\text{Serp}} = 10 \text{ mbar}$$

$$h_{\text{Serp}} = 0,1 \text{ mca}$$

- **Presión mínima de trabajo del colector**

La presión máxima a la que se expondrá el colector es de **12 bares**, la mínima será de:

$$p_{\text{Col}} = 1 \text{ bar}$$

$$p_{\text{Col}} = 0,1 \text{ MPa}$$

$$p_{\text{Col}} = 10,19 \text{ mca}$$

- **Caudal de Trabajo**

Este caudal es el caudal calculado anteriormente

$$q_{\text{Op}} = 0,00135 \text{ m}^3/\text{s} = 81,3 \text{ l}/\text{min}$$

f.3.6.1. Altura Dinámica Total HDT

f.3.6.1.1. HDT en el Campo 1

$$HDT_{\text{C1}} = 36,95 \text{ mca}$$

f.3.6.1.2. HDT en el Campo 2

$$HDT_{\text{C2}} = 38,05 \text{ mca}$$

f.3.6.2. Selección Equipos de Bombeo

Se ha elegido una bomba de la Marca PEDROLLO con características propias para la impulsión de Agua Caliente seleccionada de la siguiente curva característica de la bomba (Fig. 88) en donde se extraerá el modelo de la misma.

- **Equipos de Bombeo**

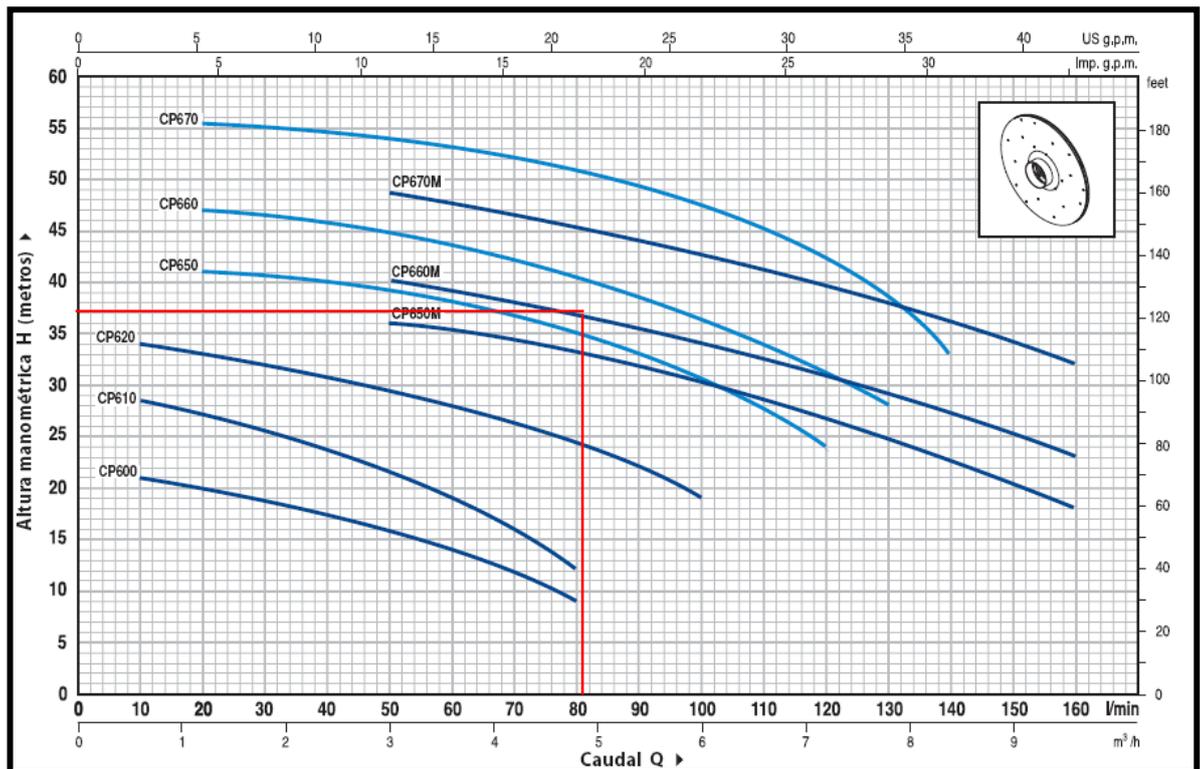


Fig. 88: Curva Característica B1y B2
Fuente: Catalogo de Bombas PEDROLLO

- El equipo de Bombeo 1 (B1) pertenece al Conjunto 1 y está formado por 2 bombas **PEDROLLO Modelo CP660M de 2 HP**
- El equipo de Bombeo 2(B2) pertenece al Conjunto 2, de características parecidas, también estará formado por 2 bombas **PEDROLLO Modelo CP660M de 2 HP**

f.3.7. Volumen de Expansión

f.3.7.1. Capacidad de Colectores Solares

El fabricante del colector **CR12S8** nos proporciona una capacidad de fluido de 1,7 litros:

$$V_{\text{Col}} = 0,0017 \text{ m}^3 \times \text{Colector}$$

El volumen de captación en un Campo solar de 42 colectores es:

$$V_{\text{Cap}} = 0,0714 \text{ m}^3$$

f.3.7.2. Volumen del Intercambiador Solar

Así mismo, según el fabricante el volumen en el intercambiador del tanque Lapesa MV2500IS es de:

$$V_{\text{Int}} = 45,6 \text{ litros}$$

$$V_{\text{Int}} = 0,456 \text{ m}^3$$

f.3.7.3. Volumen de Expansión del Campo 1

f.3.7.3.1. Volumen de las Tuberías

El área circular de la tubería:

$$A_{\text{Tub}} = 804,25 \text{ E}^{-6} \text{ m}^2$$

Entonces el volumen total de las tuberías es:

$$V_{\text{Tub}} = 121,73 \text{ litros}$$

$$V_{\text{Tub}} = 0,121 \text{ m}^3$$

f.3.7.3.2. Volumen Total Campo 1

El volumen total de fluido del Campo 1 es:

$$V_{\text{C1}} = 238,73 \text{ litros}$$

$$V_{\text{C1}} = 0,238 \text{ m}^3$$

f.3.7.3.3. Masa de Agua en el Campo 1.

$$m_{\text{C1}} = 238,46 \text{ Kg}$$

f.3.7.3.4. Volumen Específico Máximo y Mínimo

El volumen específico mínimo es:

$$v_{\text{min}} = 1,0011 \text{ E}^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$$

Y el volumen específico máximo es:

$$v_{\text{max}} = 1,017 \text{ E}^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$$

f.3.7.3.5. Volumen Total de Vaso de Expansión 1

$$V_{\text{Exp 1}} = 0,0056 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Exp 1}} = 5,68 \text{ litros}$$

f.3.7.4. Volumen de Expansión del Campo 2

f.3.7.4.1. Volumen de las Tuberías

El área circular de la tubería es similar al anterior:

$$A_{\text{Tub}} = 804,25 \text{ E}^{-6} \text{ m}^2$$

Entonces el volumen de las tuberías es:

$$V_{\text{Tub}} = 149,23 \text{ litros}$$

$$V_{\text{Tub}} = 0,149 \text{ m}^3$$

f.3.7.4.2. Volumen Total Campo 2

En el campo 2 el volumen total de fluido caloportador es:

$$V_{\text{C2}} = 266,23 \text{ litros}$$

$$V_{\text{C2}} = 0,266 \text{ m}^3$$

f.3.7.4.3. Masa de Agua en el Campo 2

$$m_{\text{C2}} = 265,94 \text{ Kg}$$

f.3.7.4.4. Volumen Específico Máximo y Mínimo

$$v_{\text{min}} = 1,0011 \text{ E}^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$$

Y el volumen específico máximo es:

$$v_{\text{max}} = 1,017 \text{ E}^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$$

f.3.7.4.5. Volumen Total de Vaso de Expansión

$$V_{\text{Exp 2}} = 0,00634 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Exp 2}} = 6,34 \text{ litros}$$

f.3.7.5. Vaso de Expansión

El vaso de expansión seleccionado es de volumen inmediatamente superior como el ESCOSOL modelo 8 SMF de 8 litros de capacidad con las siguientes características (Tabla 26).

Tabla 26: Características Técnicas de Vaso de Expansión

Marca	SALVADOR ESCODA
Modelo	8 SMF
Capacidad	8 litros
Presión Máxima	10 bar
Dimensiones D × H	200 × 335
Conexión	¾ "

Fuente: Catálogo de Productos Salvador Escoda

f.3.8. Aislamiento Térmico

El aislamiento de las tuberías de conducción de fluido caloportador se realizará con espuma de poliuretano. Cuyas características están dadas en la Tabla 27.

Tabla 27: Características del Aislamiento Seleccionado

Tipo	Poliuretano
Densidad	35 Kg/m ³
Coefficiente de conductividad Térmica	0,20 W/m°C

Fuente: Catalogo de aislamientos ARMACELL

El espesor aplicado del mismo será de 20 mm en tramos interiores y de 30 mm en tramos exteriores de la edificación (Tabla 7.)

f.3.8.1. Superficie Total de Aislamiento Térmico.

En la siguiente tabla se deduce las longitudes totales de tubería a aislar en el sistema solar:

Tabla 28: Superficies Necesarias de Aislamiento Térmico

Circuito Solar	Diámetro de Tubería (mm)	Perímetro (m)	Aproximado Tubería de 6m	Superficie (m²)
C1	32	0,1	156	16,6
C2	32	0,1	186	18,6
Superficie Total de Aislamiento				34,2

Fuente: Autor del Proyecto

f.4. SISTEMA DE APOYO

La fuente energética al alcance, más apta para el calentamiento es el vapor de agua proveniente de dos calderas, con quemadores de gasóleo cuyo vapor producido elevará el agua de consumo hasta los 60°C requeridos:

- La primera es una Caldera Fulton MVP100 de 100 BHP
- La segunda es una LAMBDA de 80 BHP

Ambas se encuentran actualmente en funcionamiento y están ubicadas en el cuarto de máquinas del HIAL. Significa que la potencia instalada actualmente en el hospital es de 180 BHP. Con estas calderas se alimentan los circuitos secundarios de vapor para Lavandería y Esterilización.



Fig. 89: Caldera FULTON MVP100 instalada en HIAL
Fuente: Catalogo de Calderas FULTON

f.4.1. Energía Disponible de las Calderas

Las cargas energéticas actuales de algunos servicios son los de la Tabla29, que comparando con las potencias disponibles de cada caldera tenemos:

- 35 BHP libres en la caldera FULTON MVP100,
- 15 BHP en la caldera LAMBDA.

Tabla 29: Demanda Energética Actual de Vapor

ÁREA	Descripción	Cantidad	BHP	Lb/h
Lavandería	Secadora Thermatic	1	8,7	300
	Secadora Thermatic	1	4,7	162
	Secadora Cissel	1	10	345
	Plancha Pequeña Ajax Press 222	4	0,37	12,8
	Plancha Mediana Ajax Press 451	2	1.75	60,4
	Lavadora Huebsch	2	2.39	83
	Lavadora American Laundry 4836	1	2.522	87
	Lavadora American Laundry 4036	1	1.51	52
	Lavadora Metramo LF55C	1	2.5	86
	Subtotal Lavandería			39.7
Cocina	Marmita Dover 50Gal	3	3.3	114
	Marmita Dover 15Gal	1	1.48	51
	Marmita Dover 10Gal	1	1.3	46
	Marmita Dover 5Gal	1	0.78	27
	Batidora de pan Dover 15gal	1	1.48	51
	Subtotal Cocina			15
Esterilización	Autoclave AMSCO Calderín 20kW	1	2.04	70.38
	Autoclave MBG Calderín 27KW	3	2.754	95.02
	Subtotal Esterilización			10,3
TOTAL= Lavandería + Cocina + Esterilización			65	2242

Fuente: Archivo Hospital Isidro Ayora.

f.4.1.1. Potencia Necesaria

f.4.1.1.1. Masa de Agua a Calentar

$$m_{ACS} = 7492,2 \text{ kg}$$

f.4.1.2. Flujo Másico por el Intercambiador

$$\dot{m}_{ACS} = 0,308 \text{ Kg/s}$$

f.4.1.3. Potencia mínima

$$\dot{Q} = 56,91 \frac{\text{KJ}}{\text{s}} = 56,91 \text{ KW}$$

Seleccionado una eficiencia mínima del 70%, la potencia del equipo calentador es:

$$P_{IP} = 81,3 \text{ KW}$$

f.4.2. Sistema de Intercambio de Calor

Por tratarse de una instalación de Producción de ACS de gran tamaño se requiere utilizar un intercambiador de calor externo que funcione con el vapor generado por las calderas,

f.4.2.1. Configuración Fundamental.

La configuración del sistema de apoyo cumple con el siguiente esquema (Fig. 90):

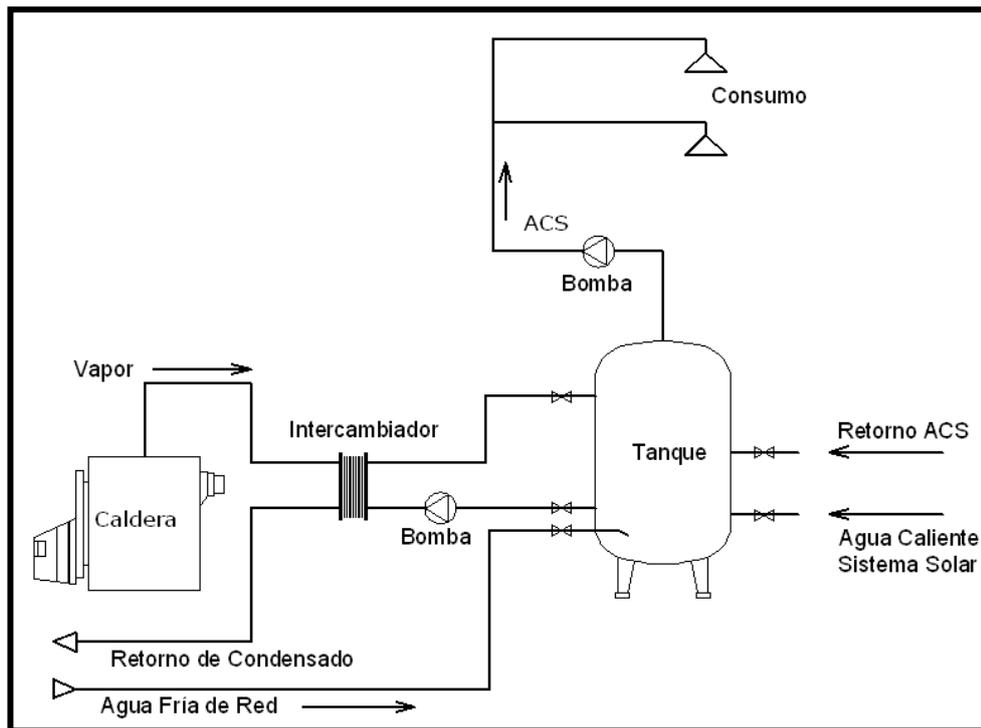


Fig. 90: Esquema del Circuito Auxiliar
Fuente: Autor del Proyecto

f.4.2.2. Dispositivo de Intercambio de Calor

Para la transferencia de calor del vapor al agua se utilizará un intercambiador de calor externo al tanque, en este caso el intercambiador a usarse será uno de placas planas que son los más usados en calefacción, y el rendimiento del intercambiador será de 0,7.

f.4.2.2.1. Selección del Intercambiador de Calor

El modelo escogido es de la marca Alfa Laval modelo M3-FM (Fig.91), que es un intercambiador usado para refrigeración y calefacción, además el calentamiento se puede realizar con vapor.



Fig. 91: Intercambiador Alfa Laval- M3 FM
Fuente: Catálogo de productos ALFA LAVAL

Cuyas características son las siguientes (Tabla.30):

Tabla 30: Características Técnicas Intercambiador M3-FM

Marca	Alfa-Laval
Modelo	M3-FM
Caudal Máximo de Líquido	4 Kg/s
Potencia de Calentamiento con Vapor	50 KW - 250 KW
Temperaturas de Diseño	180 °C
Dimensiones	480mm×180 mm ×240-500 mm
Presión de diseño	1,6 MPa
Superficie Máxima de Intercambio	3,9 m ²
Superficie de Transferencia por Placa	0,032 m ²
Conexiones Primario/Secundario	26 mm
Coefficiente Transferencia de Calor	3500- 5500 W/m ² °C

Fuente: Catálogo de Productos Alfa-Laval

f.4.2.3. Coeficiente Global de Transferencia de Calor OHTC

El coeficiente de transferencia de calor que posee este intercambiador es de 3500-5500 W/m²°C. El valor seleccionado para este caso es de:

$$\text{OHTC} = 3500 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

f.4.2.4. Diferencia de Temperatura Media Logarítmica MLTD

La temperatura máxima admisible del intercambiador de calor es 140 °C, entonces se ha de seleccionar el valor de 130°C y con 50 °C de salida para obtener las diferencias de temperatura:

Tabla 31: Diferencias de Temperaturas de entrada y Salida

Fluido Caliente (°C)		Fluido Frio (°C)	
130	Alta Temperatura	60	60
40	Baja Temperatura	16	23

Fuente: Autor del Proyecto

$$MLTD = 42,97 \text{ } ^\circ\text{C}$$

f.4.2.5. Área de Intercambio de Calor

Entonces el área de intercambio es:

$$A_I = 0,54 \text{ m}^2$$

f.4.2.5.1. Número de Placas del Intercambiador

La superficie de transferencia de cada placa según la Tabla 25, del fabricante ALFA-LAVAL es:

$$S_{\text{placa}} = 0,032 \text{ m}^2$$

Y el número de placas es:

$$N_{\text{placas}} = 17 \text{ placas}$$

f.4.2.6. Consumo de Vapor de Agua

Se utiliza la producción de vapor para una libra de condensado;

$$1 \text{ BHP} = 9810 \text{ W}$$

Si la demanda energética es de 56,9 KW, este valor en potencia BHP es:

$$P = 5990 \times \frac{1}{9810}$$

$$P = 5,8 \text{ BHP}$$

Se tiene que 1 BHP=34,5 lb/h de vapor, el flujo total diario de vapor es:

$$5,8 \times 34,5$$

$$\text{Flujo de Vapor} = 200 \frac{\text{lb}}{\text{h}} \text{ de vapor}$$

f.4.3. Tubería de Traslado de Vapor

A la temperatura de vapor de 130 °C le corresponde una presión de:

$$P_{\text{Vap}} = 270,1 \text{ kPa} \text{ ó } P_{\text{Vap}} = 39,17 \text{ psi}$$

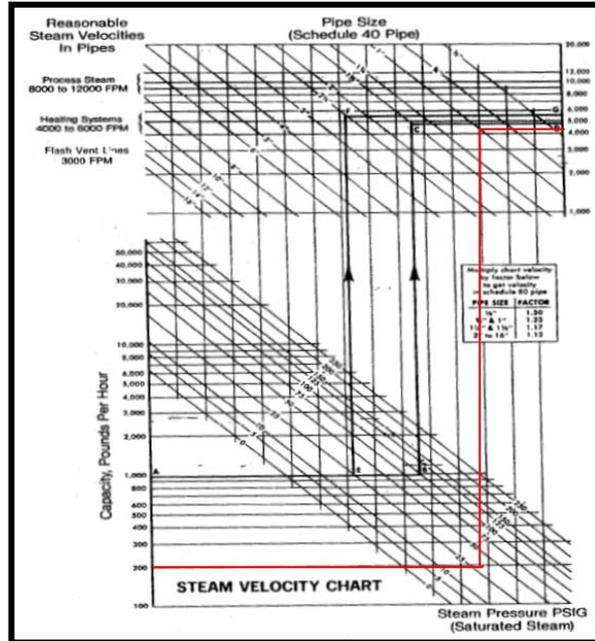


Fig. 92: Selección del Diámetro de la tubería de vapor
Fuente: SpiraxSarco

Entonces el diámetro de la tubería para vapor es de:

$$D_{\text{Tub}} = 1 \text{ pulg} = 26 \text{ mm}$$

f.4.4. Equipo de Bombeo 4

f.4.4.1. Pérdidas de Carga Primarias.

