

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**Diseño de un sistema híbrido de calentamiento de agua
sanitaria que aproveche la energía solar y eléctrica para una
capacidad de 4500 litros por día para la ciudad de Puno Región
Puno en Perú.**

ANEXOS

Tesis para optar el Título de **INGENIERO MECÁNICO**, que presenta el bachiller:

JEAN PAUL EDUARDO SALCEDO CUENCA

ASESOR: Dr. Luis Ricardo Chirinos García

Lima, Junio de 2016

ÍNDICE

Anexo 1: Radiación solar horaria.....	1
Anexo 2: Propiedades del aire a 68 kPa.....	4
Anexo 3: Propiedades del Propilenglicol	5
Anexo 4: Factor de corrección de K	8
Anexo 5: Pérdida de carga del circuito primario en el techo	9
Anexo 6: Pérdida de carga en el circuito primario desde el techo hasta el intercambiador de calor.....	10
Anexo 7: Pérdidas de carga total en el circuito secundario.....	11
Anexo 8: Caudales instantáneos mínimos.....	12
Anexo 9: Determinación del caudal de cálculo o caudal simultáneo.....	12
Anexo 10: Pérdida de carga en la distribución de agua caliente en el hotel	13
Anexo 11: Diagrama de Moody	15
Anexo 12: Distribución de tuberías en el hotel.....	16
Anexo 13: Cálculo de consumo eléctrico.....	18

Anexo 1: Radiación solar horaria

Radiación total horizontal horaria

Tabla A1.1 Radiación total horizontal horaria

Hora	Radiación total horizontal(MJ/m ²)											
	7:30-8:00 am	8:00-9:00 am	9:00-10:00 am	10:00-11:00 am	11:00-12:00 pm	12:00-13:00 pm	13:00-14:00 pm	14:00-15:00 pm	15:00-16:00 pm	16:00-16:30 pm		
Enero	1.022	1.471	2.040	2.497	2.768	2.808	2.610	2.208	1.667	1.220		
Febrero	0.938	1.407	2.011	2.506	2.811	2.873	2.682	2.270	1.708	1.240		
Marzo	0.911	1.393	2.012	2.513	2.811	2.853	2.631	2.186	1.593	1.110		
Abril	0.948	1.464	2.118	2.633	2.917	2.918	2.636	2.123	1.469	0.953		
Mayo	0.935	1.481	2.171	2.709	2.995	2.976	2.654	2.091	1.390	0.846		
Junio	0.830	1.367	2.055	2.600	2.899	2.896	2.591	2.043	1.353	0.816		
Julio	0.796	1.341	2.050	2.625	2.960	2.990	2.711	2.175	1.483	0.934		
Agosto	0.928	1.483	2.195	2.765	3.091	3.111	2.823	2.279	1.579	1.022		
Septiembre	1.205	1.774	2.481	3.022	3.303	3.273	2.937	2.356	1.631	1.063		
Octubre	1.444	2.003	2.676	3.167	3.395	3.318	2.951	2.356	1.633	1.073		
Noviembre	1.517	2.058	2.706	3.178	3.396	3.323	2.971	2.400	1.701	1.156		
Diciembre	1.324	1.816	2.416	2.869	3.101	3.074	2.792	2.303	1.684	1.190		

Radiación total inclinada horaria

Tabla A1.2 Radiación total inclinada horaria

Hora	Radiación total inclinada(MJ/m ²)											
	7:30-8:00 am	8:00-9:00 am	9:00-10:00 am	10:00-11:00 am	11:00-12:00 pm	12:00-13:00 pm	13:00-14:00 pm	14:00-15:00 pm	15:00-16:00 pm	16:00-16:30 pm		
Enero	1.022	1.471	2.040	2.497	2.768	2.808	2.610	2.208	1.667	1.220		
Febrero	0.938	1.407	2.011	2.506	2.811	2.873	2.682	2.270	1.708	1.240		
Marzo	0.911	1.393	2.012	2.513	2.811	2.853	2.631	2.186	1.593	1.110		
Abril	1.062	1.603	2.287	2.825	3.122	3.123	2.828	2.291	1.608	1.068		
Mayo	1.183	1.771	2.511	3.086	3.391	3.370	3.027	2.425	1.673	1.087		
Junio	1.148	1.737	2.485	3.075	3.399	3.396	3.066	2.472	1.722	1.134		
Julio	1.069	1.662	2.428	3.047	3.406	3.439	3.139	2.563	1.815	1.219		
Agosto	1.104	1.692	2.446	3.047	3.391	3.412	3.108	2.535	1.794	1.204		
Septiembre	1.205	1.774	2.481	3.022	3.303	3.273	2.937	2.356	1.631	1.063		
Octubre	1.444	2.003	2.676	3.167	3.395	3.318	2.951	2.356	1.633	1.073		
Noviembre	1.517	2.058	2.706	3.178	3.396	3.323	2.971	2.400	1.701	1.156		
Diciembre	1.324	1.816	2.416	2.869	3.101	3.074	2.792	2.303	1.684	1.190		

Radiación difusa total inclinada horaria

Tabla A1.3 Radiación difusa total inclinada horaria

Hora	Radiación difusa total inclinada (MJ/m ²)											
	7:30-8:00 am	8:00-9:00 am	9:00-10:00 am	10:00-11:00 am	11:00-12:00 pm	12:00-13:00 pm	13:00-14:00 pm	14:00-15:00 pm	15:00-16:00 pm	16:00-16:30 pm		
Febrero	0.367	0.508	0.669	0.788	0.857	0.870	0.828	0.733	0.591	0.460		
Marzo	0.362	0.510	0.677	0.798	0.866	0.875	0.825	0.720	0.566	0.426		
Abril	0.307	0.436	0.579	0.680	0.732	0.733	0.680	0.580	0.437	0.308		
Mayo	0.264	0.383	0.514	0.605	0.651	0.648	0.596	0.499	0.364	0.243		
Junio	0.197	0.296	0.405	0.483	0.522	0.522	0.481	0.403	0.293	0.194		
Julio	0.225	0.346	0.480	0.577	0.630	0.635	0.591	0.502	0.374	0.257		
Agosto	0.273	0.400	0.542	0.643	0.697	0.700	0.653	0.557	0.420	0.296		
Septiembre	0.330	0.450	0.581	0.672	0.716	0.712	0.658	0.559	0.421	0.298		
Octubre	0.436	0.564	0.702	0.794	0.835	0.821	0.754	0.638	0.481	0.343		
Noviembre	0.471	0.598	0.736	0.828	0.868	0.855	0.788	0.672	0.516	0.378		
Diciembre	0.471	0.604	0.750	0.851	0.901	0.895	0.835	0.724	0.570	0.432		

