

APROVECHAMIENTO DE ENERGIAS NATURALES EN LA ARQUITECTURA

I. Blasco *, L. Hoesé *, D. Pontoriero *
 Area de Energías Alternativas -IMA-FI-UNSJ
 Fax N°: +64 213672 TE: +64 211700 int. 320
 Av.Gral. San Martín 1109(O) -5400 San Juan

RESUMEN

Los objetivos del proyecto consisten en lograr una metodología sencilla de evaluación de sistemas pasivos de acondicionamiento térmico edilicio, que sea útil como herramienta de planificación y diseño; y en contar con una instalación demostrativa del aprovechamiento de energías naturales para acondicionamiento de ambientes, que cumpla el papel del necesario elemento experimental para la convalidación de la parte analítica y de optimización de técnicas constructivas. (1, 2, 3, 4)

La metodología está compuesta por un análisis climático, un análisis del comportamiento térmico de los sistemas seleccionados, y una evaluación económica de los mismos. Las dos primeras partes se aplicaron en la provincia de San Juan, la tercera está en elaboración, al igual que la etapa experimental.

ANALISIS CLIMATICO

Se procesan los datos geográfico-climáticos de 11 estaciones meteorológicas de la provincia de San Juan (Ver Figura N° 1).

Figura N° 1 : ESTACIONES METEOROLOGICAS

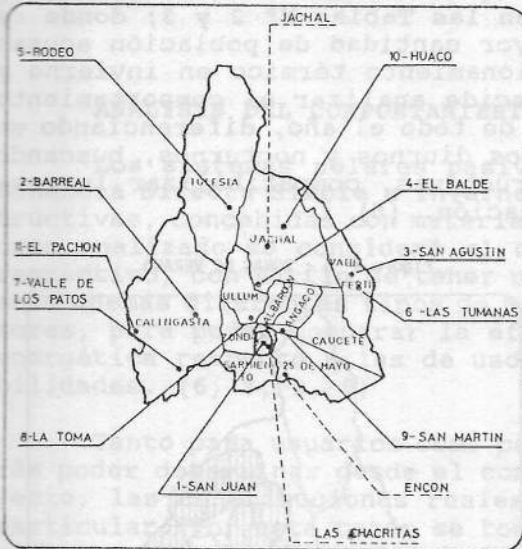


Tabla N° 1 : GRADOS-DIA ACUMULADOS POR PERIODOS

LOCALIDAD	D I N		I R A M		CALEF.
	REF.18 REF.20		REF.18 REF.20		
	REF.18	REF.20	REF.18	REF.20	
1 SAN JUAN	948.	1356.	-882.	-476.	948.
2 BARREAL	1406.	1880.	-158.	0.	1406.
3 SAN AGUSTIN	805.	1213.	-770.	-282.	805.
4 EL BALDE	1221.	1527.	-876.	-476.	1221.
5 RODEO	1054.	1648.	-503.	-239.	1054.
6 LAS TUMANAS	508.	813.	-1247.	-834.	508.
7 LOS PATOS	5361.	6091.	0.	0.	5361.
8 LA TOMA	776.	1178.	-1013.	-655.	776.
9 SAN MARTIN	1061.	1475.	-888.	-467.	1061.
10 HUACO	888.	1338.	-844.	-319.	888.
11 PACHON	6337.	7067.	0.	0.	6337.

REFERENCIAS

- # Proyecto financiado por la UNSJ.
- * Investigadores del Area de Energías Alternativas -IMA-FI-UNSJ.

Archivos de Datos:

Se utiliza la localización geográfica (latitud, longitud y altura) de cada estación meteorológica; y la media ponderada de las temperaturas mensuales promedio correspondientes a una serie estadística de 10 años ("Año Tipo"). Solo una estación cuenta con mediciones de radiación solar (San Juan - Pocito), para el resto se leyeron las isolíneas de radiación sobre superficie horizontal elaboradas por IAS-FABA. En revisiones posteriores se adoptarán criterios más ajustados para la determinación de este parámetro fundamental.

Grados-Día e Índice Climático:

Para clasificar las necesidades de acondicionamiento térmico en cada lugar, se aplicaron los siguientes criterios en el uso de dos índices básicos: (4)

Grados-Día: Referido a 18°C para invierno y a 20°C para verano. Ver Tabla N° 1. La distribución en GD-día y GD-noche que se utiliza en el cálculo térmico, se realiza para invierno proporcionalmente a la cantidad de horas respectivas, y para verano se obtienen los GD-noche en función de la media ponderada de las temperaturas promedio mínimas.