Tabla 32: Perdidas Primarias Circuito de Apoyo

TRAMO	L (m)	D (m)	q (m ³ /s)	εr	v (m/s)	Re	f	hf (m)	hv (m)
Apoyo	4	0,026	0,00209	5,769 E-05	3,948	216147	0,0158	1,93	0,7955

Fuente: Autor del Proyecto

f.4.4.2. Pérdidas de Carga Secundarias

Tomando el 10% de las perdidas primarias, este valor es:

$$h_s = 0,194$$

f.4.4.3. Pérdida de Carga en Intercambiador

$$h_{\text{Int}} = 2 \text{ mca}$$

f.4.4.4. Caída de Presión Total en Circuito de Apoyo

$$H_{\text{Apoyo}} = 4,92 \text{ mca}$$

f.4.4.5. Selección de la Bomba

Para esta bomba recirculadora están las características de selección son:

- **Caudal de Bombeo:** Se seleccionara el caudal máximo al que estaría esforzado el sistema auxiliar en caso de no existir contribución solar.

$$q = 2,1 \text{ l/s} = 7,56 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **Altura Manométrica**

$$H_{\text{Apoyo}} = 4,92 \text{ mca}$$

En este caso nos inclinaremos por una bomba marca GRUNDFOS cuyas características son suficientes para la recirculación de ACS seleccionada de la Fig.93.

TABLA DE SELECCIÓN		Caudal Q																			
		m ³ /h →	0	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	28	32	36	40	44	50	60
Modelo		Altura en mca.																			
UPS 32-30		2,5	2,0	1,6	1,0	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 32-60		5,1	4,8	4,2	3,5	2,5	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 32-120/2		9,9	9,1	8,3	7,3	5,9	4,2	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 40-30/4		2,4	2,1	2,0	1,7	1,3	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 40-60/2		4,9	4,7	4,4	4,1	3,7	3,2	2,6	2,0	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 40-60/4		6,5	5,9	5,5	5,0	4,4	3,8	3,0	2,2	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 40-120/2		9,5	9,1	8,8	8,3	7,6	6,6	5,5	4,3	2,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 40-180/2		13,1	12,5	12,0	11,4	10,5	9,6	8,4	7,1	5,6	3,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 40-185/2		17,2	15,1	13,8	12,4	10,8	9,2	7,4	5,7	3,9	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 50-30/4		2,5	2,4	2,2	2,1	1,9	1,6	1,4	1,1	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 50-60/2		6,2	5,8	5,7	5,5	5,3	5,0	4,6	4,2	3,7	3,2	2,6	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-

Fig. 93: Tabla de Selección de Bombas UPS
Fuente: Catálogo de Bombas GRUNDFOS

- El equipo de Bombeo 4 (B4), del circuito de apoyo estará formado por 1 bomba **GRUNDFOS Modelo UPS 40-60/4**

f.5. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ACS

f.5.1. Caudales

Tabla 33: Cantidad de Aparatos Sanitarios

APARATO SANITARIO	Cantidad
Lavamanos	104
Duchas	38
Tinas	9
Lavavajillas	5

Fuente: Autor del Proyecto

f.5.1.1. Caudales Instantáneos

Tabla 34: Caudales Instantáneos Mínimos

APARATO SANITARIO	Caudal Instantáneo Mínimo de ACS(l/s)
Lavamanos(Lavabo)	0,065
Ducha	0,10
Tina(Bañera)	0,20
Lavavajillas	0,20

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

f.5.1.2. Caudal Máximo Instantáneo de cada Tramo

Tabla 35: Caudales Instantáneo de cada Tramo.

TRAMO	APARATOS				q Instantáneo (l/s)
	Lavamanos	Duchas	Tinas	Lavavajillas	
10-10R	7	0	1	0	0,655
20-20R	16	2	4	5	3,04
30-30R	45	18	2	0	5,125
40-40R	36	18	2	0	4,54

Fuente: Autor del Proyecto

f.5.1.3. Caudales de Mínimos Simultáneos de Distribución

Tabla 36: Caudales Simultáneo de cada Tramo.

TRAMO	Numero Aparatos	q Instantáneo(l/s)	k_s	q Simultáneo(l/s)	
10-10R	q_{10}	8	0,655	0,37796447	0,2475
20-20R	q_{20}	27	3,04	0,19611614	0,596
30-30R	q_{30}	65	5,125	0,125	0,64
40-40R	q_{40}	56	4,54	0,13483997	0,617

Fuente: Autor del Proyecto

f.5.1.4. Caudal de Suministro

El caudal de suministro a las cuatro redessera el caudal entregado por la bomba.

$$q_B = 2,1 \text{ l/s} = 0,0021 \text{ m}^3/\text{s}$$

f.5.1.5. Caudal de Retorno de ACS

Es un 10% del caudal de bombeo:

$$q_R = 0,21 \text{ l/s} = 2,1 \text{ E}^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

f.5.2. Volumen del Acumulador 1

La distribución de ACS comprende las partes de: Tanque central, Equipo de bombeo, la red de tuberías, y los artefactos del edificio. Tal como se indica en la ilustración94.

f.5.2.1. Tanque Central

En nuestro caso puesto que existen tres tanques de acumulación, el tercer tanque (AC 1) es el tanque central donde el agua se preparada a la temperatura de 60°C (Fig.94).

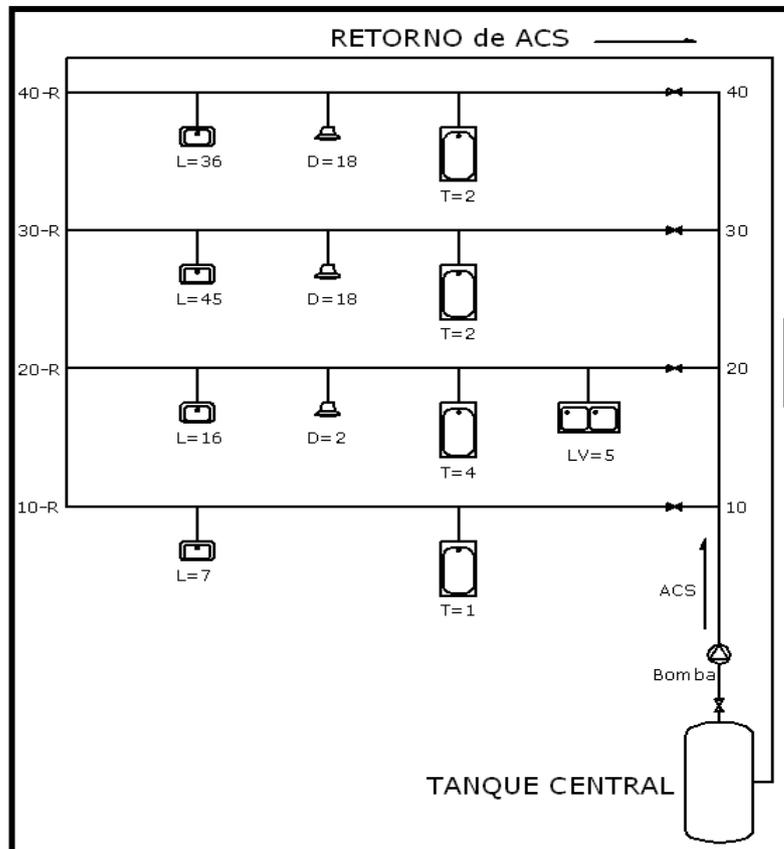


Fig. 94: Esquema del Sistema de Distribución de ACS
Fuente: Autor de proyecto

El volumen de este tanque es:

$$V_{AC1} = 2500 \text{ litros}$$

f.5.2.2. Selección del Tanque Acumulador Central

El tanque acumulador elegido es de la marca Lapesa Modelo **MVV2500RB**(Fig.95)el mismo que es apto para el almacenamiento del ACS y con varias conexiones para realizar diferentes configuraciones.

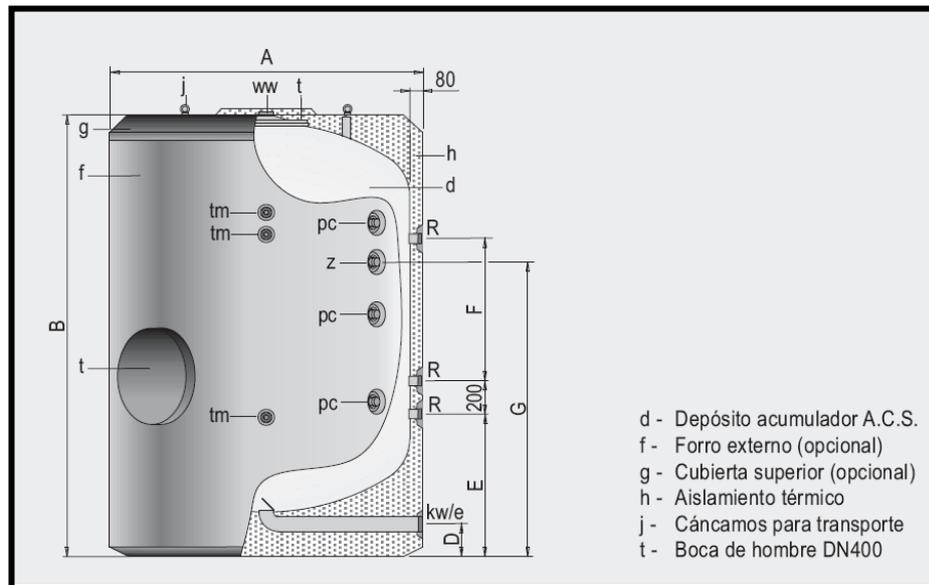


Fig. 95: Tanque Acumulador Central Seleccionado

Fuente: Catálogo de Productos Lapesa.

Y sus datos característicos de este tanque en la tabla 37.

Tabla 37: Características acumulador Lapesa MVV2500RB.

Lapesa MVV2500RB	
Capacidad	2500 litros
Temperatura Máxima	90°C
Peso	630 kg

Fuente: Catalogo de Tanques Lapesa

f.5.2.3. Ubicación del Tanque central de ACS

Al igual que el caso anterior del **IA1** e **IA2** el Acumulador de ACS **A1** será ubicado en la sala de máquinas justamente cerca a los demás equipos que conforman la instalación (Fig.96).

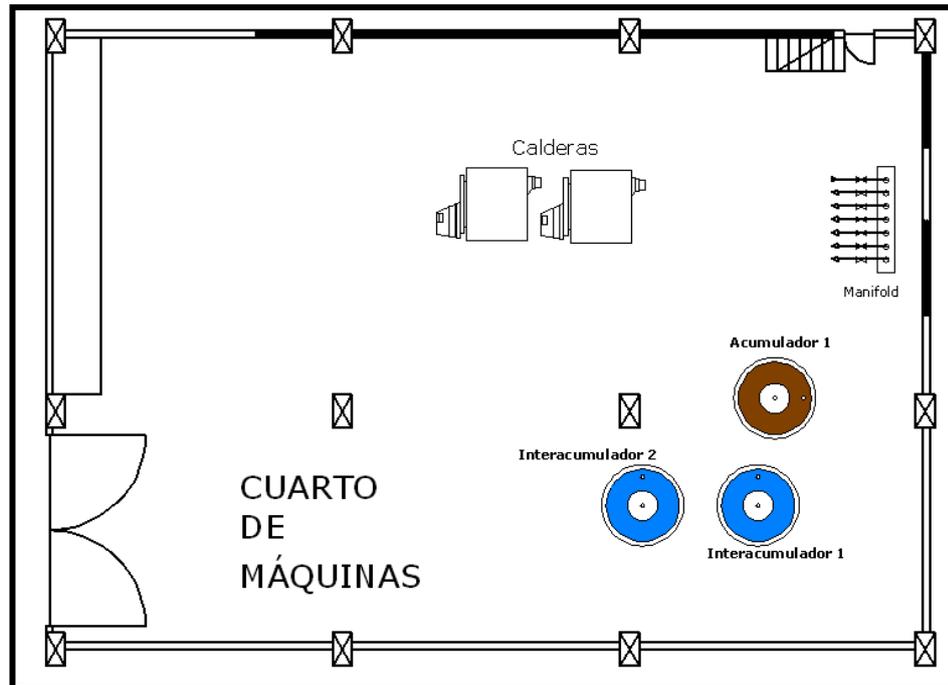


Fig. 96: Ubicación Propuesta de los Tanques
Fuente: Elaboración Propia

f.5.3. Redes Hidráulicas

Se ha escogido la configuración adecuada que es una red centralizada de distribución, con retorno de ACS apropiado para grandes instalaciones, indicada en la Figura 90.

La red diseñada comprende una tubería principal, con cuatro ramales de distribución: 10, 20, 30,40 correspondientes a las plantas 1, 2,3, y 4. Así como sus correspondientes puntos de unión a la tubería de retorno.

f.5.3.1. Selección de tipo de Tubería

La tubería escogida es de Cobre (Tabla.38) más adecuado y usado para ACS.

Tabla 38: Características de la Tubería Seleccionada

Material	Cobre
Tipo	L
Longitud por Tubo	6 m
Rugosidad Absoluta ϵ	0,0015 mm

Fuente:www.madeco.com

f.5.3.2. Diámetros de Distribución

f.5.3.2.1. Diámetros de losRamales

Considerando una velocidad de diseño:

$$v = 1,5 \text{ m/s}$$

Los diámetros quedan dados como:

Tabla 39: Diámetros calculados para el transporte de ACS por Ramales

RAMAL	Caudal Circulante (m³/s)	Velocidad (m/s)	Diámetro (m)
0-10	0,002096	1,5	0,04218
10-20	0,001848	1,5	0,03961
20-30	0,001252	1,5	0,03260
30-40	0,000612	1,5	0,02279
40-40R	0,000612	1,5	0,02279

Fuente: Elaboración Propia

f.5.3.2.2. Diámetros Característicos del Levantamiento

Por ende los diámetros aproximados elegidos para las tuberías son:

Tabla 40: Diámetro de Cada Sección.

RAMAL	Diámetro (mm)	Diámetro Nominal (pulgadas)	Diámetro (mm)
0-10	42≈51	2 pulg	51
10-20	39≈51	2 pulg	51
20-30	33≈38	1 1/2 pulg	38
30-40	23≈ 26	1 pulg	26
40-40R	23≈ 26	1 pulg	26
30-30R	26	1 pulg	26
20-20R	26	1 pulg	26
10-10R	26	1 pulg	26
40R-0R	26	1 pulg	26

Fuente: Autor del Proyecto

f.5.3.2.3. Diámetros de las derivaciones de Aparatos

Según el NEC los diámetros de acometida tendrán un diámetro estándar de **16 mm**:

Tabla 41: Diámetro de las derivaciones en cada Tramo

TRAMO 10-10R		TRAMO 20-20R		TRAMO 30-30R		TRAMO 40-40R	
Derivación	D (mm)	Derivación	D(m m)	Derivación	D(mm)	Derivación	D(mm)
10-A, 10-B, 10-C, 10-D, 10-E, 10-F	16	20-A, 20-B, 20-C, 20-D, 20-E, 20-F, 20-G, 20-H	16	30-A, 30-B, 30-C, 30-D, 30-E, 30-F, 30-G, 30-H, 30-I, 30-J,	16	40-A, 40-B, 40-C, 40-D, 40-E, 40-F, 40-G, 40-H, 40-I, 40-K, 40-L, 40-M, 40-O	16

Fuente: Autor del Proyecto

Las tuberías están clasificadas por diámetros y por tipo de distribución y distinguidas por un respectivo color en los planos, (Tabla 42) siendo:

Tabla 42: Colores de Referencia de Redes

Tipo	Color de Referencia	Diámetro (mm)
Red de ACS		51 mm , 38 mm,26 mm,16mm
Red de Retorno de ACS		26 mm

Fuente: Elaboración Propia

f.5.3.3. Superficie de Aislamiento

Tabla 43: Superficie de Aislamiento en la red de distribución.

Diámetro de Tubería (mm)	Perímetro (m)	Longitud Total (m)	Aproximado Tubería de 6m	Superficie (m ²)
16	0,05	641,64	642	32,27
26	0,081	538,18	540	44,1
38	0,12	49,15	54	6,44
51	0,16	27	30	4,8
Superficie Total de Aislamiento				87,6

f.5.3.4. Pérdidas de Carga

f.5.3.4.1. Perdidas Primarias

Tabla 44: Calculo de Perdidas Primaria

RAMAL	L (m)	D (m)	q (m ³ /s)	ϵr	v (m/s)	Re	f	hf
40-OL01	15,13	0,016	0,000249	93,75 E-06	1,240	41791,87	0,0219	1,63
40-400	106,9	0,026	0,000612	5,76 E-05	1,153	63112,88	0,0199	5,56
20-30	49,15	0,038	0,001252	3,94 E-05	1,104	88371,96	0,0185	1,49
0-20	27	0,051	0,002096	2,94 E-05	1,026	110192,90	0,0176	0,50

Fuente: Elaboración Propia

f.5.3.4.2. Pérdidas de Carga Secundarias

Tabla 45: Cálculo de Pérdidas Secundarias

RAMAL	Tee	Codo	Válvula	V. Retención	KTotal	hs	hv
40-OL01	6	2	1	0	5,4	0,424	0,0785
40-400	15	1	1	1	14,7	0,997	0,0678
20-30	1	1	0	0	2,7	0,168	0,0622
0-20	2	2	1	0	5	0,268	0,0537

Fuente: Elaboración Propia

f.5.3.4.3. Caída de Presión Tramo 40–O L101

El accesorio más lejano en este tramo, un lavamanos **L101**, con una presión mínima de:

$$P_{\text{Servicio}} = 2 \text{ mca}$$

La caída de presión del presente tramo es:

$$H_{40-O L101} = 4,13 \text{ m}$$

f.5.3.4.4. Caída de Presión Tramo 40–400

La caída de presión del presente tramo está dada como:

$$H_{40-400} = 6,63 \text{ m}$$

f.5.3.4.5. Caída de Presión Tramo 20-40

El tramo 20-40 tiene un desnivel de:

$$h_{\text{Desnivel}} = 12 \text{ m}$$

Y la caída de presión del es:

$$H_{20-40} = 13,72 \text{ m}$$

f.5.3.4.6. Caída de presión Tramo 0–20

$$h_{\text{Desnivel}} = 5 \text{ m}$$

Cuya caída de presión queda como:

$$H_{0-20} = 6,82 \text{ m}$$

f.5.3.5. Altura Dinámica Total HDT

La altura necesaria a vencer por la bomba es la siguiente:

$$HDT = H_{40-O L101} + H_{40-400} + H_{20-40} + H_{0-20}$$

$$HDT = 31,3 \text{ m. c. a}$$

f.5.4. Sistema de Bombeo

Para la selección de la bomba impulsadora de ACS tenemos los siguientes datos necesarios:

- **Altura Dinámica Total**

$$\text{HDT} = 30,377 \text{ m. c. a}$$

- **Caudal de Bombeo**

$$q_B = 2,1 \text{ l/s}$$

$$q_B = 126 \text{ l/min}$$

f.5.4.1. Selección de Equipo de Bombeo

La bomba elegida es de la Marca PEDROLLO con características propias para la impulsión de ACS seleccionada de la siguiente curva característica de donde se extraerá su modelo (Fig.97).