Anexo 2: Propiedades del aire a 68 kPa

Tabla A2.1 Propiedades del aire a 68 kPa

Propiedades	Temperatura	Densidad	Calor específico	Conductividad térmica	Número de Prandtl	Expansión térmica	Viscosidad
Unidades	°K	kg/m ³	J/kg-K	W/m-K		1/K	m ² /s
	273	0.816	1004.9	2.43E-02	0.713	3.67E-03	1.73E-05
	278	0.802	1005.0	2.47E-02	0.713	3.60E-03	1.75E-05
	283	0.787	1005.2	2.50E-02	0.713	3.54E-03	1.78E-05
	288	0.774	1005.3	2.54E-02	0.713	3.48E-03	1.80E-05
	293	0.761	1005.5	2.57E-02	0.713	3.42E-03	1.82E-05
	298	0.748	1005.7	2.61E-02	0.713	3.36E-03	1.85E-05
	303	0.735	1005.9	2.64E-02	0.713	3.30E-03	1.87E-05
	308	0.723	1006.1	2.68E-02	0.713	3.25E-03	1.90E-05
	313	0.712	1006.4	2.71E-02	0.713	3.20E-03	1.92E-05
	318	0.701	1006.7	2.75E-02	0.713	3.15E-03	1.94E-05
	323	0.690	1007.0	2.78E-02	0.713	3.10E-03	1.97E-05

Anexo 3: Propiedades del Propilenglicol [CONDE 2011]