Índice Climático: Es el cociente entre la suma total de la radiación incidente durante un período determinado y los grados-día correspondientes [$\text{Kwh/m}^2\text{°C}$]. Los valores límites adoptados de experiencias realizadas en otros países, permiten determinar la cantidad de meses por tipo de déficit en confort interior.

Para la mayoría de las estaciones consideradas es necesario calefaccionar durante cuatro meses al año, y refrescar durante tres meses.

Determinación de Zonas:

A los fines de reducir la cantidad de datos a procesar, se delimitaron zonas (Ver Figuras N° 2 y 3) de similares características climáticas, las que se explicitan en las Tablas N° 2 y 3; donde se puede observar que las áreas de mayor cantidad de población acusan necesidades importantes de acondicionamiento térmico en invierno y en verano; motivo por el cual se decide analizar el comportamiento térmico de los sistemas, a lo largo de todo el año, diferenciando en dos estaciones, e incluso en períodos diurnos y nocturnos, buscando mediante mejoras de diseño o constructivas, compatibilizar la respuesta de los mismos para cada situación. (6)

Figura N° 2 : ZONAS DE INVIERNO

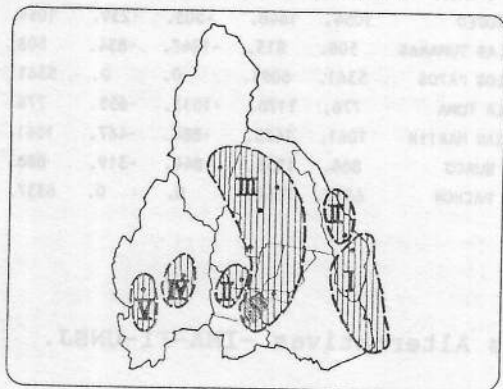


Figura N° 3 : ZONAS DE VERANO

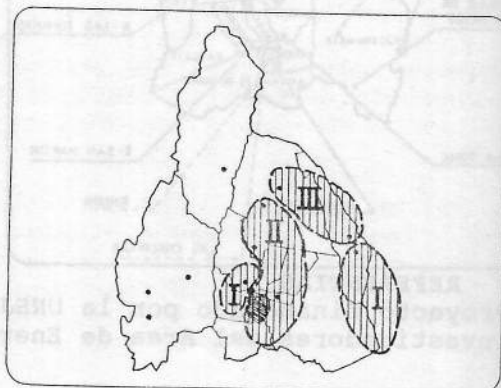


Tabla N° 2 : CARACTERISTICAS DE ZONAS DE INVIERNO

ZONA	LOCALIDADES	RAD.GLOBAL [MWh/m ²]	GRADOS-DIA [°C DIA]		I.CLIM. DIAS [KWh/m ² °C] [d]		DENS. [-]	HAB. [%]	
			HORIZONTAL	TOTAL	DIA	NOCHE			
1	LAS TUMANAS	0.28	508.	159.	349.	0.70	90	0.92	0.0
2	LA TOMA SAN AGUSTIN HUACO	0.38	805.	252.	554.	0.60	120	0.91	2.3
3	SAN JUAN RODEO SAN MARTIN	0.36	1054.	329.	724.	0.44	120	0.93	92.7
4	EL BALDE BARREAL	0.75	1924.	601.	1323.	0.44	225	0.80	1.6
5	LOS PATOS PACHON	2.63	8530.	2665.	5864.	0.21	540	0.49	0.0

Tabla N° 3 : CARACTERISTICAS DE ZONAS DE VERANO

ZZONA	LOCALIDADES	RAD.GLOBAL [MWh/m ²] HORIZONTAL	GRADOS-DIA [°C DIA]		I.CLIM. DIAS [KWh/m ² °C] [d]		DENS. [-]	HAB. [%]	
			TOTAL	DIA	NOCHE				
1	LAS TUMANAS	1.02	-834.	-961.	127.	-0.58	150	0.92	0.0
2	LA TOMA	0.89	-655.	-874.	219.	-0.59	120	0.91	1.1
3	SAN JUAN EL BALDE SAN MARTIN	0.66	-476.	-605.	129.	-0.60	90	0.93	91.7
4	HUACO SAN AGUSTIN RODEO	0.45	-282.	-384.	101.	-0.65	60	0.89	2.2

ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO TERMICO

Los sistemas solares pasivos seleccionados son: Muro Trombé, Ganancia Directa Simple e Invernadero, en diferentes variantes constructivas, concebidas con materiales y tecnologías locales. Para cada caso analizado se consideró el comportamiento del muro tradicional respectivo, con el fin de tener un valor de referencia, adicionándose además diferentes tipos de aislantes térmicos en distintos espesores, para poder comparar la eficiencia de medidas de conservación energética respecto a las de usos pasivos; en un total de 454 posibilidades. (6, 7, 8, 9)

Tanto para usuarios como para diseñadores es de especial interés poder determinar desde el comienzo de una inversión o de un proyecto, las contribuciones reales de tales sistemas, para cada caso particular. Por esta razón se toma la unidad de superficie de cerramiento vertical orientado al Norte, como parámetro de evaluación.

Tabla N° 4 : FLUJO DE CALOR PARA MURO TROMBE - Qt [KWh]

		PARED= LADRILLO					ESPESOR= 20				
SIST.	RES.(R) [m²°C/W]	TRANS.(K) [W/m²°C]	Qú ZONAS DE INVIERNO					Q _{tv} ZONAS DE VERANO			
			I	II	III	IV	V	I	II	III	IV
9.0.0.0.	0.220	2.577	31.435	49.825	65.177	118.998	527.601	-51.575	-40.509	-29.443	-17.449
9.0.0.4.	1.620	0.559	6.821	10.812	14.144	25.823	114.491	-11.192	-8.791	-6.389	-3.787
9.0.0.5.	3.120	0.304	3.709	5.880	7.691	14.042	62.259	-6.086	-4.780	-3.474	-2.059
9.0.0.6.	0.790	1.044	12.732	20.180	26.397	48.195	213.684	-20.889	-16.407	-11.925	-7.067
9.0.0.7.	1.320	0.672	8.197	12.992	16.995	31.029	137.573	-13.448	-10.563	-7.677	-4.550

9.1.1.0.	0.251	2.387	-183.462	-232.790	-184.856	-335.056	-78.030	-14.587	-6.253	-5.790	-2.459
9.1.1.1.	0.338	1.976	-185.899	-236.653	-189.910	-344.282	-118.938	-10.645	-2.666	-3.309	-0.885
9.1.1.2.	0.791	1.043	-191.444	-245.441	-201.407	-365.272	-212.001	-1.677	5.495	2.336	2.696
9.1.1.3.	0.251	2.387	-183.462	-232.790	-184.856	-335.056	-78.031	-14.587	-6.253	-5.790	-2.459
9.1.2.0.	0.381	1.821	-178.266	-231.805	-198.524	-360.340	-366.342	-10.162	-3.048	-3.391	-1.094
9.1.2.1.	0.468	1.572	-179.746	-234.151	-201.592	-365.943	-391.181	-7.768	-0.870	-1.884	-0.138
9.1.2.2.	0.921	0.918	-183.631	-240.308	-209.647	-380.649	-456.383	-1.485	4.848	2.071	2.371
9.1.2.3.	0.381	1.821	-178.266	-231.805	-198.524	-360.340	-366.342	-10.162	-3.048	-3.391	-1.094
9.1.3.0.	0.250	2.392	-118.799	-144.800	-99.665	-180.178	256.234	-14.632	-6.286	-5.814	-2.473
9.1.3.1.	0.337	1.980	-121.247	-148.680	-104.740	-189.445	215.147	-10.673	-2.683	-3.322	-0.892
9.1.3.2.	0.790	1.044	-126.809	-157.495	-116.272	-210.498	121.803	-1.677	5.503	2.340	2.700
9.1.3.3.	0.250	2.392	-118.799	-144.800	-99.665	-180.178	256.234	-14.632	-6.286	-5.814	-2.473
9.2.1.0.	0.224	2.551	-173.155	-216.453	-163.486	-296.038	94.963	-15.875	-7.186	-6.488	-2.856
9.2.1.1.	0.311	2.088	-175.907	-220.815	-169.192	-306.456	48.773	-11.423	-3.135	-3.686	-1.078
9.2.1.2.	0.764	1.073	-181.934	-230.368	-181.688	-329.271	-52.383	-1.675	5.736	2.450	2.814
9.2.1.3.	0.224	2.551	-173.155	-216.453	-163.486	-296.038	94.963	-15.875	-7.186	-6.488	-2.856
9.2.2.0.	0.325	2.028	-169.706	-218.236	-180.774	-327.933	-222.656	-11.782	-4.222	-4.269	-1.594
9.2.2.1.	0.412	1.724	-171.513	-221.101	-184.521	-334.774	-252.988	-8.859	-1.562	-2.429	-0.426
9.2.2.2.	0.865	0.968	-176.004	-228.219	-193.832	-351.774	-328.361	-1.596	5.048	2.143	2.474
9.2.2.3.	0.325	2.028	-169.706	-218.236	-180.774	-327.933	-222.657	-11.782	-4.222	-4.269	-1.594
9.2.3.0.	0.223	2.558	-108.488	-128.457	-78.286	-141.145	429.293	-15.926	-7.223	-6.515	-2.871
9.2.3.1.	0.310	2.092	-111.253	-132.839	-84.018	-151.612	382.889	-11.454	-3.153	-3.701	-1.086
9.2.3.2.	0.763	1.074	-117.299	-142.422	-96.554	-174.499	281.411	-1.675	5.746	2.455	2.819
9.2.3.3.	0.223	2.558	-108.488	-128.457	-78.286	-141.145	429.293	-15.926	-7.223	-6.515	-2.871