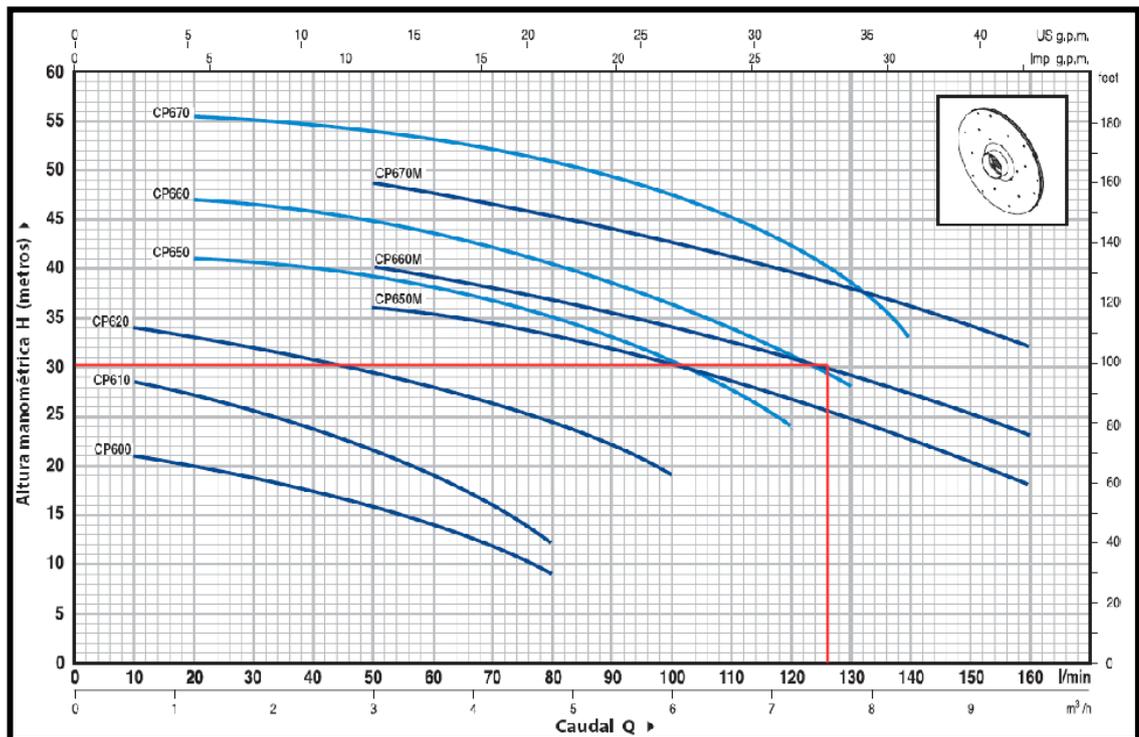


Fig. 97: Curva Característica CP 660M
Fuente: Catalogo de Bombas Pedrollo

- El equipo de Bombeo 3(B3) estará formado por 2 bombas **PEDROLLO Modelo CP660M de 2 HP.**

Tabla 46: Datos Técnicos de la Bomba

MARCA	Pedrollo
MODELO	CP 660M
Potencia	1,5KW / 2 HP
Caudal Máximo	160 l/min
Rango de Temperaturas	-10°C a 90°C
Altura de Bombeo Máxima	42 m
Altura de Aspiración Manométrica	7 m

Fuente: Catalogo de Bombas Pedrollo

f.5.4.2. Verificación de Carga Neta de Succión Positiva

Puesto que este equipo de bombeo no es de recirculación sino de distribución se verificara si el actual equipo estará sometido al fenómeno de cavitación.

f.5.4.2.1. NSPH Disponible

Este parámetro está calculado de acuerdo a la configuración siguiente (Fig.98):

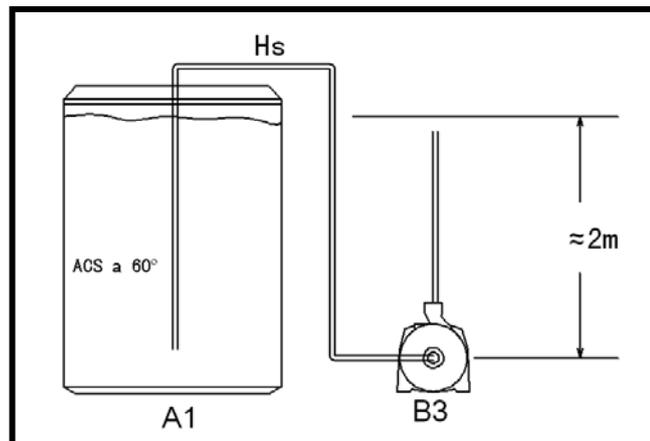


Fig. 98: Configuración de la altura de Succión en A1
Fuente: Catalogo de Bombas Pedrollo

- La presión del vapor de agua a 60° C es:

$$p_{\text{Vap}_{\text{ACS}}} = 19,94 \text{ KPa} = 2,03 \text{ mca}$$

- Y su gravedad especifica es:

$$SG_{\text{ACS}} = 0,983$$

- Si el tanque tiene llave de aireación se considerara una presión atmosférica de:

$$P_{\text{Atm}} = 101,3 \text{ KPa} = 10,33 \text{ mca}$$

- Y unas pérdidas secundarias de alrededor del 10% de la altura considerada.

El $NSPH_D$ de esta bomba queda dado como:

$$NSPH_D = \frac{(P_{Atm} - PV_{ACS})}{SG_{ACS}} \pm Z - H_s$$

$$NSPH_D = \frac{(10,33 - 2,03)}{0,983} + 2 - 0,2$$

$$NSPH_D = 10,24 \text{ m}$$

f.5.4.2.2. Verificación NSPH

La altura de aspiración recomendada por la bomba es:

$$NSPH_R = 7 \text{ mca}$$

Se aplica la condición 17 que demuestra que esta bomba es apta para el bombeo de ACS

$$NPSH_D > NPSH_R$$

$$10,24 > 7 \quad \leftarrow \text{Cumple con la condicion}$$

f.6. SISTEMA DE CONTROL

Para controlar la instalación deberá ubicarse sondas de temperatura y termostatos de control en los siguientes puntos:

- En la salida de cada conjunto colector
- En las bombas recirculadoras de fluido caloportador del sistema solar
- En el depósito acumulador solar
- En la salida del acumulador de ACS

El mismo que deberá actuar sobre:

- Bombas recirculadoras del sistema solar
- Electroválvulas de alternancia
- Termostatos
- Presostatos

De esta manera el esquema del sistema de control queda de la forma de abajo (Fig.99.)

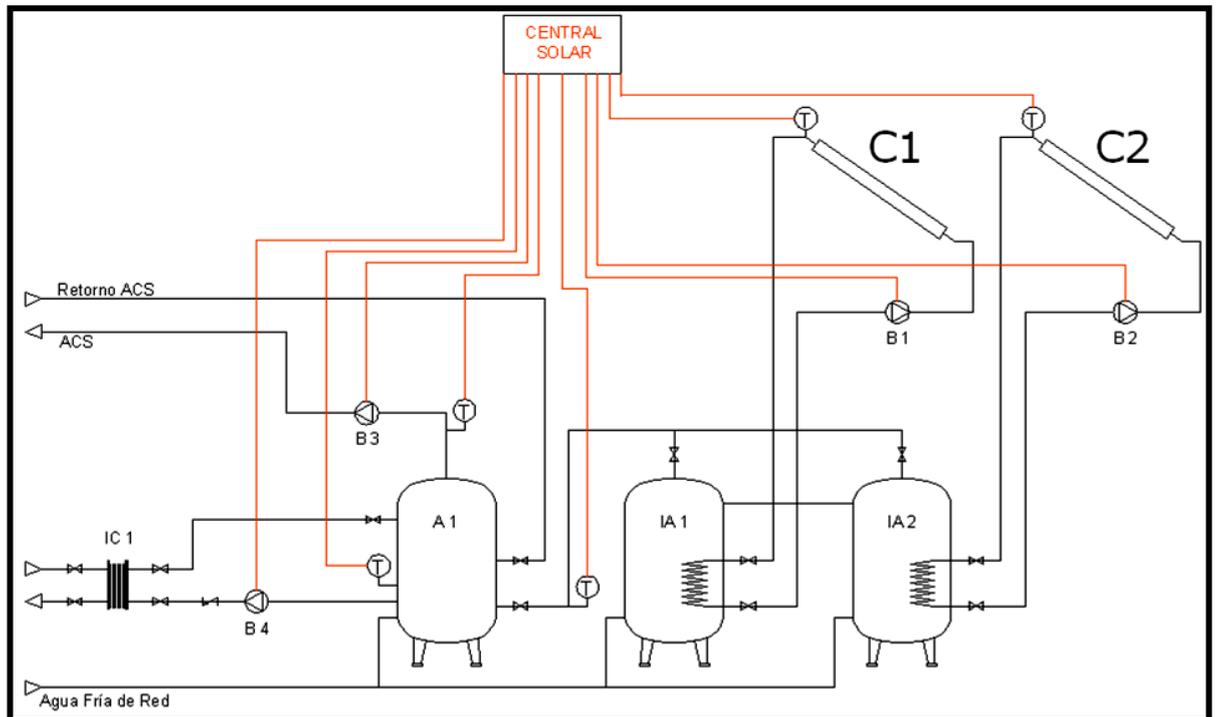


Fig. 99: Configuración Principal del Sistema de Control
Fuente: Autor del Proyecto

f.7. AHORRO ENERGÉTICO

Procedemos a determinar cuanta energía, se va a ahorrar en el centro hospitalario con la implementación de energía solar.

f.7.1. Consumo Energético Total

f.7.1.1. Demanda Energética Actual.

La energía total utilizada para el calentamiento de ACS representa:

$$Q_a = 2459,67 \text{ MJ}$$

f.7.1.2. Consumo Eléctrico de Bombas

- **Consumo Energético Diario Equipo de Bombeo 1**

$$P_{B1} = 757,2 \text{ W}$$

- **Consumo Energético Diario Equipo de Bombeo 2**

$$P_{B2} = 779,6 \text{ W}$$

- **Consumo Energético Diario Equipo de Bombeo 3**

$$P_{B3} = 992,69 \text{ W}$$

- **Consumo Energético Diario Equipo de Bombeo 4**

Este equipo de bombeo corresponde al circuito de apoyo.

$$P_{B4} = 156,14 \text{ W}$$

f.7.1.3. Consumo Total de Bombas

La energía consumida por los equipos de bombeo será la sumatoria de todos los equipos de bombeo:

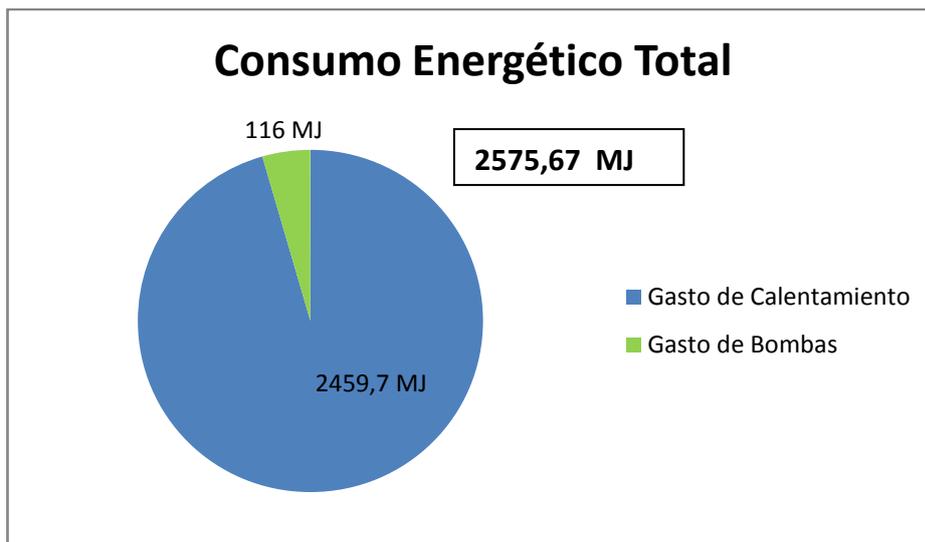
$$P_{BT} = 2685,75 \text{ W}$$

Diariamente tendrán un consumo de:

$$Q_B = 3,22 \text{ kWh} = 116 \text{ MJ diarios}$$

f.7.1.4. Consumo energético Total

$$Q_T = 2575,671 \text{ MJ}$$



f.7.2. Aporte Energético Solar

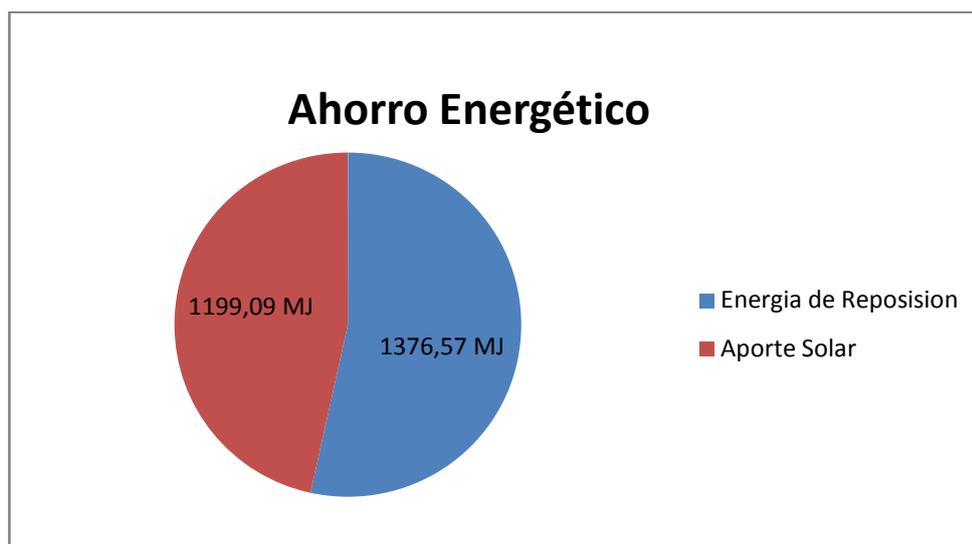
Con una eficiencia general del sistema del 80 % se resume a:

$$Q_{\text{Solar}} = 1199,09 \text{ MJ diarios}$$

f.7.2.1. Ahorro Energético

$$Q_{\text{Reposicion}} = 1376 \text{ MJ diarios}$$

El ahorro energético a obtener, se da debido a que la totalidad de la energía necesaria para el calentamiento de ACS, no será en su totalidad derivada de un combustible fósil.



Tendremos un ahorro energético alrededor del **46 %**

f.8. ESTUDIO ECONÓMICO

Este estudio es realizado para verificar en cuantos años la instalación solar será rentable y si es viable realizarla.

Para ello determinaremos primeramente el costo de la instalación sin tener en cuenta la instalación solar

f.8.1. Presupuesto de la Instalación

Es el costo general de toda la instalación se realiza con los precios de cada subsistema por separado. Los precios contenidos en este apartado son extraídos de catálogos y páginas web de diferentes fabricantes para obtener un valor aproximado de la toda la instalación

La tabla 47 a continuación nos muestra el costo de los elementos utilizados para la instalación solar.

Tabla 47: Costo de Material Solar de la Instalación

MATERIAL SOLAR					
Nº	Componente	Medida	Cantidad	Precio Unidad	Costo Parcial
1	Colector Solar CHROMAGEN Modelo CR 12S8	----	82	700 USD	57400 USD
2	Interacumulador LAPESA Modelo MV2500IS	----	2	5000 USD	10000USD
3	Estructuras Metálicas para suportación de colectores conjuntamente con piezas de armado y fijación.	----	82	100 USD	8200 USD
4	Bomba Recirculadora PEDROLLO Modelo CP 660M de 2 HP		4	150 USD	600 USD
5	Tubería de Cobre de 32 mm (1 1/4 Pulg)	6 m	57	5,5 USD	313 USD
6	Vaso de Expansión ESCOSOL Modelo 8 SMF		2	40 USD	80 USD
7	Aislante de Poliuretano ARMACELL de 30mm	-----	----	300 USD	300 USD
8	Material de Conexionado y Válvulas	-----	----	300 USD	300 USD
TOTAL					77393 USD

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 48: Costo de Material Hidráulico de la Instalación

MATERIAL HIDRÁULICO					
Nº	Componente	Medida	Cantidad	Precio Unidad	Costo Parcial
1	Tanque Acumulador de ACS LAPESA Modelo MVV2500RB	----	1	4200 USD	4200 USD
2	Bomba de Circulación de ACS GRUNDFOS Modelo UPS 40-60/4		1	150 USD	200 USD
3	Bomba de Circulación de ACS PEDROLLO Modelo CP 660M		1	1500 USD	200 USD
4	Intercambiador de Calor ALFA-LAVAL Modelo M3-FG de 18 placas.	-----	1	800 USD	900 USD
5	Manómetros		10	20 USD	200 USD
6	Válvulas de seguridad		10	12 USD	120 USD
7	Válvulas de Corte		100	10 USD	1000 USD
8	Válvulas Antirretorno		10	10 USD	1000 USD
9	Tubería de cobre de 16 mm (3/8 Pulg)	6 m	107	3,5 USD	371 USD
10	Tubería de cobre de 26 mm (1 Pulg)	6 m	90	5,5 USD	693 USD
11	Tubería de cobre de 38 mm (1 ½Pulg)	6 m	9	9,5 USD	85,5 USD
12	Tubería de cobre de 51 mm (2 Pulg.)	6 m	8	14,2 USD	113,6 USD
13	Tubería de cobre de 2 ½ pulgadas	6 m	5	23 USD	115 USD
14	Componentes varios:(Codos, tees, uniones)	-----	1	500 USD	500 USD
15	Aislante de Poliuretano ARMACELL de 20mm y 30mm		2	300 USD	600 USD
16	Material Eléctrico		1	300 USD	300 USD
17	Central de Control y Sondas de temperatura y Termostatos		1	500 USD	500 USD
				TOTAL	11098,1 USD

Fuente: Elaboración Propia

El resumen de costos se aprecia en la tabla 49:

Tabla 49: Resumen de Costos de la Instalación

ÍTEM	FRACCIÓN	COSTO
1	Material Solar	77193 USD
2	Material Hidráulico	11098,1 USD
3	Instalación puesta en marcha	2000 USD
4	Otros: Transporte, Imprevistos etc.	200 USD
	SUBTOTAL	90491 USD
	IVA 12%	10858 ,9 USD
	TOTAL	101350 USD

Fuente: Autor del Proyecto

Significa que la Instalación en funcionamiento tendrá un valor aproximado de:

$$\text{Costo Instalacion} = 102000 \text{ USD}$$

f.8.1.1. Costo de una Instalación Convencional de producción de ACS

La producción de ACS de una instalación normal no contará en si él con sistema solar por ende su cantidad bordea el valor calculado a continuación.