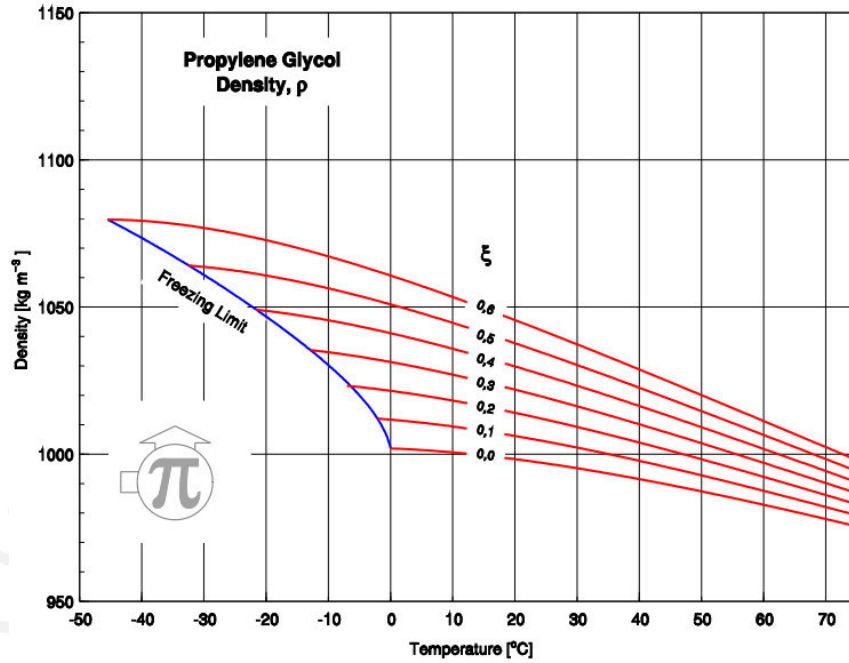


Figura A3.1 Densidades del propilenglicol

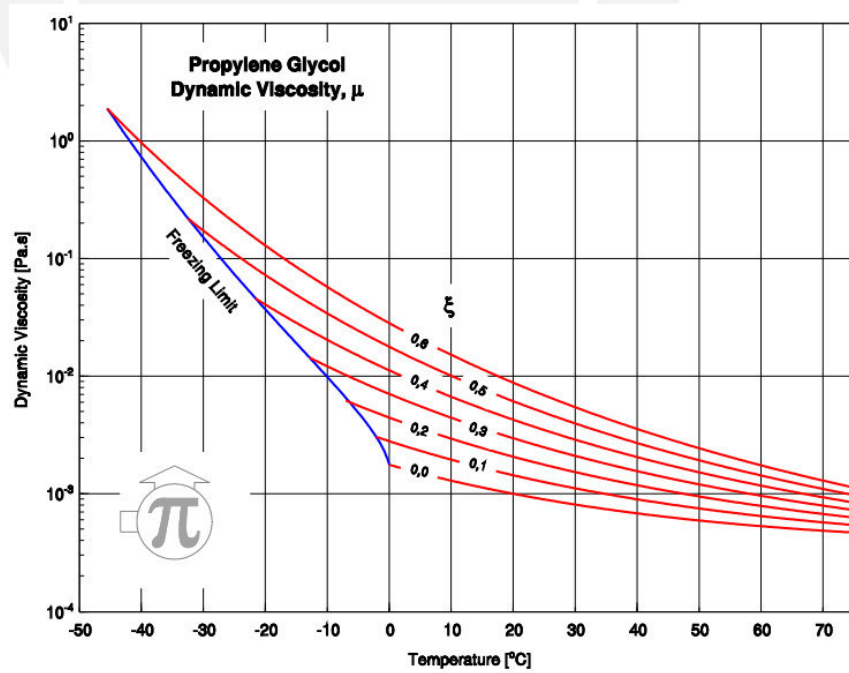


Figura A3.2 Viscosidad dinámica del propilenglicol

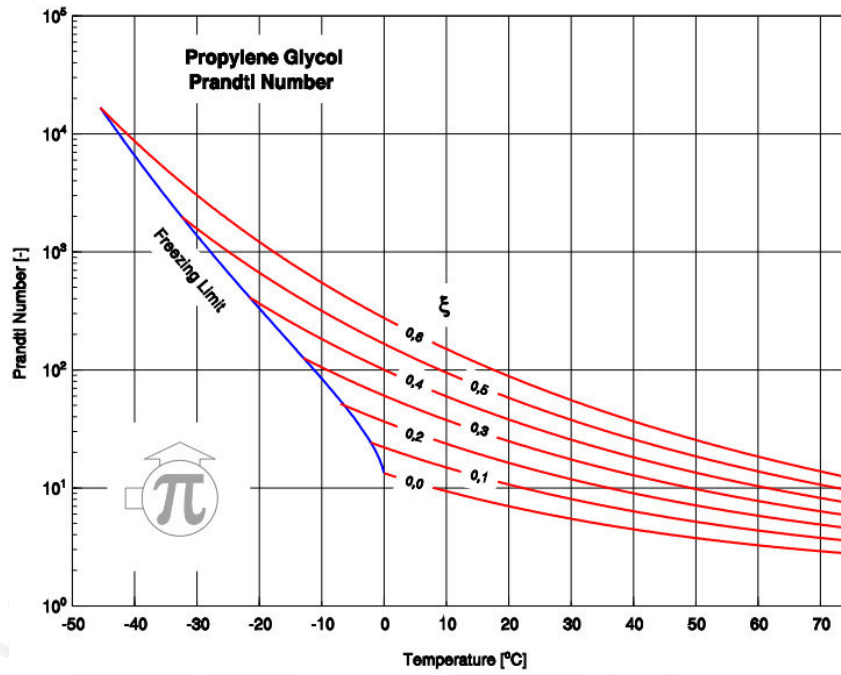


Figura A3.3 Número de Prandtl del propilenglicol

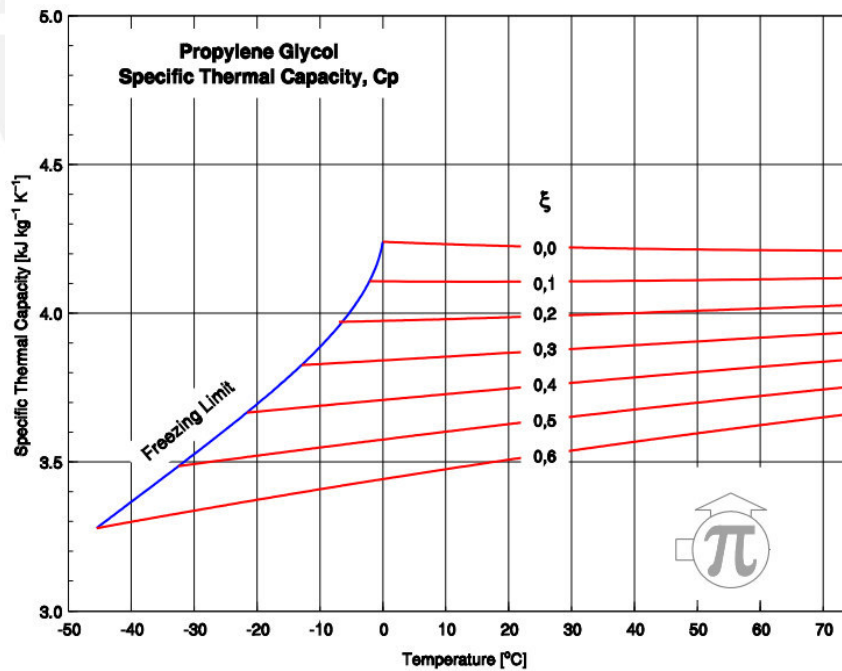


Figura A3.4 Calor específico del propilenglicol

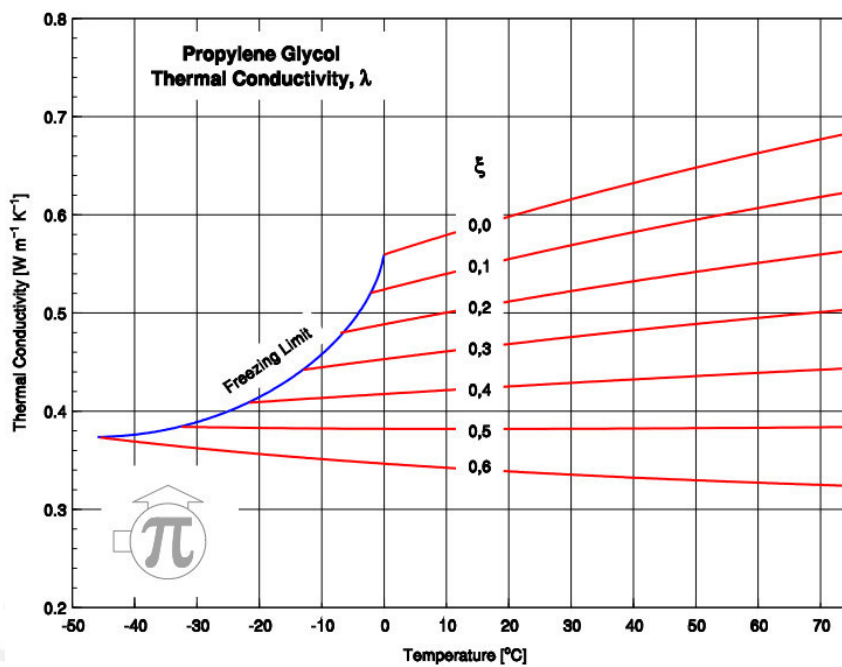


Figura A3.5 Conductividad térmica del propilenglicol

Anexo 4: Factor de corrección de K [CLENZO 2011:2]

Tabla A4.1 Valor para superficies inclinadas para una latitud de 20°

Latitud = 20°

Inc	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	1.04	1.03	1.02	1	.99	.99	.99	1.01	1.02	1.04	1.05	1.05
10	1.08	1.06	1.03	1	.98	.97	.98	1	1.04	1.07	1.09	1.09
15	1.11	1.08	1.04	.99	.96	.95	.96	.99	1.04	1.1	1.13	1.13
20	1.13	1.09	1.04	.98	.93	.91	.93	.98	1.05	1.11	1.16	1.16
25	1.15	1.1	1.03	.96	.9	.88	.9	.96	1.04	1.12	1.18	1.18
30	1.16	1.1	1.01	.93	.86	.83	.86	.93	1.03	1.13	1.19	1.2
35	1.16	1.09	.99	.89	.81	.78	.81	.89	1	1.12	1.2	1.2
40	1.15	1.07	.97	.85	.76	.73	.76	.85	.98	1.11	1.2	1.2
45	1.14	1.05	.93	.81	.71	.67	.7	.8	.94	1.09	1.19	1.2
50	1.12	1.02	.89	.75	.65	.6	.64	.75	.9	1.06	1.17	1.18
55	1.09	.99	.85	.7	.58	.54	.58	.69	.86	1.03	1.14	1.16
60	1.06	.95	.8	.64	.51	.46	.51	.63	.8	.99	1.11	1.13
65	1.02	.9	.74	.57	.44	.39	.43	.56	.74	.94	1.07	1.09
70	.97	.85	.68	.5	.37	.31	.36	.49	.68	.88	1.03	1.05
75	.92	.79	.62	.43	.29	.23	.28	.42	.61	.82	.97	1
80	.87	.73	.55	.36	.21	.16	.2	.34	.54	.76	.91	.94
85	.8	.67	.48	.28	.13	.09	.12	.26	.47	.69	.85	.88
90	.74	.6	.4	.2	.09	.08	.08	.18	.39	.61	.78	.81