Materiales considerados:

Se analizaron seis tipos de mampuestos en diferentes espesores, dos tipos de carpinterías combinadas con tres vidriados diferentes, tres protecciones solares y cuatro aislaciones térmicas. Todos se encuentran en el mercado local, y en mayor o menor grado son usuales en la industria de la construcción regional.

Cálculo del Flujo de Calor:

■ Muro Tradicional:

$$Q_{mi/v} = \frac{24 \cdot K_{mi/v} \cdot A \cdot GD_{i/v}}{1000} = [KWh]$$

$$K_{mi/v} = \frac{1}{R_e + \sum_{j=1}^n R_j + R_i} = \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

■ Muro Trombe:

- Comportamiento de Invierno:

$$Q_{ti} = Q_{vi} + Q_{ii} + Q_{mi} - Q_{si}$$

$$Q_{vi} = \frac{24 \cdot K_{vi} \cdot A \cdot GD_i}{1000}$$

$$Q_{si} = \tau_v \cdot \alpha_t \cdot I_{vi} \cdot A \cdot 1000$$

$$Q_{ii} = \frac{24 \cdot V_{di} \cdot N_{di} \cdot D \cdot \delta_a \cdot C_{pa} \cdot GD_i}{1000}$$

$$Q_{mi} = \frac{[-(H_{di} \cdot K_{mdi} \cdot GD_{di}) + (H_{ni} \cdot K_{mni} \cdot GD_{ni})] \cdot A}{1000}$$

- Comportamiento de verano:

$$Q_{tv} = Q_{mv} + Q_{iv} \quad Q_{iv} = \frac{[(H_{dv} \cdot V_{dv} \cdot N_{dv} \cdot GD_{dv}) + (H_{nv} \cdot V_{nv} \cdot N_{nv} \cdot GD_{nv})] \cdot (D \cdot \delta_a \cdot C_{pa})}{1000}$$

$$Q_{mv} = \frac{[(H_{dv} \cdot K_{mdv} \cdot GD_{dv}) + (H_{nv} \cdot K_{mnv} \cdot GD_{nv})] \cdot A}{1000}$$

■ Ganancia Directa e Invernadero:

- Comportamiento de Invierno:

$$Q_{gi} = Q_{vgi} + Q_{igi} - Q_{sgi} \quad Q_{vgi} = \frac{[-(H_{di} \cdot K_{vdi} \cdot GD_{di}) + (H_{ni} \cdot K_{vni} \cdot GD_{ni})] \cdot A}{1000}$$

$$Q_{sgi} = \tau_v \cdot \alpha_g \cdot I_{hi} \cdot A \cdot 1000$$

$$Q_{igi} = \frac{24 \cdot V_{di} \cdot N_{di} \cdot D \cdot \delta_a \cdot C_{pa} \cdot GD_i}{1000}$$

- Comportamiento de Verano:

$$Q_{gv} = Q_{vgv} + Q_{igv} \quad Q_{vgv} = \frac{H_{dv} \cdot K_{vdv} \cdot GD_{dv} \cdot A}{1000}$$

$$Q_{igv} = \frac{[(H_{nv} \cdot N_{nv} \cdot GD_{nv}) + (H_{dv} \cdot N_{dv} \cdot GD_{dv})] \cdot (V_{dv} \cdot D \cdot \delta_a \cdot C_{pa})}{1000}$$

Tablas obtenidas:

Se elaboró un software en lenguaje Fortran 77 que permite obtener los resultados deseados. Se incluye como ejemplo la Tabla N° 4. La primera columna contiene el código de las variantes de cada sistema, correspondiendo el primer número al tipo de muro en un espesor determinado, el segundo a la carpintería, el tercero al vidrio y el cuarto a la protección o aislación, conforme a los códigos estipulados en la tabla de características de materiales. Los signos negativos de flujo de calor indican ganancia. Los valores obtenidos se basan en los datos ingresados, algunos de los cuales se explicitan en la referencia de la Nomenclatura utilizada sin embargo pueden variarse según el objetivo propuesto.