Tabla 50: Valor Aproximado de Una Instalación de Producción de ACS

ÍTEM	FRACCIÓN	COSTO
1	Material Hidráulico	11098,1 USD
2	Instalación puesta en marcha	2000 USD
3	Otros: Transporte, Imprevistos etc.	200 USD
	SUBTOTAL	13298 USD
	IVA 12%	1595,77 USD
	TOTAL	14893,872 USD

Fuente: Autor del Proyecto

El costo de una instalación normal de producción de ACS estará por los:

$$\text{Precio}_{\text{Inst.Normal}} = 15000 \text{ USD}$$

f.8.2. Costo Producción anual de ACS

La producción de ACS anualmente necesitará del costo de producción del sistema de apoyo

f.8.2.1. Gasto anual en combustible

Si se tiene una energía de reposición de 1376 MJ diarios La producción anual de vapor necesaria para el calentamiento de agua es:

$$Q_{\text{vapor}} = 1260,57 \text{ MJ diarios}$$

f.8.2.1.1. Cantidad de Gasóleo Anual

Si el poder calorífico del gasóleo es:

$$PCI_{\text{Diesel}} = 140000 \text{ BTU/gal}$$

$$PCI_{\text{Diesel}} = 39 \text{ MJ/litro}$$

El volumen de diesel necesario al año, contando con una eficiencia de la caldera de alrededor del 80%, y un factor de uso anual también del 80% del año.

$$\mathbf{Cantidad_{Diesel} = 11797,65 \text{ litros} \times \text{Año}}$$

Si el precio del gasóleo es de:

$$\mathbf{Precio_{Diesel} = 1,04 \text{ USD} \times \text{Galon}}$$

$$\mathbf{Precio_{Diesel} = 0,27 \text{ USD} \times \text{litro}}$$

Anualmente significará un gasto en gasóleo de:

$$\mathbf{Valor_{Diesel} = 3241,2 \text{ USD} \times \text{Año}}$$

f.8.2.2. Gasto anual en electricidad

Las bombas eléctricas consumen diariamente:

$$\mathbf{Q_B = 116 \text{ MJ}}$$

El precio del KW.h es:

$$\mathbf{Precio_{Electricidad} = 0,07 \text{ USD} \times \text{KW} \cdot \text{h}}$$

$$\mathbf{Precio_{Electricidad} = 0,02 \text{ USD} \times \text{MJ}}$$

El monto anual destinado para bombeo de líquido es, con energía eléctrica:

$$\mathbf{Valor_{Electricidad} = 658,6 \times \text{Año}}$$

Entonces el costo anual de producción de ACS con un valor de 200 USD destinado para mantenimiento queda expresado como:

$$\mathbf{Monto_{Prod ACS} = 4099 \text{ USD}}$$

f.8.3. Costo de producción de ACS en una Instalación Convencional

f.8.3.1. Gasto anual en combustible

$$\mathbf{Q_{Vapor} = Q_a}$$

$$\mathbf{Q_{Vapor} = 2459,67 \text{ MJ}}$$

f.8.3.1.1. Cantidad Anual de Gasóleo

El poder calorífico del gasóleo es:

$$PCI_{\text{Diesel}} = 140000 \text{ BTU/gal}$$

$$PCI_{\text{Diesel}} = 39 \text{ MJ/litro}$$

El volumen de diesel necesario al año, contando con una eficiencia de la caldera de alrededor del 80%, y un factor de uso anual también del 80% del año.

$$Cantidad_{\text{Diesel}} = 23019,99 \text{ l} \times \text{Año}$$

Anualmente significará un gasto en gasóleo de:

$$Valor_{\text{Diesel}} = 6324,50 \text{ USD} \times \text{Año}$$

f.8.3.2. Gasto anual en electricidad

Las bombas eléctricas consumirán el 50 % de las actuales:

$$Q_B = 85,92 \text{ MJ}$$

El precio del KW.h es:

$$Precio_{\text{Electricidad}} = 0,07 \text{ USD} \times \text{KW} \cdot \text{h}$$

$$Precio_{\text{Electricidad}} = 0,02 \text{ USD} \times \text{MJ}$$

El monto anual en electricidad será:

$$Valor_{\text{Electricidad}} = 487,8 \text{ USD} \times \text{Año}$$

Entonces el costo anual de producción de ACS sin instalación solar queda expresado como:

$$Monto_{\text{Sin I. Solar}} = 7012,5 \text{ USD}$$

f.8.4. Ahorro Anual

Por ende el ahorro anual es la diferencia entre los valores antes calculados.

$$Monto_{\text{Ahorro}} = Monto_{\text{Sin I. Solar}} - Monto_{\text{Prod ACS}}$$

$$Monto_{\text{Ahorro}} = 2912,4 \text{ USD} \times \text{Año}$$

f.8.5. Periodo de Amortización

$$\text{Precio}_{\text{Amortizacion}} = \text{Precio}_{\text{Instalacion ACS}} - \text{Precio}_{\text{Instalacion Normal}}$$

$$\text{Precio}_{\text{Amortizacion}} = 87000 \text{ USD}$$

Con un monto ahorrado de **2912 USD** el tiempo que se tardará en recuperar la inversión inicial es de:

$$\text{Periodo}_{\text{Amortizacion}} = 30 \text{ Años}$$

f.9. ESTUDIO MEDIOAMBIENTAL

La utilización de energías renovables o impías no incluye solamente la parte de ahorro económico, sino también la disminución de contaminación por emisiones de CO₂.

Esta reducción de emisiones es lo que hace rentable a la aplicación de estas tecnologías, la energía que aporta el sol es la energía que se dejará de producir con gasóleo.

$$Q_{\text{Solar}} = 1199,09 \text{ MJ} \times \text{dia}$$

f.9.1. Ahorro de Combustible Anual

Para establecer el ahorro de combustible, se ha determinado el precio anual del combustible utilizando: Gasóleo, GLP, y Electricidad.

$$Q_{\text{Ahorro}} = 350137 \text{ MJ} \times \text{Año}$$

f.9.1.1. Ahorro en Gasóleo

En función del gasóleo la cantidad de diesel ahorrada es:

$$\text{Cantidad}_{\text{Diesel}} = 11222,34 \text{ litros} \times \text{Año}$$

Anualmente significará un ahorro en gasóleo de:

$$\text{Valor}_{\text{AhorroDiesel}} = 3083,22 \text{ USD} \times \text{Año}$$

f.9.1.2. Ahorro en GLP

Si la fuente de energía de apoyo fuera proporcionada, por Gas Licuado de Petróleo (GLP) tendremos el siguiente ahorro:

El poder calorífico del GLP es:

$$\text{PCI}_{\text{GLP}} = 45,76 \text{ MJ/Kg}$$

Este valor es multiplicado por una eficiencia del 80%, para obtener la cantidad de GLP.

$$\text{Cantidad}_{\text{GLP}} = 9564,49 \text{ Kg} \times \text{Año}$$

Si el precio del GLP es:

$$\text{Precio}_{\text{GLP}} = 1,02 \text{ USD} \times \text{Kg}$$

Anualmente significará un ahorro en gasóleo de:

$$\text{Valor}_{\text{AhorroGLP}} = 9755,78 \text{ USD} \times \text{Año}$$

f.9.1.3. Ahorro en Electricidad

La energía ahorrada o cubierta por el sol en unidades eléctricas es:

$$Q_{\text{Ahorro}} = 121575,37 \text{ KWh} \times \text{Año}$$

El monto anual destinado para el calentamiento de agua con electricidad es:

$$\text{Valor}_{\text{Ahorro Electricidad}} = 8510,27 \text{ USD} \times \text{Año}$$

f.9.2. Reducción de Emisiones de CO₂

Para el cálculo de emisiones se ha relacionado, la energía consumida en kWh con la producción de CO₂ en kg.

f.9.2.1. Emisiones por Gasóleo

Puesto que existirá un ahorro en gasóleo de:

$$Q_{\text{Ahorro}} = 97260,3 \text{ KWh} \times \text{Año}$$

Con un coeficiente de emisiones para el diesel de:

$$\text{Coeficiente Emisiones}_{\text{Diesel}} = 0,27 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{KWh}}$$

Las emisiones que se dejarán de producir son:

$$\text{EmisionesCO}_2_{\text{Diesel}} = 26260,28 \text{ KgCO}_2 \times \text{Año}$$

f.9.2.2. Emisiones por GLP

Todas las tinas del hospital tienen un calefón como fuente de calentamiento los mismos que aportan actualmente:

$$Q_{\text{Calefones}} = 701,35 \text{ MJ diarios}$$

$$Q_{\text{Calefones}} = 56887,27 \text{ KWh} \times \text{Año}$$

Usamos el coeficiente de emisiones para gas.

$$\text{Coeficiente Emisiones}_{\text{GLP}} = 0,2 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{KWh}}$$

Las emisiones de CO₂ evitadas son:

$$\text{EmisionesCO}_2_{\text{GLP}} = 11377,45 \text{ KgCO}_2 \times \text{Año}$$

f.9.2.3. Emisiones por Electricidad

Mientras los cálculos anteriores reducen las emisiones de Dióxido, las electrobombas instaladas aumentaran en cierto grado estas emisiones en:

$$Q_{\text{Bombas}} = 171,84 \text{ MJ} \times \text{dia}$$

$$Q_{\text{Bombas}} = 13938,13 \text{ KW} \cdot \text{h} \times \text{Año}$$

Usamos el coeficiente de emisiones de electricidad.

$$\text{Coeficiente Emisiones}_{\text{Electricidad}} = 0,649 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{KWh}}$$

Las emisiones de CO₂ por electricidad producidas son:

$$\text{EmisionesCO}_2_{\text{Electricidad}} = 9045,8 \text{ KgCO}_2 \times \text{Año}$$

f.9.2.4. Reducciones de CO₂ al año

Las reducciones dadas por el ahorro de estos combustibles son:

$$\mathbf{CO_{2Total}} = \text{EmisionesCO}_{2\text{Diesel}} + \text{EmisionesCO}_{2\text{GLP}} - \text{EmisionesCO}_{2\text{Elect}}$$

$$\mathbf{CO_{2Total} = 28591,88 \text{ KgCO}_2 \times \text{Año}}$$

Lo que da un ahorro en emisiones de aproximadamente **28,5 T** deCO₂anuales

g. DISCUSIÓN

Según el actual, y anteriores estudios este sistema de calentamiento de agua se puede emplear en la ciudad de Loja, de manera continua ya que existe un sistema mixto de apoyo, el aporte solar solo se realizará en días con buena radiación solar, la misma que fluctúa alrededor de los **4,3KWh/m²** al día , usada en los cálculos.

Los métodos de cálculo han sido, elegidos de entre los más usuales y convenientes para tener una aproximación clara a un sistema real de las mismas características,

Con los resultados obtenidos, se puede decir que el hospital Isidro Ayora contará con una red de Agua Caliente Sanitaria, basada en el número de aparatos sanitarios que se necesita satisfacer que son un total de **156**, con un caudal para todos ellos de 33 GPM, los mismos que son abastecidos por una red centralizada con cuatro tramos de distribución y una red de retorno para el caudal recirculado.

Se estaría diciendo, que el sistema solar, aporte con alrededor del **40 %** de energía para calentamiento de agua diario con la ayuda de 82 colectores solares, los mismos que al no aportar suficiente energía, dado por condiciones climáticas, será sustituido por un sistema de intercambio de calor , de 80 KW que utiliza vapor como fuente de calentamiento, y que actúa sobre el agua que debe calentar los campos de captación..

Los elementos fueron escogidos de manera similar a otras instalaciones solares y sanitarias realizadas tanto en el Ecuador como el resto del mundo.

Todos los elementos que conforman el sistema fueron seleccionados adecuadamente acuerdo a las condiciones de trabajo de los mismos, y consideraciones de diseño tomando como referencia otras instalaciones solares, en las que se han aplicado métodos similares de cálculo.

El sistema propuesto ahorraría un valor considerable al año en términos de combustible y también disminuirá también las emisiones de CO₂ que se emitirían con un sistema convencional de ACS evitando que sean disipadas al ambiente, con la ventaja de un simultáneo ahorro económico para el centro hospitalario.

El cálculo y diseño del sistema solar híbrido de producción de ACS, se ha planteado en el plazo programado, demorando aun así, la verificación de datos que definen al sistema, así como también la búsqueda de fuentes fiables de información.

h. CONCLUSIONES

Del estudio realizado se puede concluir que:

- Se realizó el levantamiento de la red hidráulica la misma que abastece todos los servicios encuestados, que son un total de 156 aparatos sanitarios con un caudal todos ellos 2,1 litros/seg.
- Se diseñó un sistema ACS, con una red centralizada de tubería de Cobre para las redes de distribución por tener prestaciones aptas para ello y una tubería de retorno para transportar el 10% de agua no consumida.
- Los colectores necesarios para cubrir toda la demanda energética de ACS son cercano a los 150, pero con el aporte solar del 60 % (según la actual normativa vigente NEC) este se reduce a aproximadamente 80 colectores instalados en la terraza del HIAL
- El almacenamiento de energía seleccionado es a través de 3 tanques de acumulación de 2500 litros, dos de ellos son inter-acumuladores solares y el tercero conectado a un intercambiador que utiliza vapor como fuente de calentamiento.
- Los acumuladores están conectados en serie de tal forma que el agua precalentada en los inter-acumuladores solares se terminara de calentar en un tercer tanque hasta alcanzar los 60° requeridos.
- El precio de la instalación es elevada, así como su inversión inicial, pero que puede ser rentable a largo plazo, desde el punto de vista ecológico.
- El ahorro de energía en la actual instalación equivale a reducir CO₂, casi en un 40% de las emisiones totales si el sistema no fuera solar, que en número es un valor de 28 T de Dióxido de Carbono.
- Al aplicarse esta energía en diferentes establecimientos, traerá una disminución de la contaminación ambiental, mejorando la calidad de vida y el aire para respirar. Lo que deduce en menos gastos por salud.

i. RECOMENDACIONES

- Para la realización de instalaciones solares térmicas de similares características fijarse siempre en normativas vigentes y actualizadas, sean estas nacionales o extranjeras.
- El ahorro energético depende mucho del aporte solar mínimo otorgado por los campos colectores puesto que este tiende a disminuir según el clima y las situaciones atmosféricas presentes en la zona.
- Se puede optar por calentadores instantáneos de agua, los mismos que cuentan así mismo con un intercambiador de placas, encargado de la transferencia de calor.
- El consumo de vapor, puede darse a menor presión con un mayor flujo, o a más presión y menos flujo, según sea la graduación del sistema de control y sin que la presión de vapor sobrepase la presión admisible del intercambiador.
- Se debe realizar una revisión de cálculos en proyecciones similares a futuro, debido a cambios estructurales de la edificación y otras variables.
- El sistema de control y regulación debe diseñarse por separado, ya que es una instalación grande y las variaciones de radiación solar son constantes.
- Seguir las indicaciones en lo referente a medidas de seguridad debidas, en la instalación y operación del todo el sistema.

j. BIBLIOGRAFÍA

j.1. LIBROS

- Apuntes de Mecánica de Fluidos (Universidad Nacional de Loja)
- Apuntes de Termodinámica (Universidad Nacional de Loja)
- ATECYR (Asociación Técnica Española de Refrigeración y Climatización). Guía Técnica de Agua Caliente Central. Madrid.
- ÇENGEL, Yunus. Transferencia de Calor y Masa. 3era ed. México. Mc Graw Hill.
- Código Técnico de la Edificación (CTE). Ministerio de la vivienda de España.
- DIAZ, Victorio; BARRENECHE, Oscar. Acondicionamiento Térmico de Edificios. 1era ed. Buenos Aires. Nobuko. 2005.
- OLIVA, Nicolás; RIVADENEIRA, Ana; SERRANO, Alfredo; MARTIN, Sergio; CADENA, Vanessa. 2011 Impuestos Verdes: ¿una alternativa viable para el Ecuador?
- PERRY, Robert H. Perry's Chemical Engineers' Handbook. 7ma ed. McGraw Hill. Kansas. 1997
- SHAH, Ramesh K.; SEKULIC, Dusan P. Fundamentals of Heat Exchanger Design. Estados Unidos. Wiley. 2005
- SCHAUM, P. Mecánica de Fluidos e Hidráulica. España: McGraw-Hill, 2005
- ZEMANSKY, Mark W. Calor y Termodinámica. Edit. Aguilar S.A. 1979

j.2. CATÁLOGOS TÉCNICOS:

- Alfa Laval
- Chromagen
- Escosol
- Grunfos
- Lapesa
- Madeco
- Pedrollo

j.3. PAGINAS WEB

- www.alfalaval.com
- www.baxi.es
- www.conae.gob.mx
- www.chromagen.es
- www.fotovoltaica.info
- www.hermetic-pumpen.com
- www.wikipedia.com

k. ANEXOS

k.1. Anexo 1: Instalación y Puesta en Marcha

k.1.1.Ejecución del Proyecto

La ejecución del proyecto debe hacerse por personal calificado, y con conocimientos de tecnología solar y fontanería. Aquel debe cumplir y tomar en cuenta normas vigentes sobre montaje de instalaciones solares.

Se debe tener en cuenta especificaciones dadas por los fabricantes de sus componentes.

k.1.2.Personal de Trabajo

Puesto que las personas encargadas del montaje de todas las partes, necesitan trabajar en partes altas se recomienda la utilización de correas, arneses, equipos de protección como: gafas, calzado adecuado, casco, etc. Los mismos que deben cumplir con la normas de seguridad.

k.1.3.Instalación

k.1.3.1. Montaje de Soportes para Colectores

- La instalación debe permitir el acceso de personal hacia los captadores para poder realizar tareas de mantenimiento, como desmontaje o recambio de piezas.
- Una vez que se han montado el montaje sobre la terraza, se procederá a tapar los colectores, mientras se efectúe el resto de la instalación y se ponga a prueba.

k.1.3.2. Ubicación del Sistema de Almacenamiento

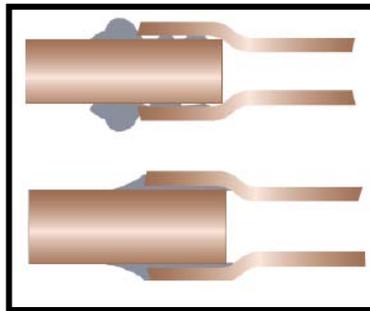
Este sistema conformado por: Dos interacumuladores solares y un tanque de calentamiento de ACS. Los mismos que irán ubicados en la sala de máquinas junto con los equipos de bombeo, (plano 11 en Anexos.)

Cabe destacar que el área existente en la sala de máquinas es la de 216 m² y el área disponible para la ubicación de elementos del sistema es suficiente 100 m².

k.1.3.3. Montaje de Tuberías solares y de ACS

Estas irán juntas a paredes y muros mediante soportes para tuberías adecuados para el diámetro requerido siguiendo las siguientes observaciones.

- Se debe constatar que las tuberías de cobre sean rígidas de tipo L.
- Los procesos de soldado y montado de las redes de distribución, circuitos solares y de apoyo deben contar con una certificación NTN INEN 128.
- La soldadura de piezas se regirá en instrucciones dadas por el fabricante de tubos y accesorios. Realizándose la misma por capilaridad como lo indica la figura.

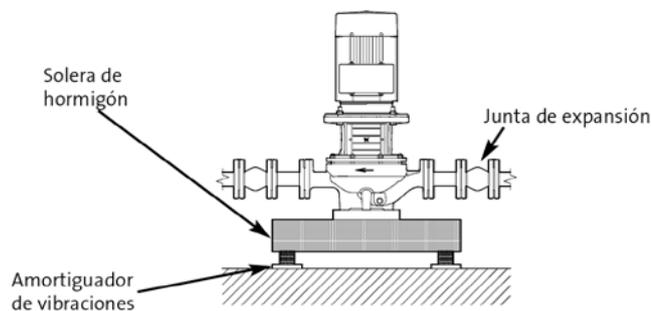


- Los tramos horizontales, deben montarse con una pendiente de mínimo 1% en el sentido de la circulación del fluido.
- Deben instalarse con la separación suficiente para la manipulación, y la colocación de aislamientos.
- Los tramos verticales tener preferentemente una separación mínima de 0.15 m de las tuberías de agua caliente.
- Las uniones de los tubos entre si y a su vez con los accesorios y elementos se debe realizar de manera que el sistema asegure estanqueidad, y no sean afectados por las variaciones de presión a las que se someta los circuitos.
- Se ubicaran preferentemente debajo de cualquier cableado eléctrico.
- Tampoco se ubicaran por encima de, equipos eléctricos
- Los aislamientos deben colocarse de manera que no queden visibles ninguna tubería.
- Se ubicarán válvulas antirretorno, de corte en los puntos donde se especifique en los planos y donde se crea necesario al momento de la instalación y puesta en marcha.

k.1.3.4. Montaje de las Bombas

La correcta instalación se debe realizar, siguiendo los siguientes pasos:

- Las bombas tienen que ser empotradas en bases de hormigón con el eje de rotación en dirección horizontal, con espacio suficiente para que estos equipos puedan ser desmontados.
- Las bombas pueden instalarse en tuberías de sentido vertical y horizontal.
- Para reducir las vibraciones, ruidos, evitar roturas o daños en el equipo de bombeo, es necesario la ubicación de amortiguadores y resortes a la bomba.



k.1.3.5. Montaje de los Intercambiador de Calor

Se tiene que seguir las instrucciones dadas por el fabricante del intercambiador al momento de montarlo este estará ubicado tal como se indica en el plano 11 en Anexos y sus conexiones deben realizarse de manera correcta o como lo indique el manual del fabricante o sea el fluido frío y caliente en sus conexiones correspondientes

k.1.3.6. Llenado de los Acumuladores

Realizadas correctamente las conexiones hidráulicas a los interacumuladores y al acumulador así como también los equipos de bombeo se procede al llenado:

- Primeramente se abre la válvula general de suministro de ACS
- Se abre los aparatos sanitarios más alejados de la red de ACS, esperando a que toda ella se llene, o sea no quede aire dentro de ellas.
- Cuando estén llenas las redes de ACS y el tanque acumulador, se cierra todos los aparatos, y se comprueba la estanqueidad de la misma, con la válvula de red de ACS abierta y regulada.