Anexo 5: Pérdida de carga del circuito primario en el techo

		Tramo	Caudal (l/h)	D. int (mm)	v (m/s)	L (m)	Re	Coeficiente de fricción (f)	Pérdida de carga (m)	
Techo	Tubería	Línea de frío	A-B	289.4	18.92	0.29	2.4	5382.8	0.036	0.019
			B-C	1447.2	25.28	0.80	6.5	20145.7	0.025	0.210
			C-D	1447.2	25.28	0.80	13.1	20145.7	0.025	0.424
			D-E	1447.2	25.28	0.80	0.25	20145.7	0.025	0.008
		Línea de caliente	A'-B'	289.4	18.92	0.29	2.4	5382.8	0.036	0.019
			B'-C'	1447.2	25.28	0.80	3.6	20145.7	0.025	0.116
			C'-D'	1447.2	25.28	0.80	6.9	20145.7	0.025	0.223
			D'-E'	1447.2	25.28	0.80	0.8	20145.7	0.025	0.026
	Colectores	C1-C2	41.3	13.84	0.08	332.5	1050.1	0.06	0.427	
		C2-C3	289.4	18.92	0.29	35.6	5382.8	0.036	0.282	
		C3-C4	289.4	18.92	0.29	2.5	5382.8	0.036	0.020	
		C4-C5	289.4	18.92	0.29	20	5382.8	0.036	0.159	
	Accesorios	Válvula de equilibrio (5)	A-B	289.4	18.92	0.29	33.5	5382.8	0.036	0.266
		Codo (2)	B-C	1447.2	25.28	0.80	1.4	20145.7	0.025	0.045
		Tee (3)	B-C	1447.2	25.28	0.80	5.1	20145.7	0.025	0.165
		codo (1)	C-D	1447.2	25.28	0.80	0.7	20145.7	0.025	0.023
Válvula compuerta (4)		A'-B'	289.4	18.92	0.29	0.5	5382.8	0.036	0.004	
Codo (2)		B'-C'	1447.2	25.28	0.80	1.4	20145.7	0.025	0.045	
Tee (3)		B'-C'	1447.2	25.28	0.80	5.1	20145.7	0.025	0.165	
codo (1)		C'-D'	1447.2	25.28	0.80	0.7	20145.7	0.025	0.023	
codo (40)		C4-C5	289.4	18.92	0.29	16	5382.8	0.036	0.127	
Pérdida de carga total en el techo									2.795	

Anexo 6: Pérdida de carga en el circuito primario desde el techo hasta el intercambiador de calor.

		Tramo	Caudal (L/h)	D. int (mm)	v (m/s)	L (m)	Re	Coeficiente de fricción (f)	Pérdida de carga (m)	
Desde el techo hasta el intercambiador de calor	Tubería	Línea de frío	E-F	1447.2	25.28	0.801	12.7	20145.692	0.025	0.411
			F-G	1447.2	25.28	0.801	2.9	20145.692	0.025	0.094
			G-H	1447.2	25.28	0.801	1.7	20145.692	0.025	0.055
			H-I	1447.2	25.28	0.801	2.1	20145.692	0.025	0.068
		Línea de caliente	E'-F'	1447.2	25.28	0.801	12.7	20145.692	0.025	0.411
			F'-G'	1447.2	25.28	0.801	2.7	20145.692	0.025	0.087
			G'-H'	1447.2	25.28	0.801	1.1	20145.692	0.025	0.036
			H'-I'	1447.2	25.28	0.801	2.2	20145.692	0.025	0.071
	Accesorios	Codo (2)	E-F	1447.2	25.28	0.801	1.4	20145.692	0.025	0.045
		Codo (2)	G-H	1447.2	25.28	0.801	1.4	20145.692	0.025	0.045
		Codo (2)	E'-F'	1447.2	25.28	0.801	1.4	20145.692	0.025	0.045
		Codo (2)	G'-H'	1447.2	25.28	0.801	1.4	20145.692	0.025	0.045
		Codo (2)	H-I	1447.2	25.28	0.801	1.4	20145.692	0.025	0.045
		Codo (2)	H'-I'	1447.2	25.28	0.801	1.4	20145.692	0.025	0.045
Pérdida de carga total camino al intercambiador de calor									1.503	