ANÁLISIS ECONOMICO

Se ha definido la metodología y se avanza en la elaboración del software en lenguaje Fortran 77. Se aplica el método del "Ciclo de Vida", comparando con los sistemas convencionales, obteniéndose los ahorros posibles y los índices de rentabilidad respectivos. (6)

ETAPA EXPERIMENTAL

Se planificó cuidadosamente las experiencias a llevar a cabo (Ver Figuras N° 4 a 7), habiéndose construido dos boxes de volumen y superficie unitarios, uno de los cuales albergará el sistema de referencia y el otro el sistema a estudiar (seleccionado entre los óptimos resultantes del análisis técnico-económico). Ambos serán sometidos a mediciones bajo idénticas condiciones externas y con un perfecto control manual y electrónico de los parámetros a medir. Los valores así obtenidos se procesarán y evaluarán computacionalmente. (10)

Figura N° 4 : FUNCIONAMIENTO DEL MURO TROMBE

Figura N° 6 : FUNCIONAMIENTO DEL INVERNADERO

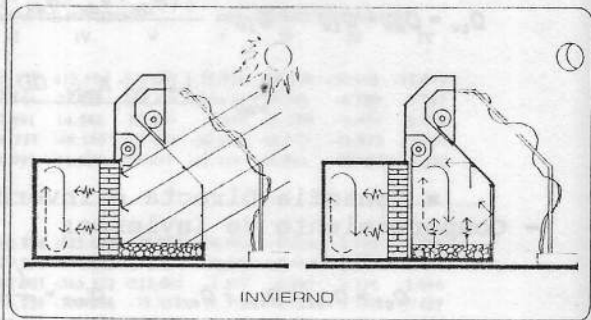
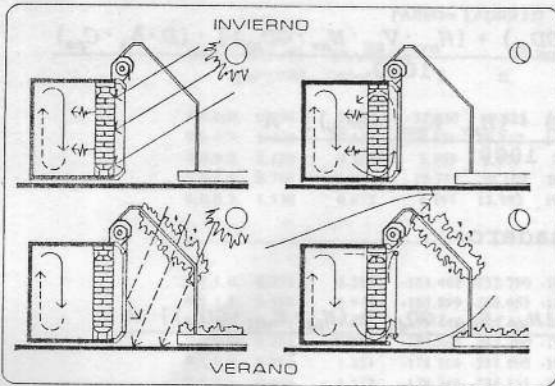
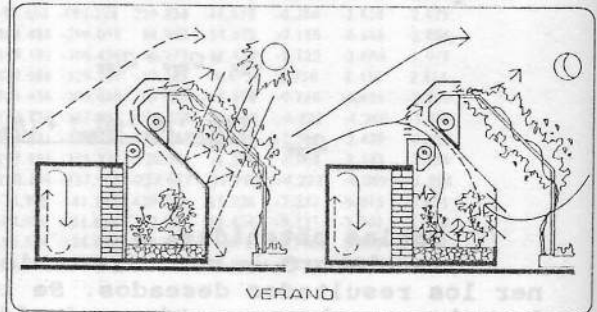
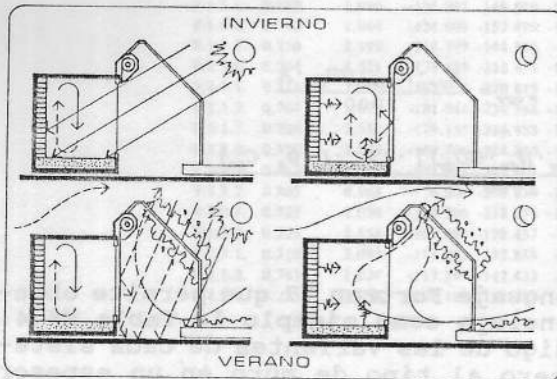