- Luego de que se haya comprobado de que no existen fugas en la instalación de ACS, se ha de comprobar el buen funcionamiento de los dispositivos de seguridad instalados.

k.1.3.7. Llenado del Circuito

Luego de que el montaje de toda la instalación se ha realizado correctamente se procede al llenado de los circuitos hidráulicos en cada conjunto de colectores C1 y C2, este llenado se debe realizar en días con poca radiación solar o en horas de baja radiación, para evitar cualquier sobrecalentamiento o aumentos de presión.

Este se debe realizar ya sea por la llave de llenado o de vaciado del cada circuito, tomando en cuenta que todas las llaves de corte estén abiertas en todo el recorrido del fluido, haciendo que el aire contenido en las tuberías sea expulsado por las válvulas de purga.

k.1.4.Regulación de caudales.

La regulación se debe efectuar en ambos campos colectores C1 y C2, en los cuales se tiene que ajustar el caudal de 0,806 l/s

Mientras que para el caudal de distribución debe tener un caudal regulado de 2,1 l/s.

k.1.5.Puesta en Marcha

Para que toda la instalación comience a funcionar primeramente en el montaje se debe realizar las siguientes indicaciones:

- Limpieza y desinfección de las cañerías, tanques y todo artefacto que tenga contacto con al agua de consumo.
- Confirmar el correcto sentido de las bombas.
- Comprobar que los equipos tengan una correcta conexión eléctrica.
- Confirmar el sentido de las válvulas check o antiretorno
- Ubicación de las sondas de temperatura
- Verificar la inexistencia de fugas
- Comprobar la correcta conexión de todos los circuitos hidráulicos.
- Que todos los circuitos solares estén llenos de fluido caloportador.
- Que los acumuladores e interacumuladores estén llenos de agua.

En la primera puesta en marcha se tiene que hacer una revisión total de toda la instalación y ajuste óptimo de todos los parámetros funcionales del equipo, haciendo énfasis en la siguiente tabla:

TAREAS	REALIZADO	OBSERVACIONES
Los soportes están ubicados de acuerdo a las instrucciones		
Los colectores están nivelados		
Las sondas en los captadores, acumuladores, etc. están ubicadas.		
Los colectores, tienen los componentes necesarios como purgadores, válvulas		
Se ha llenado correctamente los circuitos solares		
Se ha revisado la estanqueidad de toda la instalación		
Funcionamiento de dispositivos de seguridad instalados		
Funcionamiento de las bombas de recirculación		
El caudal de circulación de fluido caloportador está regulado (47 l/h por m² de colector)		
Se ha revisado que las presiones sean las adecuadas		

k.2. ANEXO 2: Tareas de Mantenimiento

Esta revisión a la instalación debe darse al menos una vez al año, allí se debe comprobar su correcto funcionamiento y su buen estado de conservación y limpieza.

La revisión general de funcionamiento de la instalación, se realizará con periodicidad y verificando presiones caudales y temperaturas, en el mantenimiento anual debe hacerse las siguientes actividades en cada una:

k.2.1. Vaciado de los circuitos solares.

Para desalojar el fluido de los circuitos solares se procede a abrir ya sea la válvula de llenado o vaciado, pero primeramente cerrando las válvulas de corte que conectan los circuitos solares y los interacumuladores.

k.2.2. Limpieza de los Captadores

Para no disminuir la eficiencia de la instalación solar se tiene que así mismo realizar limpiezas anuales de los captadores con la ayuda de paños adecuados y detergentes no abrasivos para evitar ralladuras en los cristales.

Así mismo esta limpieza debe realizarse en días con bajas radiación o días nublados así como en horas de baja radiación ya sea en la mañana o en la tarde. Una buena recomendación es la colocación de mantas cobertores para cualquier operación.

- Es recomendable que los colectores que sean necesario hacer recambio sean del mismo tipo y modelo, o al menos que tengas características técnicas parecidas.

k.2.3.Limpieza de los Acumuladores

Los depósitos de la marca Lapesa, tienen incorporado aberturas denominadas boca de hombre, por donde se puede realizar las operaciones de limpieza del tanque inoxidable, desmontando primeramente todas las conexiones y la tapa, la limpieza debe ser absoluta.

k.2.4.Limpieza de las Tuberías.

La limpieza de las cañerías circuladoras se debe realizar al menos, una vez cada dos años esta debe ser a fondo por el interior de todo el circuito revisando así mismos fallas y posibles fugas que pueden existir en el recorrido, para ello se debe:

- Vaciar todo el circuito a través de la llave de purga.
- Conectar una manguera de agua a gran presión en la válvula de llenado.
- Abrir el paso de agua para que fluya arrastrando suciedades e impurezas.
- Una vez realizada la limpieza se procede al llenado nuevamente de los circuitos solares.

k.2.5.Limpieza de los intercambiadores de calor

- Desconectar las tubería
- Desmontar todas las placas del intercambiador y quitar impurezas.
- Recambiar de ser necesario placas en mal estado.

Todas las actividades mencionadas pueden reducirse a una sola tabla de control.

Tarea	Periodo
ACUMULADOR	
Comprobar la estanqueidad de las conexiones	Anual
Comprobar el funcionamiento de los dispositivos de seguridad	Anual
CAPTADORES	
Comprobar estado de los colectores así como suciedad, golpes, conexiones, soportes, nivelación, estabilidad de los colectores.	Anual
Comprobar el estado de los soportes	Anual
CIRCUITOS SOLARES	
Comprobar el nivel de llenado del fluido caloportador	Anual
Limpieza de circuito solar y renovación de líquido caloportador	Anual
Comprobación de funcionamiento de válvulas de seguridad y purgadores	Anual
Comprobar la carga del vaso de expansión.	Anual
Comprobar el funcionamiento de las bombas de circulación de cada circuito	Anual
TUBERÍAS	
Comprobar el estado de los aislamientos	Anual
Comprobación de estanqueidad de la instalación	Anual
Verificar las posibles roturas y fugas de líquido.	Anual

k.3. ANEXO 3: Planos de la Edificación

- k.3.1. Ubicación**
- k.3.2. Configuración Básica**
- k.3.3. Sistema Solar**
- k.3.4. Distribución de ACS**
- k.3.5. Planta Baja**
- k.3.6. Primer Piso**
- k.3.7. Segundo Piso**
- k.3.8. Tercer Piso**
- k.3.9. Cuarto Piso**
- k.3.10. Quinto Piso**
- k.3.11. Disposición de Elementos**
- k.3.12. Sistema de Control**

k.4. ANEXO 4: Datos Meteorológicos

Tabla 51: Irradiación Solar-Base de Datos Programa Censolar

Irradiación Solar		
Mes - Unidades	MJ/m ²	Kwh/m ²
Enero	14,6	4,05
Febrero	15,2	4,22
Marzo	15	4,16
Abril	14,6	4,05
Mayo	15,4	4,27
Junio	13,9	3,86
Julio	15,3	4,25
Agosto	15,6	4,33
Septiembre	15,7	4,36
Octubre	16,9	4,69
Noviembre	17,6	4,88
Diciembre	16,6	4,61
Promedio Anual	15,53	4,31
Media Total	179,1 W/m²	

k.4.1. Factor de corrección sobre superficies inclinadas en la Latitud correspondiente a Loja, en todo el año.

Latitud: -4°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	0.97	0.98	1	1.02	1.03	1.03	1.02	1.01	1	0.99	0.97	0.97
10	0.94	0.96	1	1.03	1.05	1.05	1.04	1.02	1	0.96	0.94	0.93
15	0.9	0.93	0.98	1.03	1.06	1.07	1.05	1.02	0.98	0.94	0.9	0.88
20	0.85	0.9	0.96	1.03	1.07	1.08	1.06	1.02	0.97	0.9	0.85	0.83
25	0.8	0.86	0.94	1.02	1.07	1.08	1.05	1.01	0.94	0.86	0.8	0.77
30	0.74	0.81	0.91	1	1.06	1.07	1.05	0.99	0.91	0.82	0.74	0.71
35	0.67	0.76	0.87	0.98	1.05	1.06	1.03	0.97	0.87	0.77	0.68	0.64
40	0.6	0.7	0.82	0.95	1.03	1.04	1.01	0.94	0.83	0.71	0.61	0.57
45	0.53	0.64	0.77	0.91	1	1.02	0.98	0.9	0.78	0.65	0.54	0.5
50	0.46	0.57	0.72	0.87	0.97	0.99	0.95	0.86	0.73	0.59	0.47	0.42
55	0.38	0.5	0.66	0.82	0.93	0.95	0.91	0.81	0.67	0.52	0.39	0.34
60	0.3	0.43	0.6	0.76	0.88	0.91	0.86	0.76	0.61	0.45	0.31	0.25
65	0.22	0.35	0.53	0.7	0.83	0.86	0.81	0.71	0.55	0.37	0.23	0.17
70	0.13	0.27	0.46	0.64	0.77	0.81	0.76	0.65	0.48	0.3	0.15	0.12
75	0.1	0.19	0.38	0.57	0.71	0.75	0.7	0.58	0.41	0.22	0.12	0.11
80	0.1	0.11	0.31	0.5	0.64	0.69	0.64	0.52	0.34	0.14	0.11	0.1
85	0.09	0.09	0.23	0.43	0.57	0.62	0.57	0.45	0.26	0.12	0.1	0.09
90	0.08	0.08	0.15	0.35	0.5	0.55	0.5	0.37	0.19	0.11	0.1	0.09

k.5. ANEXO 5: Caudales de Distribución de ACS

Tabla 52: Caudales de Distribución TRAMO10-10R

RAMAL	Lavamanos	Duchas	Tinas	Lavavajillas	Caudal/s
10-A	2	0	0	0	0,13
10-B	2	0	0	0	0,13
10-C	1	0	0	0	0,065
10-D	1	0	0	0	0,065
10-E	1	0	0	0	0,065
10-F	0	0	1	0	0,2
Caudal Total Máximo l/s					0,655
Factor de Simultaneidad					0,377
Caudal de Suministro l/s					0,2475

Tabla 53: Caudales de Distribución TRAMO 20-20R

RAMAL	Lavamanos	Duchas	Tinas	Lavavajillas	Caudal/s
20-A	0	0	0	1	0,2
20-B	0	2	0	0	0,2
20-C	0	0	4	0	0,8
20-D	0	0	0	4	0,8
20-E	3	0	0	0	0,195
20-F	4	0	0	0	0,26
20-G	4	0	0	0	0,26
20-H	5	0	0	0	0,325
Caudal Total Máximo l/s					3,04
Factor de Simultaneidad					0,1961
Caudal de Suministro l/s					0,596144

Tabla 54: Caudales de Distribución TRAMO 30-30R

RAMAL	Lavamanos	Duchas	Tinas	Lavavajillas	Caudal l/s
30-A	9	7	0	0	1,285
30-B	1	4	0	0	0,465
30-C	7	0	0	0	0,455
30-D	4	1	0	0	0,36
30-E	2	1	0	0	0,23
30-F	5	2	0	0	0,525
30-G	5	1	0	0	0,425
30-H	2	0	0	0	0,13

30-I	4	0	0	0	0,26
30-J	3	0	0	0	0,195
30-K	2	0	0	0	0,13
30-L	1	2	0	0	0,265
30-M	0	0	2	0	0,4
Caudal Total Máximo l/s					5,125
Factor de Simultaneidad					0,125
Caudal de Suministro l/s					0,640625

Tabla 55: Caudales de Distribución TRAMO 40-40R

RAMAL	Lavamanos	Duchas	Tinas	Lavavajillas	Caudal l/s
40-A	4	1	1	0	0,56
40-B	0	2	0	0	0,2
40-C	3	0	1	0	0,395
40-D	2	1	0	0	0,23
40-E	4	0	0	0	0,26
40-F	5	0	0	0	0,325
40-G	1	1	0	0	0,165
40-H	1	1	0	0	0,165
40-I	4	1	0	0	0,36
40-J	2	2	0	0	0,33
40-K	1	1	0	0	0,165
40-L	2	1	0	0	0,23
40-M	2	2	0	0	0,33
40-N	1	1	0	0	0,165
40-O	4	4	0	0	0,66
Caudal Total Máximo l/s					4,54
Factor de Simultaneidad					0,13484
Caudal de Suministro l/s					0,6121736

k.6. ANEXO 6: Hojas Técnicas de los Componentes de la Instalación

k.6.1. Colector Solar

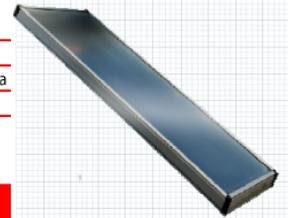
Captador Solar de alta eficiencia - Línea Confort

CR 12S8

Chromagen™
Solar Water Solutions

Dimensiones y Pesos

Largo Total	2.185 mm	Peso en vacío	42,6 Kg
Ancho Total	1.260 mm	Capacidad del fluido	1,7 l
Fondo	90 mm	Fluido caloportador	agua ó agua glicolada
Área Total	2,75 m ²	Tª de estancamiento	196 °C
Área de Apertura	2,58 m ²	Flexión máxima del captador	1.000 Pa
Área del Absorbedor	2,46 m ²		



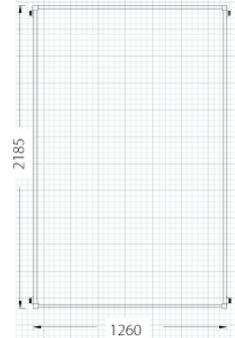
Código Chromagen: CAL507

Presiones de prueba y caudal recomendado

Presión de timbre	14 bar
Presión máxima de trabajo	12 bar
Caudal recomendado	45 l/h·m ²
Caida de presión (m.c.a.)	10,32·q ² +0,47·q _i (Kg/s)

Calidades de fabricación

Absorbedor:	Aleta de cobre soldada por ultrasonido a parrilla de conductos de cobre. Recubrimiento selectivo mediante electrodeposición de Cromo negro sobre base de Níquel claro. Absortividad 0,95 y Emisividad 0,12
Aislamiento:	Capa de poliuretano rígido inyectado más capa adicional de lana mineral, ambas de 25mm de espesor.
Vidrio Solar:	Panel único de vidrio solar de 3,2mm de espesor rodeado por una junta de goma de EPDM.
Parrilla de tubos:	Cobre de 8mm de diámetro conectada a tuberías colectoras de 22mm
Dorso:	Polipropileno negro moldeado.
Lámina de aluminio:	Adherida al aislamiento actúa como barrera contra pérdidas de calor por el dorso del captador.
Carcasa:	Aluminio anodizado AL6063-T5.
Conexiones roscadas:	Conexiones hembra roscadas de 3/4" de bronce



Curva de rendimiento térmico y certificaciones

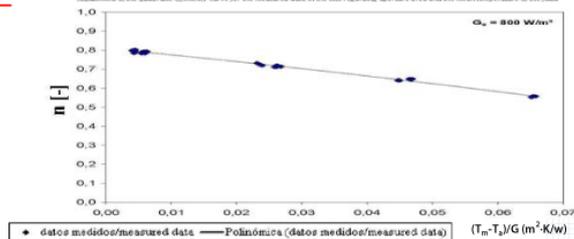
$\eta_0 = 80,8\%$

$k_1 = 3,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

$k_2 = 0,01 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}^2$

Ajuste de la curva de eficiencia para los datos medidos en el ensayo respecto al área de apertura y la temperatura media del fluido.

Adjustment of the qualitative efficiency curve for the measured data on the test regarding aperture area and the mean temperature of the fluid.



cener
centro nacional de energías renovables

DIN
Certified

ITV

k.6.2. Bombas de Circulación.

CP

Electrobombas centrífugas



CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **160 l/min** (9.6 m³/h)
- Altura manométrica hasta **57 m**

LIMITES DE UTILIZO

- Altura de aspiración manométrica hasta **7 m**
- Temperatura del líquido de **-10 °C** hasta **+90 °C** (en la versión con rodete en tecnopolímero +40 °C)
- Temperatura ambiente hasta **+40 °C**
- Presión máx. en el cuerpo de la bomba:
 - **6 bar** para CP 600-610-620
 - **10 bar** para CP 650-660-670-650M-660M-670M
- Funcionamiento continuo **S1**

EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60034-1
IEC 60034-1
CEI 2-3



CERTIFICACIONES



UTILIZOS E INSTALACIONES

Son recomendadas para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente no agresivos con los materiales que constituyen la bomba.

Por su confiabilidad y simplicidad encuentran un amplio uso en el sector doméstico y civil, particularmente para la distribución del agua acopladas a pequeños o medianos tanques autoclaves, para el vaciado o para la irrigación de huertos o jardines.

La instalación se debe realizar en lugares cerrados o protegidos de la intemperie.

PATENTES - MARCAS - MODELOS

- Modelo comunitario registrado n° 406160-0001

EJECUCION BAJO PEDIDO

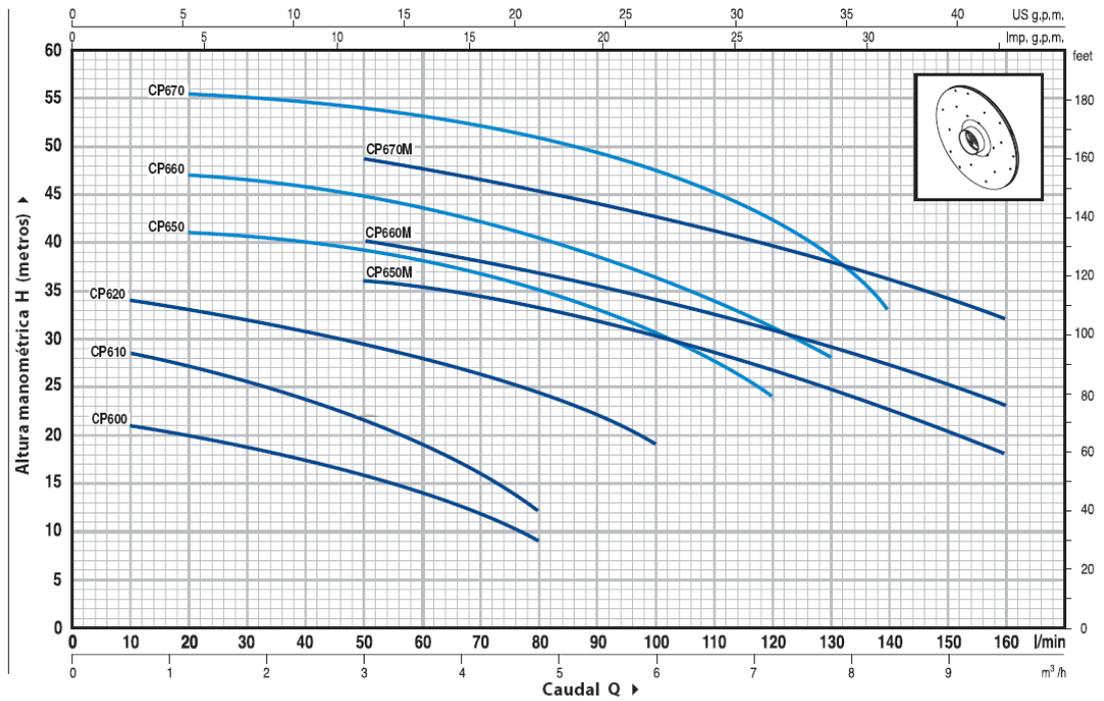
- Electrobomba con rodete en tecnopolímero (CP600X, CP610X, CP620X)
- Sello mecánico especial
- Otros voltajes
- Protección IP55 para CP 650-660-670-650M-660M-670M

GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 1/min HS= 0 m



MODELO		POTENCIA		Q	H metros																		
Monofásica	Trifásica	kW	HP		m³/h	0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	8.4	9.0	9.6	
				l/min	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160		
CPm 600	CP 600	0.37	0.50		22	21	20	18.5	17	15.5	14	12	9										
CPm 610	CP 610	0.60	0.85		30	28.5	27	25.5	23.5	21.5	19	16	12										
CPm 620	CP 620	0.75	1		35	34	33	31.5	30.5	29.5	28	26.5	24.5	22	19								
CPm 650	CP 650	1.1	1.5		42	41.5	41	40.5	39.5	39	38	36.5	35	33	30	27	24						
CPm 660	CP 660	1.5	2		48	47.5	47	46.5	46	45	43.5	42	40.5	38.5	36	33.5	31	28					
CPm 670	CP 670	2.2	3		57	56.5	55.5	55	54	53.5	53	52	50.5	49.5	47	45	42.5	38	33				
CPm 650M	CP 650M	1.1	1.5		39	38.5	38	37	36.5	36	35	34	33	32	30	28.5	26.5	24.5	22.5	20	18		
CPm 660M	CP 660M	1.5	2		43	42.5	42	41	40.5	40	39	37.5	36.5	35	34	32.5	31	29	27	25	23		
CPm 670M	CP 670M	2.2	3		51	50.5	50.5	50	49.5	48.5	47.5	46.5	45	44	42.5	41	39.5	37.5	36	34	32		

Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 App. A.