Anexo 7: Pérdidas de carga total en el circuito secundario

Techo		Tramo	Caudal (l/h)	Díámetro interior (mm)	Velocidad del fluido (m/s)	Longitud (m)	Número de Reynolds	Coefficiente de fricción (f)	Pérdida de carga (m)
Tubería	Línea de agua caliente	C1-C2	1440	25.28	0.80	0.25	20045.5	0.025	0.008
		C2-C3	1440	25.28	0.80	0.84	20045.5	0.025	0.027
		C3-C4	1440	25.28	0.80	1.93	20045.5	0.025	0.062
		C4-C5	1440	25.28	0.80	0.13	20045.5	0.025	0.004
		C5-C6	720	18.92	0.71	0.16	13391.9	0.027	0.006
		C6-C7	720	18.92	0.71	1.1	13391.9	0.027	0.040
		C7-C8	720	18.92	0.71	2.26	13391.9	0.027	0.083
		C8-C9	720	18.92	0.71	0.35	13391.9	0.027	0.013
		C9-C10	720	18.92	0.71	2.09	13391.9	0.027	0.077
		C10-C11	720	18.92	0.71	1.1	13391.9	0.027	0.040
		C11-C12	720	18.92	0.71	2.26	13391.9	0.027	0.083
		C12-C13	720	18.92	0.71	0.35	13391.9	0.027	0.013
		Línea de agua fría	D1-D2	1440	25.28	0.80	0.55	20045.5	0.025
	D2-D3		1440	25.28	0.80	0.84	20045.5	0.025	0.027
	D3-D4		1440	25.28	0.80	2.21	20045.5	0.025	0.071
	D4-D5		1440	25.28	0.80	0.31	20045.5	0.025	0.010
	D5-D6		720	18.92	0.71	0.28	13391.9	0.027	0.010
	D6-D7		720	18.92	0.71	0.91	13391.9	0.027	0.033
	D7-D8		720	18.92	0.71	1.45	13391.9	0.027	0.053
	D8-D9		720	18.92	0.71	0.18	13391.9	0.027	0.007
	D9-D10		720	18.92	0.71	1.96	13391.9	0.027	0.010
	D10-D11		720	18.92	0.71	0.91	13391.9	0.027	0.033
	D11-D12		720	18.92	0.71	1.45	13391.9	0.027	0.053
	D12-D13	720	18.92	0.71	0.18	13391.9	0.027	0.007	
Accesorios	Válvula compuerta (4) de 1"	1440	25.28	0.80	0.8	20045.5	0.025	0.026	
	Válvula compuerta (2) de 3/4"	720	18.92	0.71	0.2	13391.9	0.027	0.007	
	Válvula check (2) de 1"	1440	25.28	0.80	4.2	20045.5	0.025	0.134	
	Válvula check (2) de 3/4"	720	18.92	0.71	3.2	13391.9	0.027	0.118	
	Codo (6) de 1"	1440	25.28	0.80	4.2	20045.5	0.025	0.134	
	Codo (12) de 3/4"	720	18.92	0.71	7.2	13391.9	0.027	0.265	
	Tee (2) 1"	1440	25.28	0.80	3.4	20045.5	0.025	0.109	
Pérdida de carga total en el circuito secundario									1.583

Anexo 8: Caudales instantáneos mínimos [AFTA 2012:1].

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 1,40 m o más	0.30	0.20
Bañera de menos de 1,40 m	0.20	0.15
Bidé	0.10	0.065
Inodoro con cisterna	0.10	-
Inodoro con fluxor	1.25	-
Urinarios con grifos temporizados	0.15	-
Urinarios con cisterna	0.04	-
Fregadero doméstico	0.20	0.10
Fregadero no doméstico	0.30	0.20
Lavavajillas doméstico	0.15	0.10
Lavavajillas industrial	0.25	0.20
Lavadero	0.20	0.10
Lavadora doméstica	0.20	0.15
Lavadora industrial	0.60	0.40
Grifo aislado	0.15	0.10
Grifo garaje	0.20	-
Vertedero	0.20	-

Anexo 9: Determinación del caudal de cálculo o caudal simultáneo [UNE 2008:1]

Tipo de Edificación	$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$		
	Si todo $Q_{min} < 0.5 \text{ l/s}$	Si algún $Q_{min} \geq 0.5 \text{ l/s}$	
		$Q_t \leq 1 \text{ l/s}$	$Q_t > 1 \text{ l/s}$
Edificios de hoteles, discotecas, museos	$Q_c = 0.698xQ_t^{0.5} - 0.12$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = Q_t^{0.366}$

Anexo 10: Pérdida de carga en la distribución de agua caliente en el hotel

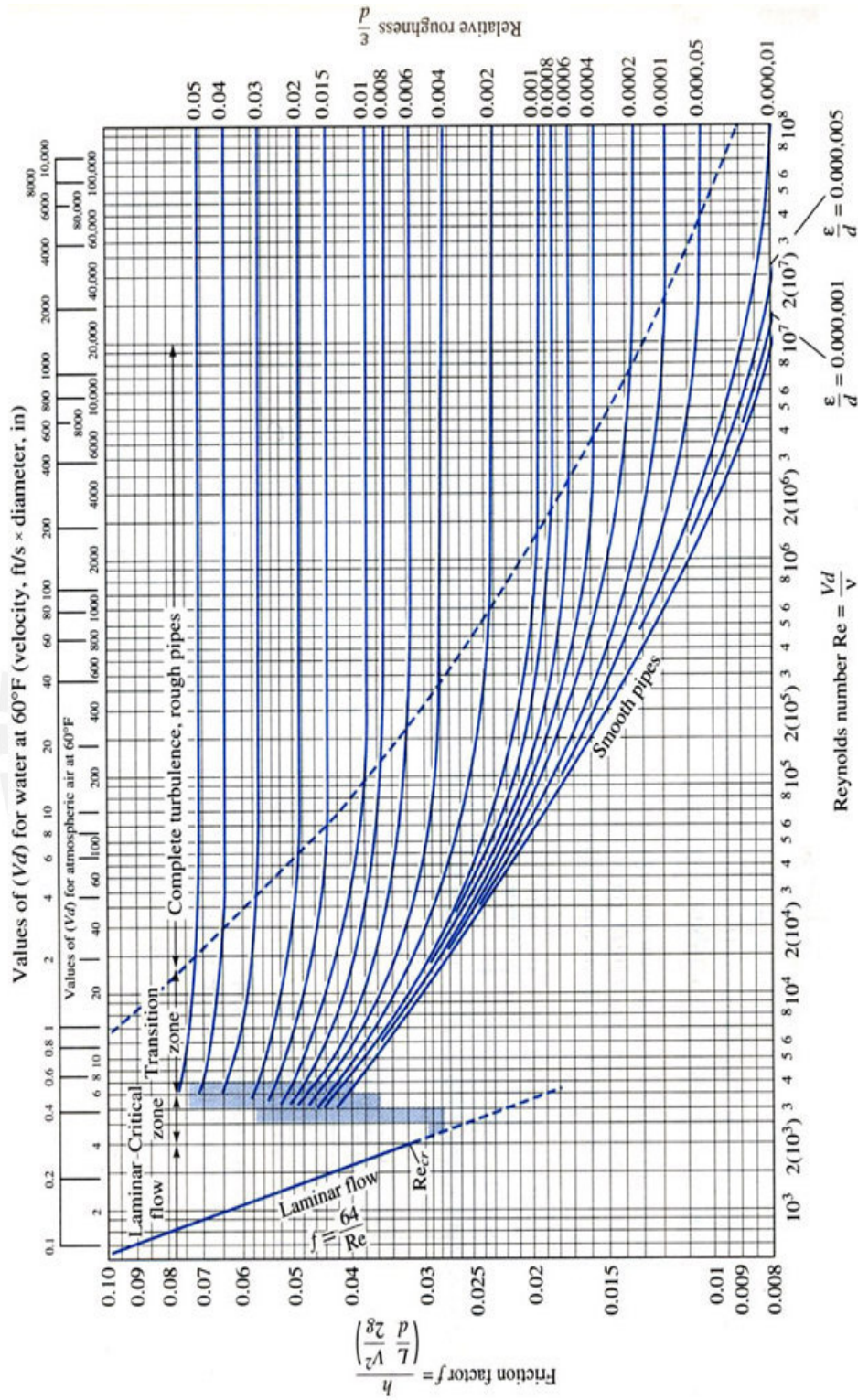
Pérdida de carga total de tuberías en la distribución de agua caliente.