Figura N° 5 : FUNC. DE GANANCIA DIRECTA SIMPLE

Figura N° 7 : FUNCIONAMIENTO DEL INVERNADERO



NOMENCLATURA Y DATOS EN LOS EJEMPLOS ANALIZADOS

- | | |
|--|---|
| <p>A = 1 [m²] Superficie de Colección
 at = 0.9 [-] Coef. Absorción para Trombe
 ag = 0.7 [-] Coef. Absorción para Ganancia
 Cpa = 0.28 [W/Kg°C] Calor Específico del aire
 D = [-] Densidad Relativa del Aire
 δa = 1.204 [Kg/m³] Densidad Absoluta del Aire
 τv = [-] Transmisividad del Vidrio
 GD_{i/v} = [°C día] Grados-Día de Invierno/Verano
 GD_{di/v} = Grados-Día en Horas Diurnas Inv./Verano
 GD_{ni/v} = Grados-Día en Horas Nocturnas Inv./Verano
 H_{di/v} = [h] Horas Diurnas, Invierno= 7, Verano= 10
 H_{ni/v} = [h] Horas Noct., Invierno= 17, Verano= 14
 I_{hi} = Radiación Horizontal Acumulada de Invierno
 I_{vi} = Radiación Vertical Acumulada de Invierno
 K_m = [W/m²°C] Transmisancia Térmica del Muro
 K_{mn/di/v} = Trans. Térmica Noct./Diurna, Inv./Verano
 K_v = [W/m²°C] Transmisancia Térmica de la Ventana
 K_{vn/di/v} = Trans. Térmica Noct./Diurna, Inv./Verano
 N_{di/v} = [1/h] Renovaciones de Aire Diurno Inv./Verano Trombe= 1/1, Ganancia Dir.= 2/2, Invern.= 6/6
 N_{ni/v} = [1/h] Renovaciones de Aire Nocturno Inv./Verano Trombe= 1/8, Ganancia Dir.= 2/10, Invern.= 6/10</p> | <p>Q_{mi/v} = [KWh] Flujo de Calor en el Muro en Inv./Verano
 Q_{ti/v} = [KWh] Flujo de Calor en Trombe en Inv./Verano
 Q_{vi} = [KWh] Flujo de Calor en Ventana en Invierno
 Q_{ii/v} = [KWh] Flujo de Calor por Infiltr. Inv./Verano
 Q_{si/v} = [KWh] Flujo de Calor por Radiación Inv./Verano
 Q_{gi/v} = [KWh] Flujo de Calor en Ganancia Directa e Invernadero en Invierno/Verano
 Q_{igi/v} = [KWh] Flujo de Calor por Infiltr. en Ganancia Invernadero en Invierno/Verano
 Q_{gvi/v} = [KWh] Flujo de Calor en Ganancia Directa e Invernadero en Invierno/Verano
 Q_{sgiv/v} = [KWh] Flujo de Calor por Radiación en Ganancia Directa e Invernadero en Invierno/Verano
 Q_{vgiv/v} = [KWh] Flujo de Calor por Ventana en Ganancia Directa e Invernadero en Invierno/Verano
 Re = 1/23 [m²°C/W] Resistencia Superficial Exterior
 Ri = 1/8 [m²°C/W] Resistencia Superficial Interior
 R_j = [m²°C/W] Resistencia del material j (1 a n)
 V_{di/v} = [m³] Volumen de Aire Diurno en Invierno/Verano Trombe= 0.1, Gan. Dir.= 22, Invern.= 1.3
 V_{ni/v} = [m³] Volumen de Aire Nocturno en Inv./Verano Tr.= 0.1/1, Gan. Dir.= 22/22, Invern.= 1.3/1.3</p> |
|--|---|

BIBLIOGRAFIA

- | | |
|---|---|
| <p>1 - "Passive Solar Design Analysis" Balcomb D. (1980)
 2 - "The Passive Solar Energy Book" Mazria E. (1979)
 3 - "Bases para el Diseño Solar Pasivo" I. Torroja(1983)
 4 - "La En. Solar en la Edific." Chauliaguert J. (1978)
 5 - "Normas IRAM"; 11603(1978), 11604(1985), 11601(1988)</p> | <p>6 - "Principles of Solar Engin.." Kreith-Kreider (1978)
 7 - "Efectividad Econ.." Pattini A., de Rosa C. et al. (1987)
 8 - "Aisl. Móviles.." Pía L., de Rosa C. et al. (1987)
 9 - "Ej. Solar Pasivo en Viv. Sgo-Chile" Nielsen (1982)
 10 - "Passive Solar Test Modules" Moore F. (1982)</p> |
|---|---|