GRANDES EDIFICACIONES

Las bombas circuladoras Grundfos tipo UPS y UPSD están diseñadas para la circulación de líquidos poco densos, limpios, no agresivos ni explosivos, sin partículas sólidas, fibras o aceite mineral en sistemas de calefacción y sistemas de refrigeración y aire acondicionado. En sistemas de agua caliente sanitaria se recomienda utilizar bombas de bronce.

Gama adaptada

Cada bomba circuladora posee 3 velocidades de funcionamiento que permite elegir la curva que mejor se adapte a las necesidades del sistema.

Las bombas serie 200 ofrecen una amplia gama de resultados gracias a los más de 100 modelos disponibles tanto en versión monofásica (1x230V) como en versión trifásica (3x230V y 3x400V).

Seguridad

Las bombas dobles permiten tener una bomba en reserva en caso de fallo. Además gracias al accesorio opcional módulo relé permite definir el modo de funcionamiento:

en **alternancia**, las bombas funcionan alternativamente en reserva y en servicio. Funcionamiento en **reserva**, en el que las bombas funcionan constantemente como bomba de servicio mientras que la otra se encuentra en reserva y como bomba, **sencilla** que funcionan independientemente.

El módulo relé permite además, tanto en las bombas dobles como sencillas, la conexión directa de la bomba a un interruptor externo de red y un dispositivo externo para indicación de funcionamiento o fallo. La bomba se conecta directamente a la red, ya que incorpora protección contra sobrecarga en las 3 velocidades.

UPS - UPSD Serie 200



CARACTERÍSTICAS / CONSTRUCCIONES

Las bombas UPS y UPSD son del tipo rotor encapsulado, es decir, la bomba y el motor forman un conjunto sin cierre de eje y con sólo dos juntas para el sellado. Los cojinetes están lubricados por el líquido bombeado. Estas bombas se caracterizan por:

- Cojinetes radiales en cerámica.
- Cojinete de empuje en carbono.
- Camisa del rotor, soporte del cojinete y revestimiento del rotor en acero inoxidable.
- Carcasa de la bomba en fundición o bronce.
- Estator con interruptor de sobrecarga térmica incorporado.
- Motor con 3 velocidades.
- Temperatura del líquido:
 - Durante breves periodos: +140°C
 - Constantemente de -10°C a +120°C
- Grado de protección IP44.
- Clase aislamiento H y F según modelos.
- Presión máxima de trabajo 10 bares.

La bomba no necesita protección externa si lleva incorporado el módulo de protección.

Las bombas sencillas y dobles pueden suministrarse con un módulo estándar en la caja de conexiones. El módulo estándar se conecta al suministro de red mediante un contactor exterior.

Dependiendo de la versión de fundición y de la aplicación de la bomba, la temperatura máxima del líquido puede estar limitada por las normativas locales.

TABLA DE SELECCIÓN

Modelo	Caudal Q																			
	m ³ /h →	0	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	28	32	36	40	44	50	60
Modelo	Altura en mca.																			
UPS 32-30	2,5	2,0	1,6	1,0	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 32-60	5,1	4,8	4,2	3,5	2,5	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 32-120/2	9,9	9,1	8,3	7,3	5,9	4,2	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 40-30/4	2,4	2,1	2,0	1,7	1,3	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 40-60/2	4,9	4,7	4,4	4,1	3,7	3,2	2,6	2,0	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 40-60/4	6,5	5,9	5,5	5,0	4,4	3,8	3,0	2,2	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 40-120/2	9,5	9,1	8,8	8,3	7,6	6,6	5,5	4,3	2,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 40-180/2	13,1	12,5	12,0	11,4	10,5	9,6	8,4	7,1	5,6	3,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 40-185/2	17,2	15,1	13,8	12,4	10,8	9,2	7,4	5,7	3,9	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 50-30/4	2,5	2,4	2,2	2,1	1,9	1,6	1,4	1,1	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 50-60/2	6,2	5,8	5,7	5,5	5,3	5,0	4,6	4,2	3,7	3,2	2,6	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 50-60/4	4,7	4,5	4,4	4,2	4,0	3,7	3,5	3,2	2,8	2,4	2,0	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 50-120/2	9,2	8,9	8,8	8,8	8,6	8,3	7,9	7,4	6,8	6,1	5,3	4,5	2,6	-	-	-	-	-	-	-
UPS 50-180/2	12,9	12,5	12,2	11,9	11,5	11,1	10,5	9,9	9,2	8,4	7,5	6,6	4,3	-	-	-	-	-	-	-
UPS 50-185/2	17,1	16,1	15,4	14,6	13,7	12,0	11,6	10,4	9,2	7,9	6,6	5,2	2,4	-	-	-	-	-	-	-
UPS 65-30/4	2,4	2,2	2,1	2,1	2,0	1,8	1,7	1,6	1,4	1,3	1,1	0,9	0,5	-	-	-	-	-	-	-
UPS 65-60/4	5,0	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,3	4,1	3,9	3,7	3,5	3,3	2,8	2,3	1,7	-	-	-	-	-
UPS 65-60/2	6,0	5,6	5,3	5,1	4,9	4,7	4,5	4,3	4,1	4,0	3,8	3,6	3,0	2,4	1,6	-	-	-	-	-
UPS 65-120/2	10,0	9,8	9,7	9,5	9,4	9,2	9,0	8,8	8,6	8,3	8,0	7,7	6,9	6,0	4,9	3,7	2,4	-	-	-
UPS 65-180/2	14,4	14,2	14,0	13,8	13,6	13,4	13,1	12,9	12,5	12,2	11,8	11,4	10,5	9,4	8,2	6,8	5,1	-	-	-
UPS 65-185/2	17,1	16,7	16,5	16,1	15,6	15,1	14,6	13,9	13,2	12,5	11,6	10,8	8,9	6,9	4,8	2,6	-	-	-	-
UPS 80-30/4	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	1,7	1,5	1,3	1,0	0,6	-	-
UPS 80-60/4	5,6	5,6	5,5	5,5	5,5	5,4	5,3	5,2	5,2	5,1	5,0	4,9	4,6	4,4	4,1	3,7	3,4	2,7	1,6	-
UPS 80-120/2	10,9	10,7	10,4	10,3	10,2	10,1	10,0	9,9	9,8	9,7	9,5	9,4	9,0	8,5	8,0	7,4	6,7	5,6	3,4	-
UPS 100-30/4	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,8	3,8	3,7	3,6	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,4	1,7	-

k.6.3. Intercambiador de Calor

ALFA LAVAL INTERCAMBIADORES DE CALOR DE PLACAS MODELO M3

Descripción

El intercambiador de calor de placas consta de un paquete de placas metálicas de relieve corrugado con orificios para la circulación de los dos fluidos entre los que se va a producir transferencia térmica.

El paquete de placas se sitúa entre una placa (frame) bastidor y una placa de presión que, mediante unos pernos de apriete, comprimen el citado conjunto. Cada placa lleva una junta periférica (empaquetaduras) que sella los canales y dirige el fluido alternativamente entre placas. El número de placas se determina en función de los caudales, propiedades físicas de los fluidos, pérdidas de carga admisibles y programa de temperaturas. El corrugado de las placas facilita la formación de turbulencias y soporta la presión diferencial que se produce.

La placa de presión y el resto de las placas se encuentran suspendidas de una barra soporte, situada superiormente, y centrados por una barra guía inferior. Ambas barras se fijan a una columna soporte.

Las conexiones se sitúan en la placa de bastidor, o si alguno de los fluidos realiza más de un paso dentro de la unidad, se sitúan en las placas de bastidor y de presión.



Condiciones de trabajo

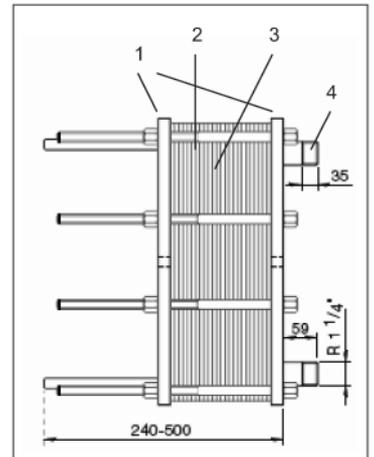
Capacidades típicas carga y programa de temperaturas	:	Flujo de 4 kg/s (aprox. 14 m ³ /h), dependiendo del tipo de fluidos, pérdidas de
Potencia entregada por el vapor al agua	:	50 kW - 250kW
Temperatura máxima de trabajo	:	140 °C
Presión máxima de trabajo	:	1 MPa (bastidores tipo FM y FG) 1,6 Mpa (bastidores tipo FGL)
Coefficiente de transferencia de calor	:	3500 -5500 W/m ² .°C
Máxima superficie de intercambio térmico	:	3,9 m ² (Bastidores FM y FG) 2,7 m ² (bastidores FGL)
Superficie de transferencia por placa	:	0,032 m ²

Materiales

1	Bastidor	Acero al carbono
2	Placa	Acero inoxidable AISI 316, Ti
3	Empaquetadura	M3: NBR EPDM M3X: NBR, EPDM, FKM
4	Conectores	Acero inoxidable

Conexiones

Rosca externa ISO R 1-1/4"
Rosca externa ISO G 1-1/4"

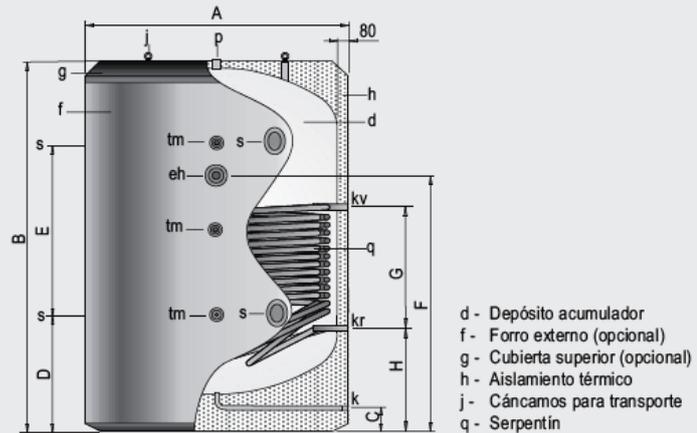


k.6.4. Interacumuladores Solares MV2500IS

Depósitos de inercia térmica, de 2000 a 5000 litros

lapesa

Acumulación en circuito primario con serpentín



Descripción

Para instalación en circuitos cerrados sin renovación de agua, son depósitos de gran capacidad para acumulación de energía solar o geotérmica, así como en circuitos frigoríficos. Fabricados en acero al carbono, con capacidades de 2000 a 5000 litros y serpentín intercambiador interno. Aislados térmicamente con espuma rígida de poliuretano inyectada en molde, libre de CFC.

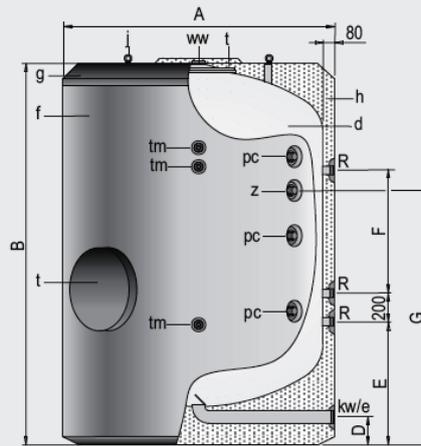
Características técnicas /Conexiones /Dimensiones		MV2000IS	MV2500IS	MV3000IS	MV3500IS	MV4000IS	MV5000IS
Capacidad depósito de inercia	l	2000	2500	3000	3500	4000	5000
Temperatura máx. depósito de inercia	°C	100	100	100	100	100	100
Presión máx. depósito de inercia (*)	bar	6	6	6	6	6	6
Capacidad de serpentín	l	24,5	45,6	45,6	48,8	48,8	48,8
Superficie de intercambio	m ²	3,1	5,7	5,7	6,1	6,1	6,1
Peso en vacío aprox.	Kg	390	579	616	655	966	1043
Cota A: diámetro exterior	mm	1360	1660	1660	1660	1910	1910
Cota B: longitud total	mm	2280	2015	2305	2580	2310	2710
Cota C:	mm	155	175	175	175	175	175
Cota D:	mm	720	835	835	835	900	900
Cota E:	mm	1060	590	880	1165	755	1155
Cota F:	mm	1537	1359	1552	1732	1543	1809
Cota G:	mm	710	780	780	830	830	830
Cota H:	mm	659	731	796	796	850	850
p: conexión superior	"GAS/H	2	2	2	2	2	2
s: conexión lateral	"GAS/H	4	4	4	4	4	4
k: conexión inferior	"GAS/H	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4
eh: conexión lateral	"GAS/H	2	2	2	2	2	2
tm: conexión sensores laterales	"GAS/H	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
kv,kr: conexiones serpentín	"GAS/H	1	1	1	1	1	1

k.6.5.Acumulador de ACS modelo MVV2500RB

Depósitos de acero vitrificado, de 1500 a 5000 litros

lapesa

Para acumulación



- d - Depósito acumulador A.C.S.
- f - Forro externo (opcional)
- g - Cubierta superior (opcional)
- h - Aislamiento térmico
- j - Cáncamos para transporte
- t - Boca de hombre DN400

Descripción

Depósitos de gran capacidad para acumulación de agua caliente sanitaria. Fabricados en acero vitrificado s/DIN 4753, con capacidades de 1500 a 5000 litros.

Aislados térmicamente con espuma rígida de poliuretano inyectada en molde, libre de CFC.

Todos los modelos disponen de conexiones para la incorporación de resistencias eléctricas de calentamiento como sistema principal de producción de ACS, o como sistema de apoyo.

Incorporan de serie equipo de protección catódica permanente "Lapesa Correx-up" (ver pag. 36).

Características técnicas /Conexiones /Dimensiones		MVV1500RB	MVV2000RB	MVV2500RB	MVV3000RB	MVV3500RB	MVV4000RB	MVV5000RB
Capacidad de A.C.S	l	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000
Temperatura máx. en continuo depósito de A.C.S	°C	90	90	90	90	90	90	90
Presión máx. depósito de A.C.S. (*)	bar	8	8	8	8	8	8	8
Peso en vacío aprox.	Kg	390	450	630	690	755	880	1040
Cota A: diámetro exterior	mm	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910
Cota B: longitud total	mm	1830	2280	2015	2305	2580	2310	2710
Cota D:	mm	175	175	200	200	200	200	200
Cota E:	mm	685	685	805	805	805	875	875
Cota F:	mm	330	780	300	590	875	465	870
Cota G:	mm	1115	1560	1250	1540	1755	1450	1805
kw/e: entrada agua fría/ desagüe	"GAS/M	2	2	3	3	3	3	3
ww: salida agua caliente	"GAS/M	2	2	3	3	3	3	3
z: recirculación	"GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
R: conexión resistencia	"GAS/M	2	2	2	2	2	2	2
tm: conexión sensores laterales	"GAS/M	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
pc: conexión protección catódica	"GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
nº de conexiones de protección catódica	und.	2	2	3	3	3	3	3

k.6.6. Vaso de Expansión

• Vasos expansión energía solar

Código	Artículo	Capacidad l	Presión máx. bar	Dimensiones D x H	Conex. de agua Ø	Precarga bar
<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura máxima: 130°C • Precarga: 2,5 bar • Apto para el uso hasta 50% anticongelante 						
MEMBRANA FIJA						
SO 09 021	5 SMF	5	10	200x240	3/4"	2,5
SO 09 022	8 SMF	8	10	200x335	3/4"	2,5
SO 09 023	12 SMF	12	10	270x304	3/4"	2,5
SO 09 024	18 SMF	18	10	270x405	3/4"	2,5
SO 09 025	24 SMF	24	8	320x425	3/4"	2,5
MEMBRANA INTERCAMBIABLE						
SO 09 026	35 SMR-P	35	10	360x615	1"	2,5
SO 09 027	50 SMR-P	50	10	360x750	1"	2,5
SO 09 028	80 SMR-P	80	10	450x750	1"	2,5
SO 09 029	100 SMR-P	100	10	450x850	1"	2,5
SO 09 030	220 SMR	200	10	485x1400	1-1/2"	2,5
SO 09 031	350 SMR	300	10	485x1965	1-1/2"	2,5
SO 09 032	500 SMR	500	10	600x2065	1-1/2"	2,5
SO 09 033	700 SMR	700	10	700x2215	1-1/2"	2,5

k.7. Diagrama de Moody

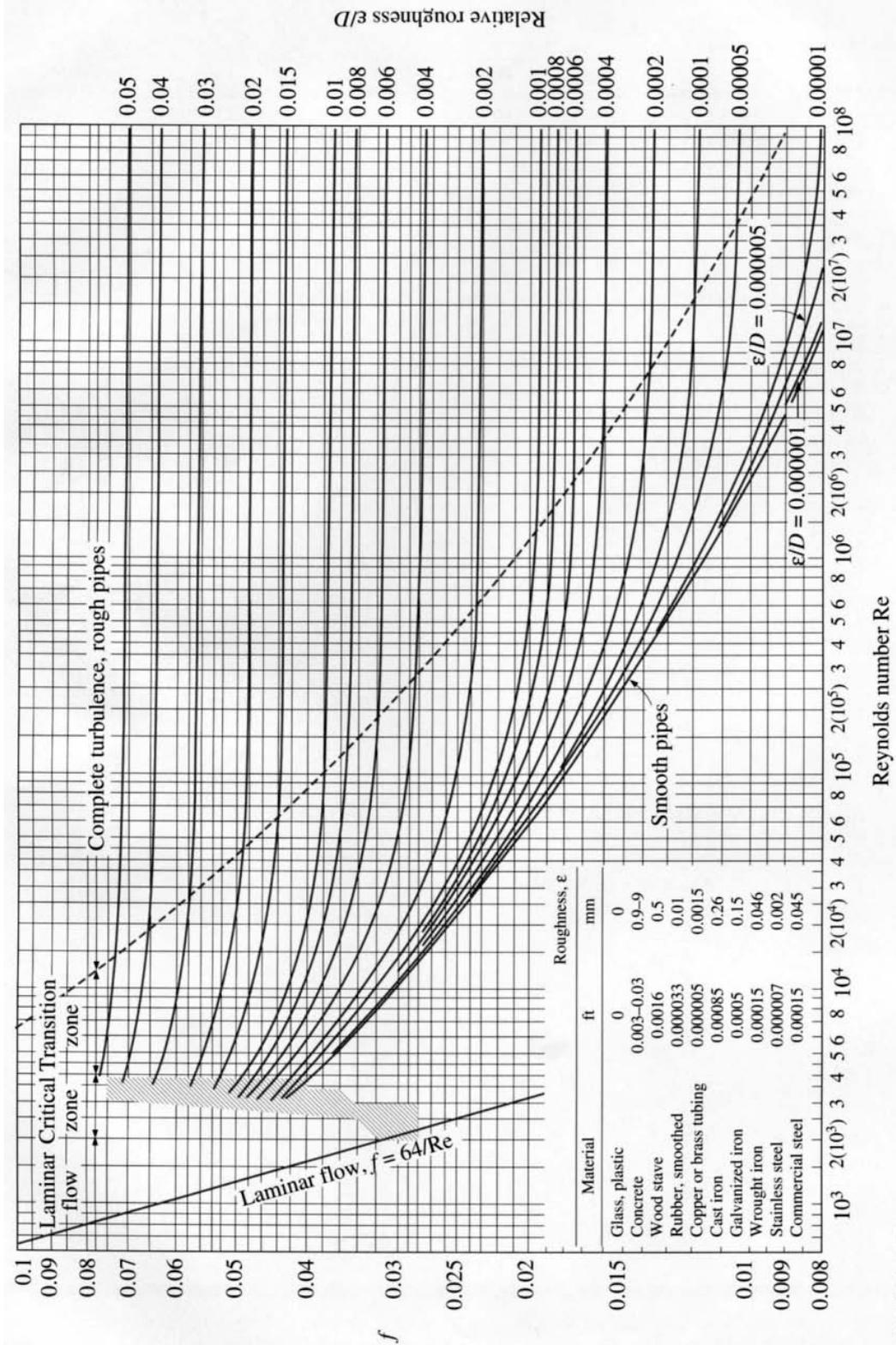


FIGURE A-27

The Moody chart for the friction factor for fully developed flow in circular tubes.

k.8. Imágenes del HIAL



k.9. ANEXO 7: Proyecto de Tesis



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

“PROYECTO DE TESIS”

AUTOR:

EDUARDO PATRICIO JUMBO SARANGO

FEBRERO DE 2011

1859

LOJA-ECUADOR

1. TÍTULO

DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE CALENTAMIENTO DE AGUA POR ENERGÍA SOLAR Y VAPOR PARA EL HOSPITAL “ISIDRO AYORA” DE LA CIUDAD DE LOJA.