		Tramo	Caudal (l/s)	Caudal nuevo con factor simultaneidad (l/s)	Diámetro interior (mm)	Velocidad del fluido (m/s)	Longitud (m)	Número de Reynolds	Coefficiente de fricción (f)	Pérdida de carga (m)
Tubería	Línea de agua caliente	F1-F2	3.51	1.58	37.62	1.4	3.5	78807.0	0.018	0.17
		F2-F3	0.39	0.32	25.4	0.6	8.9	23287.3	0.023	0.16
		F2-F4	3.12	1.52	37.62	1.4	4.9	75481.9	0.018	0.22
		F4-F5	0.39	0.32	25.4	0.6	3.2	23287.3	0.023	0.06
		F4-F6	0.78	0.78	31.62	1.0	6.6	46188.5	0.021	0.22
		F6-F7	0.39	0.32	25.4	0.6	2.5	23287.3	0.023	0.04
		F7-F8	0.39	0.32	25.4	0.6	0.6	23287.3	0.023	0.01
		F6-F9	0.39	0.32	25.4	0.6	2.2	23287.3	0.023	0.04
		F4-F10	1.95	1.28	37.62	1.1	4.9	63552.9	0.019	0.17
		F10-F11	0.39	0.32	25.4	0.6	3.2	23287.3	0.023	0.06
		F10-F12	1.56	1.18	37.62	1.1	0.9	58568.8	0.0195	0.03
		F12-F13	1.17	1.06	37.62	1.0	1.3	52715.5	0.02	0.03
		F12-F17	0.39	0.32	25.4	0.6	5.9	23287.3	0.023	0.11
		F13-F15	0.78	0.78	31.62	1.0	4.1	46188.5	0.021	0.14
		F15-F16	0.39	0.32	25.4	0.6	1.0	23287.3	0.023	0.02
		F15-F18	0.39	0.32	25.4	0.6	4.6	23287.3	0.023	0.08
		F18-F19	0.39	0.32	25.4	0.6	1.0	23287.3	0.023	0.02
		F13-F14	0.39	0.32	25.4	0.6	6.6	23287.3	0.023	0.12
	Distribución a cada piso	P1-P2 (10)	0.39	0.32	25.28	0.6	28.0	23397.8	0.023	0.51
		P2-P3 (10)	0.26	0.24	25.28	0.5	28.0	17473.2	0.025	0.31
P3-P4 (10)		0.13	0.13	18.92	0.5	28.0	13030.4	0.027	0.45	
Pérdida de carga total de tuberías en la distribución de agua caliente										2.97

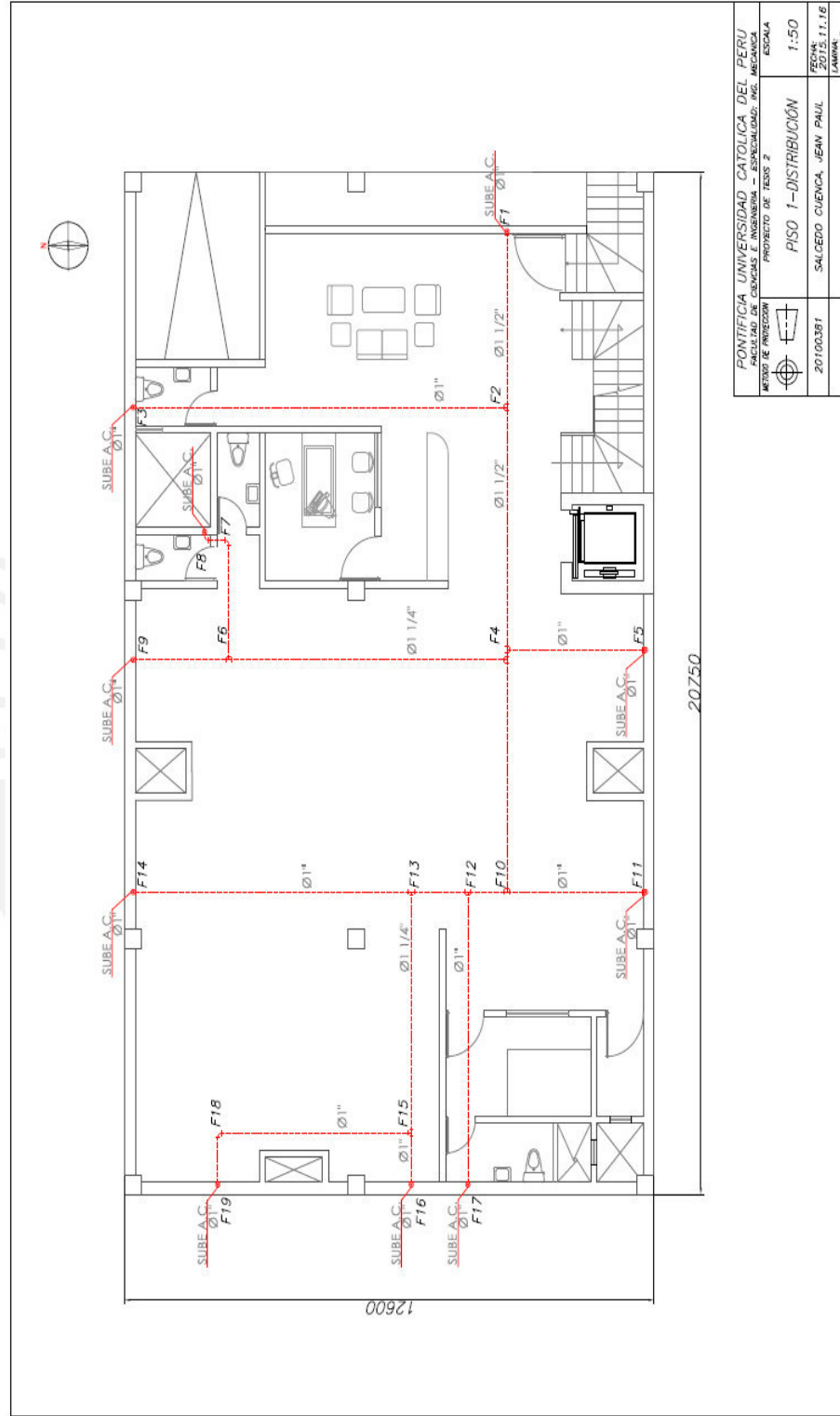
Pérdida de carga total de accesorios en la distribución de agua caliente.

	Tramo	Caudal (l/s)	Caudal nuevo con factor simultaneidad (l/s)	Diámetro interior (mm)	Velocidad del fluido (m/s)	Longitud (m)	Número de Reynolds	Coefficient e de fricción (f)	Pérdida de carga (m)
Accesorios	Válvula compuerta (30) de 3/4"	0.13	0.13	18.92	0.5	3.0	13063.3	0.027	0.05
	Tee (1) 1 1/2"	3.51	1.58	37.62	1.4	0.9	78807.0	0.02	0.05
	Tee (1) 1 1/2"	3.12	1.52	37.62	1.4	0.9	75481.9	0.018	0.04
	Tee (1) 1 1/2"	2.73	1.44	37.62	1.3	0.9	71881.6	0.018	0.04
	Tee (1) 1 1/2"	1.95	1.28	37.62	1.1	0.9	63552.9	0.019	0.03
	Tee (1) 1 1/2"	1.56	1.18	37.62	1.1	0.9	58568.8	0.019	0.03
	Tee (1) 1 1/2"	1.17	1.06	37.62	1.0	0.9	52715.5	0.02	0.02
	Tee (2) 1 1/4"	0.78	0.78	31.62	1.0	1.4	46188.5	0.02	0.04
	Tee (10) 1"	0.39	0.32	25.4	0.6	5.0	23287.3	0.023	0.09
	Tee (10) 1"	0.26	0.24	25.4	0.5	5.0	17390.7	0.025	0.05
	Codo (13) 1"	0.39	0.32	25.4	0.6	9.1	23287.3	0.023	0.16
	Codo (10) 3/4"	0.13	0.13	18.92	0.5	6.0	13030.4	0.027	0.10
Pérdida de carga total de accesorios en la distribución de agua caliente									0.70

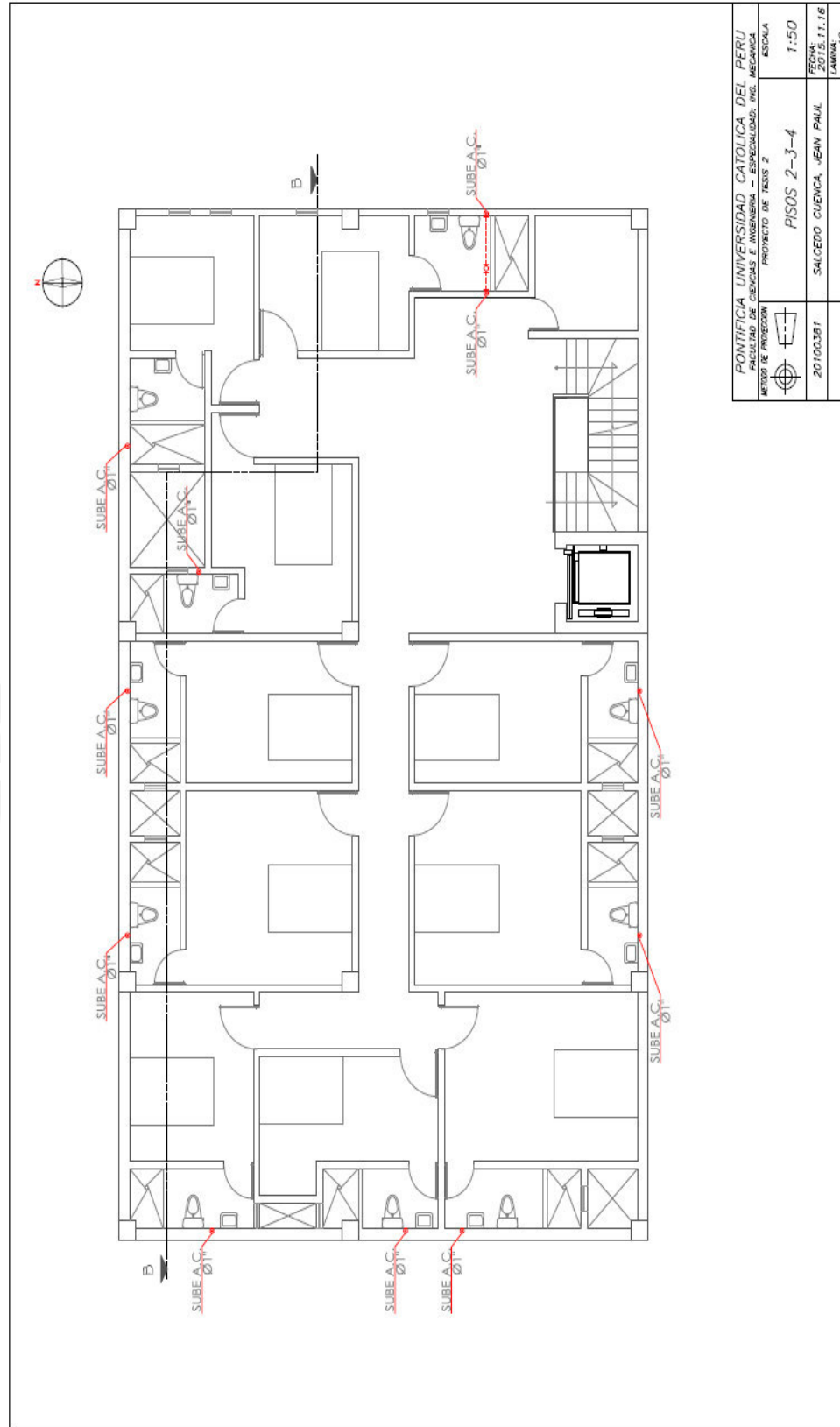
Anexo 11: Diagrama de Moody



Anexo 12: Distribución de tuberías en el hotel
Distribución de tuberías en el primer piso del hotel