2. PROBLEMÁTICA

2.1. Antecedentes

La presente investigación se realizará en el Hospital General “Isidro Ayora”, ubicado en la ciudad de Loja, de la Provincia de Loja , provincia serrana ubicada al sur de la región, se puede decir que la última provincia contando desde el norte, zona de diversos contrastes de climas , como lo son caliente, templado, y frio. La ciudad de Loja pertenece a un clima de baja temperatura ya que geográficamente es una zona muy alta con 2.135 m de altitud.

El centro de salud, creado en 1978 cuenta con 243 camas, con el propósito de brindar atención médica a la población de la ciudad de Loja sino también, a personas de cantones y provincias vecinas aledañas, ya que es un centro de salud pública donde se recibe pacientes de bajos recursos económicos. Actualmente la población que necesita atención médica está en crecimiento, lo cual exige una extensión de servicios, infraestructura, personal etc.

Los estudios de radiación solar, efectuados en la provincia nos otorgan datos de radiación de alrededor de 4.3 - 4.5 Kw/m², siendo un valor de buena consideración para cualquier tipo de proyecto de esta índole. En cuanto se refiere, al uso de esta energía o algún método para su captación en el hospital “Isidro Ayora, se puede decir que está en crecimiento y día a día se realizan estudios para poder efectuarlos físicamente.

2.2. Situación problemática

El uso del agua, es una de las necesidades más fundamentales del ser humano, ya que tiene que estar vinculada en cualquier actividad vital de las personas, al hablar de agua caliente en lo particular no referimos al uso de la misma para usos específicos en los cuales la temperatura de la misma sea un factor influyente, como es el caso de hospitales, centros de salud, spas, gimnasios, climatización, en alimentación. Donde el agua caliente nos beneficia tanto para la cocción de alimentos, como para el uso personal.

En el caso particular, donde existe más demanda de agua a mayor temperatura para acciones médicas es una casa de salud como lo es el Hospital Isidro Ayora, este centro de salud tiene una capacidad de 250 camas por lo que se trata de un centro de salud grande, que así mismo necesita suficiente suministro de agua fría y caliente, especialmente caliente ya que esta necesita un método y proceso para elevar su temperatura, este hospital en si ya tiene un sistema de calefacción de agua que es mediante el uso de vapor de agua, generada por dos calderos ubicados en el mismo hospital, pero el problema principal es la demanda de agua en la mayoría de plantas del hospital, ya que el agua que es calentada por el vapor de agua de los calderos es mayoritariamente empleada en las lavanderías y cocina del hospital, no abastece a sectores como los de pediatría, gimnasio hidroterapia, laboratorio etc.

Tenemos en cuenta que la energía solar tiene un creciente potencial y es poco aprovechada en el Ecuador, sobre todo en la provincia de Loja, por lo que se debe incentivar e informar acerca de la gran alternativa energética que se puede obtener de esta. Utilizando diferentes dispositivos de captación de la misma como son los paneles solares o colectores solares.

2.3. Problema general de la investigación

El Hospital General “Isidro Ayora” no dispone del diseño de un sistema híbrido de calentamiento de agua que funcione con energía solar y vapor, para cubrir la demanda de agua que tiene este centro de salud.

2.4. Delimitación

2.4.1. Problemas específicos de la investigación.

- No se cuenta con una evaluación de los requerimientos de agua según el número de departamentos del hospital.
- Se necesita rediseñar el la red de distribución de agua caliente para el abastecimiento de todo el centro hospitalario.
- No se dispone del diseño de un sistema híbrido de calentamiento de agua que funcione con energía solar y vapor.

2.4.2. Espacio

Para llevar a cabo esta investigación, en la misma que se necesitará de la adquisición de datos de cargas y radiación solar, conjuntamente con planos, se efectuara en el Hospital General “Isidro Ayora” de Loja, en conjunto con el AEIRNNR de la Universidad Nacional de Loja.

2.4.3. Tiempo

El tiempo a realizarse el presente trabajo es de 11 meses con la coordinación y cooperación de los diferentes profesores docentes de la Universidad Nacional de Loja.

2.4.4. Unidades de Observación.

- Área de mantenimiento del hospital “Isidro Ayora”
- Estructura del hospital “Isidro Ayora”
- Agua caliente sanitaria
- Energía solar.
- Redes de distribución de Agua
- Intercambiadores de Calor.
- Colectores solares
- Aislamiento térmico

3. JUSTIFICACIÓN Y VIABILIDAD.

3.1. Justificación.

La Universidad Nacional de Loja, que se basa en la formación de profesionales con visión y responsabilidad social, tiene implementado el sistema SAMOT el cual es un modelo pedagógico implementado actualmente, y que es el más conveniente para esta investigación, ya que es con objetos de transformación.

La actual investigación consistente en problemas que se originan en los diferentes sectores sociales como lo es el hospital “Isidro Ayora”, se ha convenido en el análisis y diseño de un sistema de calentamiento de agua que funcione de forma mixta con vapor para dicho hospital, para realizar la misma se extraerá información de documentos, libros e internet, y de esta forma respaldar los temas a desarrollarse.

Este proyecto de investigación está diseñado de manera que sea de vital importancia, ya que de esta manera se aportara con resultados, los mismos que servirán como apoyo a estudiantes ,personas en general, y sobre todo en el plaza donde se va a realizar que es el hospital. Con este apoyo también se lograra que los mismos estudiante personas en general tengan una visión más clara acerca de uso de energía solar para resolver problemas de calefacción, energía etc. y así poder aportar de alguna manera al cuidado del planeta y el uso de energías limpias.

3.2. Viabilidad

Una vez obtenido, la formación profesional e intelectual, de parte de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Nacional de Loja, en la que se ha ido interactuando con distintos conocimientos basados en fenómenos físicos, mecánicos, eléctricos, etc., de la mano de docentes de gran experiencia en proyectos de diversas índole ya mencionados.

El lugar a efectuarse la investigación tiene lugar en el hospital Isidro ayora donde es factible realizar nuestro trabajo. Gracias a la apertura que le da éste a los estudiantes universitarios.

Con todo esto y con una correcta utilización de distintas normas, formulas y reglas a seguir, se da por hecho que es viable efectuar esta investigación.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

“Realizar el cálculo y diseño de una red y sistema de calefacción de agua con energía proporcionada por colectores solares que actúe de forma mixta con vapor.”

4.2. Objetivos Específicos

- Establecer el número de consumidores y el caudal de agua en necesario en los diferentes sectores del hospital.
- Efectuar el levantamiento de la red hidráulica, y seleccionar el tipo de material de la tubería.
- Seleccionar el número de colectores necesarios y el acoplamiento al sistema de vapor.

5. MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO I

1. EL AGUA.

El agua es un líquido inodoro, insípido e incoloro aunque también puede hallarse en estado sólido (cuando se conoce como hielo) o en estado gaseoso (vapor). Fundamental componente que constituye el componente principal de todo ser vivo y orgánico.

El agua es el componente que aparece con mayor abundancia en la superficie terrestre (cubre cerca del 71% de la corteza de la Tierra). Forma los océanos, los ríos y las lluvias. La circulación del agua en los ecosistemas se produce a través de un ciclo que consiste en la evaporación o transpiración, la precipitación y el desplazamiento hacia el mar.

1.1. Agua caliente sanitaria

Al hablar de agua caliente sanitaria nos referimos al agua que empleamos en casa para diversos usos, para limpiar, cocinar, asearnos, etc.

En materia de energía, las siglas ACS significan “agua caliente sanitaria”. Que es el agua potable de que disponemos en nuestros hogares y oficinas y que calentamos para nuestra higiene personal, limpieza del hogar, cocina, etc.

El agua caliente sanitaria puede obtenerse por calderas o calentadores que se emplean para calentar el agua mediante distintos tipos de energía: electricidad, gasóleo, gas natural, gas butano, etc.

1.2. Agua caliente solar

El Agua caliente solar se refiere a un dispositivo que permite captar la energía del sol y transferirla al agua mediante un intercambiador de calor con el fin de ser utilizado con fines sanitarios. El líquido calentado transfiere el calor hacia un depósito de acumulación, donde es almacenada. **Fig. 1.1**

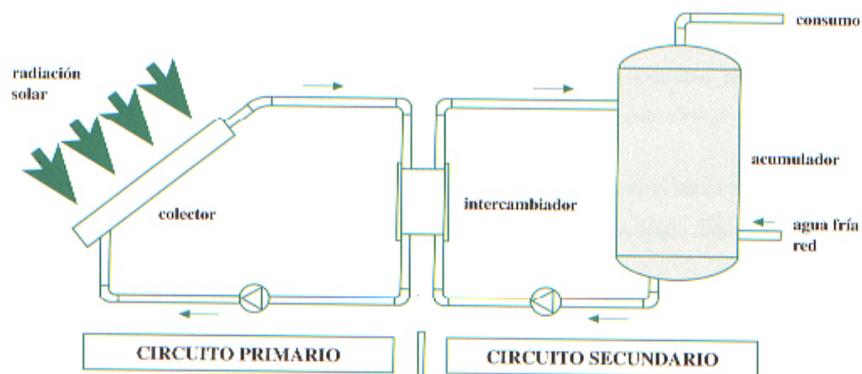


Fig. 1.1 Un calentador solar de agua.

En una vivienda el agua caliente de sanitaria puede calentarse y almacenar en un depósito de agua caliente, que puede consumirse directamente (Calentador solar) o conectarse en serie con un calentador de agua convencional.

Los paneles tienen una placa receptora y tubos por los que circula un líquido calo-portador adheridos a ésta. El receptor que es recubierto con una capa selectiva oscura asegura la transformación de radiación solar en calor, mientras que el líquido que circula por los tubos transporta el calor hacia donde puede ser utilizado o almacenado.

El líquido calentado se bombea hacia un intercambiador de energía (una espiral de tubos dentro del compartimento de almacenado o un aparato externo) donde cede el calor y luego recircula de vuelta hacia el panel para ser recalentado.

2. CANTIDAD DE CALOR

2.1. CALOR SENSIBLE

Se denomina calor sensible a la energía calorífica que, aplicada a una sustancia, aumenta su temperatura y por tanto su estado.

El nombre proviene de la oposición a calor latente, que se refiere al calor "escondido", es decir que se surte pero no "se nota" el efecto de aumento de temperatura, ya que por lo general la sustancia a la que se le aplica aumentará su temperatura en apenas un grado centígrado, como un cambio de fase de hielo a agua líquida y de ésta a vapor. El calor sensible se nota, ya que eleva la temperatura de la sustancia, haciendo que se perciba como "más caliente", de lo contrario, si le resta calor, percibimos como "más fría".

La constante de proporcionalidad recibe el nombre de calor específico. El calor sensible se puede calcular por:

$$Q_s = \Delta H_L = m C_p (t_2 - t_1)$$

En donde:

$m =$ *masa del cuerpo*

$C_p =$ *calor específico a presión constante*

$t_2 = \text{temperatura final}$

$t_1 = \text{temperatura inicial del cuerpo.}$

Si el proceso se efectuara a volumen constante, entonces el calor sensible sería

$$Q_s = \Delta U_L = m C_v(t_2 - t_1)$$

En donde:

$C_v = \text{calor específico a volumen constante}$

2.2. CALOR LATENTE

El calor de cambio de estado, es la energía requerida por una sustancia para cambiar de estado, de sólido a líquido (calor de fusión) o de líquido a gaseoso (calor de vaporización). Al cambiar de gaseoso a líquido y de líquido a sólido se libera la misma cantidad de energía.

Cuando se aplica calor al hielo, va ascendiendo su temperatura hasta que llega a 0°C (temperatura de cambio de estado), a partir de entonces, aun cuando se le siga aplicando calor, la temperatura no cambia hasta que se haya fundido del todo. Esto se debe a que el calor se emplea en la fusión del hielo.

Una vez fundido el hielo la temperatura volverá a subir hasta llegar a 100°C ; desde ese momento se mantendrá estable hasta que se evapore toda el agua.

Calor latente de algunas sustancias.-De acuerdo a la estructura molecular de cada sustancia estas tienen diferentes valores de calor de fusión como la siguiente tabla:

SUSTANCIA	λ_f en cal/gr.
Agua	80
Hierro	6
Cobre	42
Plata	21
Platino	27
Oro	16
Mercurio	2.8
Plomo	5.9
Amoníaco	180

Tabla 1 Calor latente de fusión de algunas sustancias

CAPÍTULO II

1. EL SOL COMO FUENTE DE ENERGÍA

El Sol es la estrella más cercana a la Tierra y está catalogada como una estrella enana amarilla. Sus regiones interiores son totalmente inaccesibles a la observación directa y es allí donde ocurren temperaturas de unos 20 millones de grados necesarios para producir las reacciones nucleares que producen su energía.

El sol ha sido, desde siempre, fuente de vida y energía para la Tierra. Se plantea ahora como medio de energía alternativo, limpio y barato. Cuenta, además, con la ventaja de evitar la dependencia de otras materias contaminantes y garantizar su duración al menos otros 6.000 millones de años. El sol arroja sobre la tierra 4.000 veces más energía de la que se puede utilizar.

La energía solar tiene dos principales formas de aprovechamiento: producir electricidad y calor. En el primer caso se conseguirá a través de la energía solar fotovoltaica y la segunda mediante energía solar térmica. Procesos que nada tienen que ver entre sí en cuanto a tecnología o aplicación.

Energía solar fotovoltaica.- Aun no del todo desarrollada, la luz solar se transforma en energía a través de celdas y paneles fotovoltaicos que están fabricadas con silicio. Varias celdas fotovoltaicas conectadas en serie forman un panel fotovoltaico. La energía generada por estos paneles puede utilizarse para alimentar hogares, automóviles eléctricos o negocios. Las celdas también se utilizan individualmente para pequeñas máquinas, como calculadoras.

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. Adicionalmente puede emplearse para alimentar una máquina de refrigeración por absorción, que emplea calor en lugar de electricidad para producir frío con el que se puede acondicionar el aire de los locales.

1.1. RADIACIÓN SOLAR

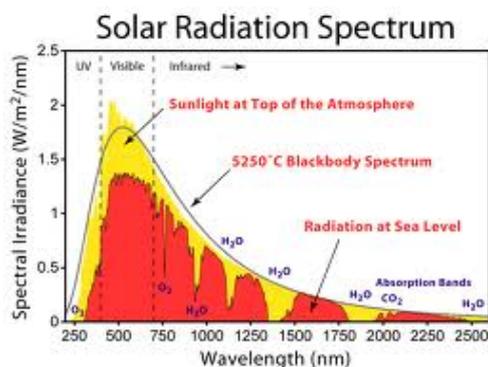


Fig. 2.1 Espectro de la irradiancia solar

Radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. El Sol emite energía siguiendo la ley de Planck a una temperatura de unos 6000 K. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, porque las ondas ultravioletas más cortas, son absorbidas por el ozono de la atmosfera. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la Tierra. Su unidad es el W/m^2 (vatio por metro cuadrado). **Fig.2.1**

La radiación solar se mide normalmente con un instrumento denominado piranómetro.

1.2. Dirección de incidencia de la irradiación solar

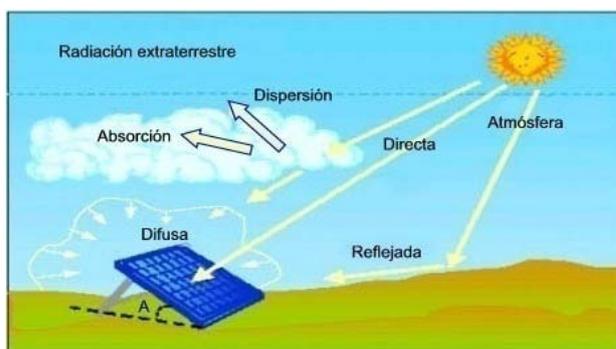


Fig. 2.2 Rayo incidente

El estudio de la dirección con la cual incide la irradiación solar sobre los cuerpos situados en la superficie terrestre, es de especial importancia cuando se desea conocer su comportamiento al ser reflejada. La dirección en que el rayo salga reflejado dependerá de la incidente.

Con tal fin se establece un modelo que distingue entre dos componentes de la irradiación incidente sobre un punto: la irradiación solar directa y la irradiación solar difusa.

- *Irradiación Solar Directa*, es aquella que llega al cuerpo desde la dirección del Sol.
- *Irradiación Solar Difusa*, es aquella cuya dirección ha sido modificada por diversas circunstancias (densidad atmosférica, partículas u objetos con los que choca, reemisiones de cuerpos, etc.). Por sus características esta luz se considera venida de todas direcciones.

La suma de ambas es la irradiación total incidente. La superficie del planeta está expuesta a la radiación proveniente del Sol. La tasa de irradiación depende en cada instante del ángulo que forman la normal a la superficie en el punto considerado y la dirección de incidencia de los rayos solares. Dada la lejanía del Sol respecto de nuestro planeta, aproximadamente, los rayos del Sol inciden básicamente paralelos sobre el planeta. No obstante, en cada punto del mismo, localmente considerado, la inclinación de la superficie respecto a dichos rayos depende de la latitud y de la hora del día para una cierta localización en longitud. Dicha inclinación puede definirse a través del ángulo que forman el vector normal a la superficie en dicho punto y el vector paralelo a la dirección de incidencia de la radiación solar.

1. CAPTACIÓN TÉRMICA DE LA ENERGÍA SOLAR

Se entiende por captación térmica de la energía solar al procedimiento de transformación de la energía radiante del sol en calor o energía térmica.

Nos referimos a aplicaciones de la energía solar a baja temperatura cuando la energía térmica que se obtiene se utiliza para temperaturas inferiores a 80 °C.

Se pretende de esta forma obtener a partir del sol una energía que podemos utilizar en aplicaciones térmicas: calentar agua sanitaria, usos industriales, calefacción de espacios, calentamiento de piscinas, secaderos, etc.



Fig. 2.3 Panel solar con tanque de almacenamiento

1.1. Principio de funcionamiento

Cuando se expone una placa metálica al sol, se calienta, pero si además esta placa es negra, la energía radiante del sol es absorbida en mayor medida. Cuando se calienta la placa negra ésta aumenta su temperatura con lo cual empieza a perder calor por los distintos mecanismos: por conducción a través de los soportes que lo sujetan, por convección a través del aire que le rodea y por radiación.

1.2. Efecto invernadero

Al colocar un cristal entre la placa absorbidora y el sol ocurre que, como el cristal es transparente a la radiación solar pero es opaco a la radiación infrarroja, no deja pasar la radiación de mayor longitud de onda que emite la placa al calentarse.