Distribución de tuberías en el 2, 3 y 4 piso



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA - ESPECIALIDAD: ING. MECANICA PROYECTO DE TESIS 2		ESCALA 1:50
METODO DE PROYECCION 	PISOS 2-3-4	FECHA: 2015.11.16
20100381	SALCEDO CUENCA, JEAN PAUL	LAMINA: P2

Anexo 13: Cálculo de consumo eléctrico

Para el cálculo del consumo eléctrico se emplea la ecuación A14.1

$$Q_{elec} = Cp_{agua} M_{agua} (T_{final} - T_{red}) \quad (\text{Ec. A14.1})$$

Donde:

$$Cp_{agua} = \text{Calor específico del agua} \left(\frac{kJ}{kg-K} \right)$$

$$M_{agua} = \text{Masa de agua} (kg)$$

$$T_{final} = \text{Temperatura final del agua} (°C)$$

$$T_{red} = \text{Temperatura de agua de red} (°C)$$

El consumo eléctrico diario en el mes de Enero se realiza a partir de los siguientes parámetros iniciales: una temperatura de agua de red de 12.1 °C, una temperatura final de agua de 40 °C, un calor específico de agua de 4.18 kJ/kg-K y una masa de agua de consumo diario de 4500 kg.

$$145.8 \text{ kW} - h = 4.18 \times 4500 \times (40 - 12.1)$$

El consumo eléctrico diario de 145.8 kW-h se multiplica por la cantidad de días del mes y por el precio de energía de S/.0.39 por kW-h con lo cual se obtiene el costo eléctrico mensual.

$$\text{Costo eléctrico mensual} = 145.8 \times 31 \times 0.39 = S/.1762.4$$

En la Tabla A14.1 se presenta el costo eléctrico mensual de todos los meses del año para las distintas temperaturas de agua de red.

Para la comparación de costos entre el calentamiento eléctrico y el sistema híbrido de calentamiento. En el calentamiento eléctrico como costo variable se emplea la totalidad del costo eléctrico que se determinó, mientras que para el sistema híbrido de calentamiento se considera el costo eléctrico mensual multiplicado por el aporte eléctrico del sistema auxiliar de calentamiento, el cual está representado con la diferencia entre el 100% y la fracción solar que se muestra en la Tabla A14.2.

Tabla A14.1 Costo eléctrico mensual para cada mes del año.

Mes	Cantidad de días del mes	Temperatura de agua de red	Temperatura final del agua	Masa de agua diario	Consumo eléctrico diario	Precio kW-h	Costo eléctrico mensual
		°C	°C	kg	kW-h	S/.	S/.
Enero	31	12.1	40	4500	145.8	0.39	1762.4
Febrero	28	11.6	40	4500	148.4	0.39	1620.4
Marzo	31	11.5	40	4500	148.9	0.39	1800.4
Abril	30	10.6	40	4500	153.6	0.39	1797.3
Mayo	31	9.2	40	4500	160.9	0.39	1945.6
Junio	30	7.7	40	4500	168.8	0.39	1974.6
Julio	31	7.8	40	4500	168.2	0.39	2034.1
Agosto	31	9.9	40	4500	157.3	0.39	1901.4
Septiembre	30	11.8	40	4500	147.3	0.39	1723.9
Octubre	31	13.4	40	4500	139.0	0.39	1680.3
Noviembre	30	13.9	40	4500	136.4	0.39	1595.6
Diciembre	31	13.2	40	4500	140.0	0.39	1693.0

Tabla A14.2 Fracción solar para cada mes del año

Mes	Fracción solar	Costo eléctrico mensual
	%	S/.
Enero	76	421
Febrero	76	383
Marzo	74	463
Abril	84	279
Mayo	92	159
Junio	92	156
Julio	91	185
Agosto	93	134
Septiembre	93	126
Octubre	98	34
Noviembre	100	0
Diciembre	88	195

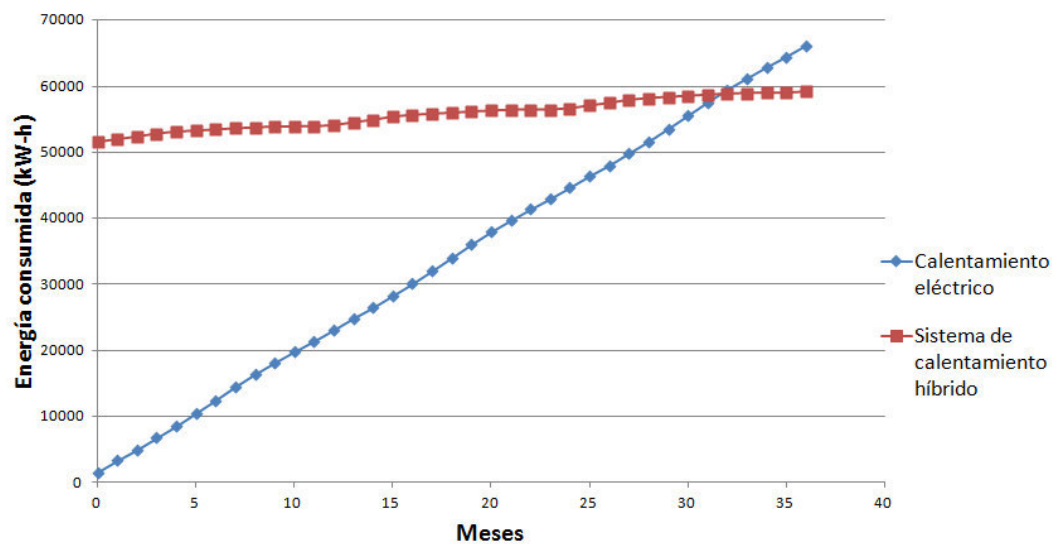


Figura A14.1 Comparación de costos entre el calentamiento eléctrico y el sistema de calentamiento híbrido