De esta forma se produce una “trampa energética de radiaciones” que impide que la energía radiante que ha atravesado el vidrio vuelva a salir; esta trampa constituye el denominado efecto invernadero. El vidrio también evita el contacto directo de la placa con el aire ambiente con lo que, además, se evitarán las pérdidas por convección antes referidas.

2. EL CAPTADOR SOLAR PLANO

Si se completa el conjunto de la placa absorbidora con el vidrio aislándolo por la parte posterior y por los laterales se consigue que la placa pierda menos calor y, por tanto, aumente su temperatura. Si a la placa se adhiere un serpentín o un circuito de tubos por la que se pueda circular un fluido se habrá conseguido que el fluido aumente su temperatura al circular por la placa con lo que se estará evacuando la energía térmica de la placa. El fluido caliente se podrá conducir a través de un circuito hidráulico hasta

donde se quiera. Si todo el conjunto anterior se encierra en una caja para sujetar todos los componentes y evitar que se deterioren por los agentes exteriores se habrá realizado el denominado captador solar plano.

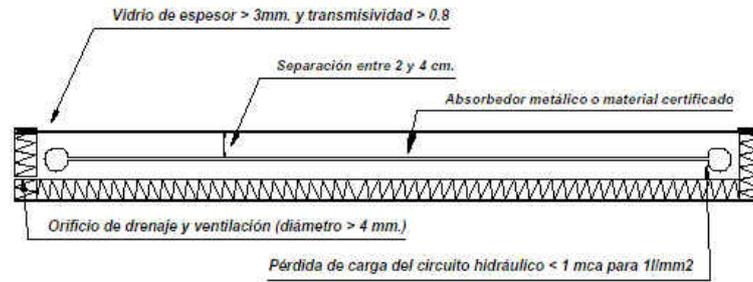


Fig. 2.4 Captador solar

3. INSTALACIONES SOLARES

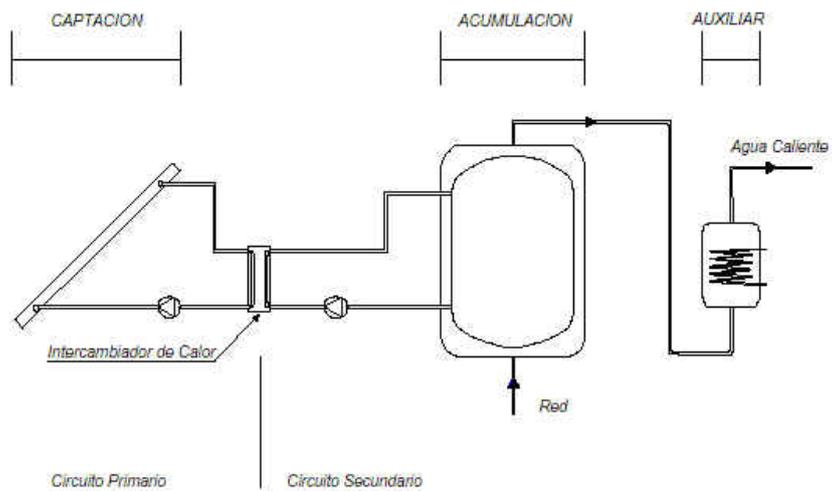


Fig. 2.5 Esquema y funcionamiento básico de una instalación solar

3.1. Funcionamiento

Básicamente el funcionamiento de una instalación (en lo que sigue, lo que se diga para una instalación solar térmica, incluye a los equipos solares domésticos) es el siguiente:

- Captación de la energía radiante para transformarla directamente en energía térmica, con el aumento de temperatura de un fluido de trabajo.
- Almacenamiento de dicha energía térmica, bien en el mismo fluido de trabajo de los colectores, o bien transferida al agua de consumo para su posterior utilización.

4. ELEMENTOS BÁSICOS DE UN EQUIPO SOLAR DOMESTICO

Un equipo solar doméstico, al igual que una instalación solar, puede estar constituido por:

- Un sistema de captación formado por uno o varios captadores que transforman la radiación solar incidente en energía térmica de forma que se calienta el fluido de trabajo que aquellos contienen.
- Un sistema de acumulación constituido por un depósito que almacena el agua caliente hasta que se precise su uso.
- Un sistema de intercambio que realiza la transferencia de energía térmica captada desde el circuito de colectores, o circuito primario, al agua caliente que se consume.
- Un circuito hidráulico constituido por tuberías, bombas, válvulas, etc., que se encarga de conducir el movimiento del fluido caliente desde el sistema de captación hasta el sistema de acumulación y desde éste a la red de consumo.
- Un sistema de regulación y control que fundamentalmente se encarga de asegurar el correcto funcionamiento del equipo, para proporcionar un adecuado servicio de agua caliente y aprovechar la máxima energía solar térmica posible. Por otro lado, pueden incorporar distintos elementos de protección de la instalación.
- Adicionalmente los equipos suelen disponer de un sistema de energía auxiliar que se utiliza para complementar el aporte solar suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista garantizando la continuidad del suministro de agua caliente en los casos de escasa radiación solar o consumo superior al previsto.

La placa captadora es el elemento principal que recoge la radiación solar y transmite el calor que ésta transporta. Está construida de material metálico negro, o plástico cuando la temperatura es inferior a 50 °C. Se orienta hacia el Sur con una inclinación igual a la latitud geográfica del lugar.

Esta placa debe absorber la máxima radiación posible para convertirla en energía térmica con el mayor rendimiento y transferir la mayor cantidad posible de calor al

fluido portador. Para mejorar estas placas se emplean los llamados "recubrimientos selectivos", productos de máxima absorción de radiación y mínima emisión.

El circuito por donde circula el fluido que transporta el calor puede ser:

- Pasivo o por circulación natural (termosifón)
- Activo o por circulación forzada (bombeo)

A su vez, el circuito puede ser también:

- Abierto: utiliza agua de la red general, que se hace pasar por el colector; este sistema presenta problemas de corrosión e incrustaciones
- Cerrado: emplea agua tratada en un circuito que cede el calor al agua de consumo en un intercambiador de calor

El rendimiento del colector aumenta utilizando una cubierta transparente que protege la placa colectora y produce un efecto invernadero al atrapar el calor incidente. Estas cubiertas son de vidrio, plásticos o combinaciones de estos materiales; la elección del material y del número de cubiertas suele depender del coste y del aumento del rendimiento obtenido.

El aislamiento térmico reduce las pérdidas de calor, utilizándose como tal lana de vidrio o corcho sintético.

La caja protege todos los elementos del colector y permite ensamblar sus diferentes componentes, solándose presentar en variados aspectos y materiales. Sus superficies se suelen tratar con pinturas resistentes al ambiente en que va a ser instalada.

Finalmente, para mejorar el rendimiento de los colectores de placa plana se puede eliminar el aire del espacio situado entre la superficie absorbente y la cubierta transparente. A este tipo de colector se le conoce con el nombre de "colector de vacío", cuyo coste es más del doble del de los convencionales, pero que permite obtener temperaturas muy próximas a los 100 °C.

CAPÍTULO III

1. CALEFACCIÓN POR VAPOR DE AGUA

1.1. CALDERAS

INTRODUCCION

Las Calderas o Generadores de vapor son instalaciones industriales que, aplicando el calor de un combustible sólido, líquido o gaseoso, vaporizan el agua para aplicaciones en la industria.

Máquinas de vapor alternativas de variada construcción han sido usadas durante muchos años como agente motor, pero han ido perdiendo gradualmente terreno frente a las turbinas. Entre sus desventajas encontramos la baja velocidad y (como consecuencia directa) el mayor peso por Kw de potencia, necesidad de un mayor espacio para su instalación e inadaptabilidad para usar vapor a alta temperatura.

Para medir la potencia de la caldera, y como dato anecdótico, James Watt recurrió a medir la potencia promedio de muchos caballos, y obtuvo unos 33.000 libras-pie/minuto o sea 550 libras-pie/seg., valor que denominó HORSE POWER, potencia de un caballo, al transferirlo al sistema métrico de unidades, daba algo más de 76 kgm/seg. Pero, la Oficina Internacional de Pesos y Medidas de París, resolvió redondear ese valor a 75 más fácil de simplificar, llamándolo "Caballo Vapor" en homenaje a Watt.

2. GENERALIDADES

Las calderas de vapor, básicamente constan de 2 partes principales:

2.1. Cámara de agua.

Recibe este nombre el espacio que ocupa el agua en el interior de la caldera. El nivel de agua se fija en su fabricación, de tal manera que sobrepase en unos 15 cm. por lo menos a los tubos o conductos de humo superiores. Con esto, a toda caldera le corresponde una cierta capacidad de agua, lo cual forma la cámara de agua.

Según la razón que existe entre la capacidad de la cámara de agua y la superficie de calefacción, se distinguen calderas de gran volumen, mediano y pequeño volumen de agua. Se puede decir las calderas de gran volumen de agua tienen la cualidad de mantener más o menos estable la presión del vapor y el nivel del agua, pero tienen el defecto de ser muy lentas en el encendido, y debido a su reducida superficie producen poco vapor. Son muy peligrosas en caso de explosión y poco económicas. La caldera de pequeño volumen de agua, por su gran superficie de calefacción, son muy rápidas en la producción de vapor, tienen muy buen rendimiento y producen grandes cantidades de vapor. Debido a esto requieren especial cuidado en la alimentación del agua y regulación del fuego, pues de faltarles alimentación, pueden secarse y quemarse en breves minutos.

2.2. Cámara de vapor.

Es el espacio ocupado por el vapor en el interior de la caldera, en ella debe separarse el vapor del agua que lleve una suspensión. Cuanto más variable sea el consumo de vapor, tanto mayor debe ser el volumen de esta cámara, de manera que aumente también la distancia entre el nivel del agua y la toma de vapor.

3. TIPOS DE CALDERAS

3.1. Calderas de Gran Volumen de Agua.

Las calderas de gran volumen de agua son las más sencillas y de construcción antigua. Se componen de uno a dos cilindros unidos entre sí y tienen una capacidad superior a 150 H de agua por cada m² de superficie de calefacción. Dentro de estas podemos tener las siguientes:

- *Calderas Sencillas*
- *Calderas con Hervidores*
- *Calderas de Hogar Interior*

3.2. Calderas de Mediano Volumen de Agua (Ignitubulares).

Las calderas de mediano volumen de agua están provistas de varios tubos de humo y también de algunos tubos de agua, con lo cual aumenta la superficie de calefacción, sin aumentar el volumen total del agua.

Dentro de este tipo tenemos:

- *Caldera Semitubular*
- *Caldera Locomotora*
- *Calderas de Galloway*
- *Calderas Marinas*
- *Calderas Semifijas*
- *Calderas Combinada*

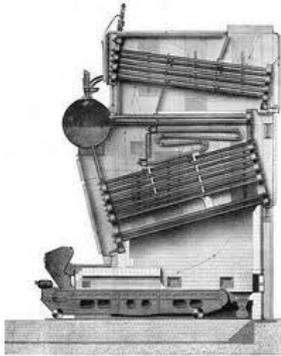
3.3. Calderas de Pequeño Volumen de Agua

Las calderas de pequeño volumen de agua están formadas por numerosos tubos de agua de pequeño diámetro, con los cuales se aumenta considerablemente la superficie de calefacción. Como son:

- *Acuotubulares*
- *Calderas de vapor verticales acuotubulares*
 - *Caldera Babcock-Wilcox.*
 - *Calderas Stirling.*
 - *Caldera Borsig.*
 - *Calderas Yarrow y Thornycroft.*
 - *Calderas Con tubos de Humo y de Agua.*
 - *Calderas Piro tubulares.*
 - *Calderas horizontales*



Fig. 3.3 Caldera horizontal



*Fig 3.1 Caldera Borsig
y agua*

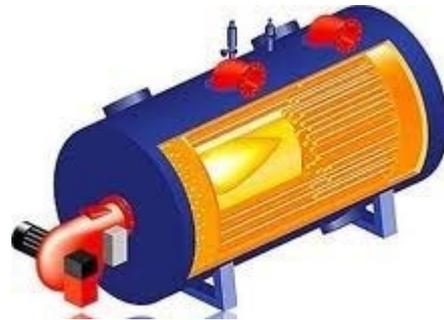


Fig. 3.2 Caldera con tubos de humo

6. METODOLOGÍA

6.1. Matriz de Consistencia General.

PROBLEMÁTICA: “El Hospital General “Isidro Ayora” no dispone del diseño de un sistema híbrido de calentamiento de agua que funcione con energía solar y vapor, para cubrir la demanda de agua existente”				
TEMA	PROBLEMA	OBJETO DE INVESTIGACION	OBJETIVO	HIPOTESIS
DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE CALENTAMIENTO DE AGUA POR ENERGÍA SOLAR Y VAPOR PARA EL HOSPITAL “ISIDRO AYORA” DE LA CIUDAD DE LOJA.	“El agua caliente distribuido actualmente, no cubre, totalmente con toda la demanda de los consumidores del hospital”	Hospital “Isidro Ayora”	Analizar y diseñar un sistema de calentamiento de solar de agua que funcione de manera mixta con vapor.	Mediante una correcta aplicación de cálculos y diseño se logrará que el calentamiento de agua con energía solar sirva para cubrir la demanda del hospital.

6.2. Materiales, métodos y técnicas de trabajo.

6.2.1. Materiales

- Libros
- Computadoras
- Instrumentos de medición
- Planos

6.2.2. Métodos

- **Método Inductivo**

Con la visualización del presente proyecto de tesis, se ha determinado, que se puede solventar la demanda de agua caliente, mediante la utilización de un sistema mixto de energía solar y vapor.

- **Método Experimental**

Haciendo uso de diferentes conocimientos y principios científicos, se puede hacer una serie de experimentos, y operaciones al sistema realizado, para así darnos cuenta de su comportamiento, o fallas que este pueda tener.

- **Método Explicativo**

Este método tiene que ser utilizado, ya que el presente trabajo debe tener un esquema claro y conciso, de manera que cualquier persona, que tome parte de este trabajo pueda tener una idea precisa acerca del tema tratado.

- **Método Estadístico**

Con este método, podemos analizar y observar datos obtenidos a través de diversas tablas y gráficas que son de mucha ayuda para verificar resultados.

7. CRONOGRAMA

ACTIVIDADES	Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Septiembre				Octubre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Elaboración del diseño del proyecto	x	x	x	x																												
Presentación y aprobación del diseño de proyecto					x	x	x	x																								
Compilación de información					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x												
Averiguación de puntos en donde se requiere agua caliente													x	x	x																	
Uso de métodos para determinar demanda de agua caliente																	x	x	x	x												
Establecer las épocas de mayor radiación solar																			x	x	x											
Realizar el análisis de demanda de agua y sustancial ahorro																					x	x	x	x	x							
Ejecución de cálculos																							x	x	x	x	x					
Presentación de Resultados																													x	x	x	x

8. PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO.

- Gastos por internet
- Gastos por transporte
- Gastos fotocopias, de documentos y libros.
- Gastos por impresión de información y planos.
- Gastos por impresiones del documento
- Gastos por medios de comunicación.
- Programas de computación

Haciendo un estimado de los rubros mencionados, se puede hacer una virtual estimación de costos que tendría la ejecución de este proyecto de grado, que sería un aproximado de 1000 USD

Financiamiento

Los gastos a cubrir para la resolución del proyecto así como, gastos imprevistos serán totalmente cubiertos por el autor de este proyecto

9. BIBLIOGRAFÍA

PÁGINAS WEB

- <http://es.sunrain.com/3-non-pressure.html>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_caliente_solar
- http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_solar
- <http://www.mailxmail.com/curso-como-conservar-medio-ambiente/sol-como-fuente-energia-1>
- http://www.obras.unam.mx/normas/proy_ing/ing_elec/hidrauli/sanit.html
- <http://html.rincondelvago.com/calderas-y-generadores-de-vapor.html>

10. ANEXOS

10.1. Matriz de consistencia específica

OBJETIVO ESPECÍFICO: Establecer el número de consumidores y el caudal de agua en necesario en los diferentes sectores del hospital			
PROBLEMA	UNIDAD DE OBSERVACIÓN	HIPÓTESIS	SISTEMA CATEGORIAL
“No se cuenta con una evaluación de los requerimientos de agua según el número de departamentos del hospital”	Áreas Hospital “Isidro Ayora”	Mediante el sondeo obtendremos datos, acerca el número de consumidores y carga.	<ol style="list-style-type: none">1. Volumen de agua2. Caudal

OBJETIVO ESPECÍFICO: Seleccionar el número de colectores necesarios y el método de acoplamiento al sistema de vapor.

PROBLEMA	UNIDAD DE OBSERVACIÓN	HIPÓTESIS	SISTEMA CATEGORIAL
No se dispone del diseño de un sistema híbrido de calentamiento de agua que funcione con energía solar y vapor.	Colectores solares	Con la ayuda de los datos de volumen y caudal de agua caliente requerida, se conseguirá fijar el tipo y número de colectores solares. .	<ol style="list-style-type: none">1. Radiación Solar.2. Instrumentos de medición (piranómetro).3. Transferencia de calor para radiación convección natural.4. Tipos de colectores solares.

OBJETIVO ESPECÍFICO: Efectuar el levantamiento de la red hidráulica, y seleccionar el tipo de material de la tubería.

PROBLEMA	UNIDAD DE OBSERVACIÓN	HIPÓTESIS	SISTEMA CATEGORIAL
<p>“Se necesita rediseñar el la red de distribución de agua caliente para el abastecimiento de todo el centro hospitalario”</p>	<p>Red de distribución actual de agua caliente del hospital “Isidro Ayora”</p>	<p>Al realizar el análisis de carga, se requiere de una red, para la distribución del agua caliente, en función de consumo y los usuarios.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Temperatura de circulación del agua. 2. Tipos de tuberías. 3. Redes de distribución de agua

10.2. Matriz de Operatividad de Objetivos Específicos

OBJETIVO ESPECÍFICO: Establecer el número de consumidores y el caudal de agua en necesario en los diferentes sectores del hospital						
TAREA	METODOLOGÍA	FECHA		RESPONSABLES	PRESUPUESTO	RESULTADOS ESPERADOS
		INICIO	FINAL			
Realizar un sondeo para determinar los puntos donde se necesita abastecer de agua caliente, y reunir estos datos.	Método de la observación científica sistemática.	01-10-2010	15-10-2010	Eduardo Jumbo	5 USD	Conocer el número de puntos donde no existe agua caliente, y se requiera la misma.

OBJETIVO ESPECÍFICO: Seleccionar el número de colectores necesarios y el método de acoplamiento al sistema de vapor.

TAREA	METODOLOGÍA	FECHA		RESPONSABLES	PRESUPUESTO	RESULTADOS ESPERADOS
		INICIO	FINAL			
Calcular el tipo y la cantidad de colectores que se va a utilizar en conjunto con el vapor de agua proveniente de la caldera	Método analítico. Método bibliográfico	10-11-2010	10-12-2010	Eduardo Jumbo	30 USD	Con la ayuda de esto, podremos observar si el potencial de la energía solar nos ayudará con la demanda.

OBJETIVO ESPECÍFICO: Efectuar el levantamiento de la red hidráulica, y seleccionar el tipo de material de la tubería.

TAREA	METODOLOGÍA	FECHA		RESPONSABLES	PRESUPUESTO	RESULTADOS ESPERADOS
		INICIO	FINAL			
Rediseñar el modelo de la red de distribución, por donde circulará el agua caliente requerida.	Método analítico. Método bibliográfico Método experimental.	05-01-2011	15-02-2011	Eduardo Jumbo	50 USD	La red de agua caliente estará distribuida por todo el hospital, para abastecer los puntos antes seleccionados

10.3. Matriz de control de resultados

Nº	Resultados	Fecha	Firma
1	Sistematizar información referente a calefacción solar	01/02/-15/02 (2011)	
2	Efectuar cálculos que se necesiten para el levantamiento del sistema	20/03-15/10 (2011)	
3	Determinación del ahorro que se puede conseguir con este sistema	01/11-20/12 (2011)	
4	Socialización de resultados	15/01/-20/01 (2012)	