

Comparación del comportamiento térmico de la pared de ladrillo con revoque y la pared de ladrillo revestido con piedra.

Comparison of thermal behavior of brick wall with plaster and brick wall lined with stone

BEATRIZ FRANCO PAATS

PALABRAS CLAVE

Arquitectura bioclimática, comportamiento térmico de materiales, radiación solar.

SOBRE LA AUTORA

Egresada de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Asunción. Cuenta con una Maestría en Ciencias Ambientales y Políticas Públicas, Maestría en Educación Universitaria y Maestría en Arquitectura del Paisaje. Estudió Teledetección con enfoque Ambiental en la Universidad Politécnica de Madrid. Actualmente cursando, en etapa final, el Doctorado en Educación con énfasis en la Gestión de la Educación en la U.N.A. Directora de la carrera Arquitectura Ambiental de la Universidad Columbia del Paraguay.

CONTACTO

bfranco.paats@gmail.com

RESUMEN

Se presenta el estudio del comportamiento térmico de ciertos elementos utilizados en Paraguay para la construcción de viviendas, como es el caso de la pared de ladrillo con revestimiento de piedra y la pared de ladrillo con revoque. Si bien es cierto que estos materiales son utilizados de manera empírica desde tiempos remotos, se considera de importancia conocer con exactitud cuál es el comportamiento térmico de manera a optimizar la mejor disposición de los mismos, considerando el clima del país y la orientación en la que estos materiales están dispuestos en las viviendas. El estudio considera por un lado el conjunto de factores del clima durante los días en que se realizan las mediciones de temperatura de los materiales y por otro, el conjunto de variables exteriores que inciden sobre la ubicación concreta de dichos materiales. Se llevó a cabo una investigación cuantitativa empleando el método descriptivo, se analizaron los datos de la medición sistemática de la temperatura de los materiales indicados cuya variación depende de las condiciones climáticas reinantes durante cada día de medición. Con el análisis de los datos colectados, se verificó que la piedra es un material de gran inercia térmica, mayor que la pared de ladrillo, que cuando están expuestos al Sol tienen una diferencia de tempera-

tura de hasta 10 °C. También se pudo constatar que estos materiales adquieren temperaturas similares cuando no están expuestas directamente al Sol ya sea en el interior o exterior de la vivienda. Los resultados de este trabajo son relevantes para optimizar la disposición que deben tener los materiales a la hora de diseñar y construir viviendas en Paraguay.

ABSTRACT

The study of the thermal behavior of certain elements used in Paraguay for housing construction is presented, such as the brick wall with stone cladding and the brick wall with plaster. While it is true that these materials are used empirically since ancient times, it is considered important to know exactly the thermal behavior in order to optimize their best disposition, considering the climate of the country and the orientation in which these materials are arranged in homes. The study considers, on the one hand, the set of weather factors during the days in which the temperature measurements of the materials were made and on the other, the set of external variables that affect the specific location of said materials. A quantitative investigation was carried out using the descriptive method, the data of the systematic temperature measurement of the indicated materials whose variation depends on the prevailing climatic conditions during each measurement day was analyzed. With the analysis of the data collected, it was verified that the stone is a material of great thermal inertia, greater than the brick wall, that when exposed to the Sun they have a temperature difference of up to 10 ° C. It was also found that these materials acquire similar temperatures when they are not directly exposed to the Sun either inside or outside the home. The results of this work are relevant to optimize the disposition that materials should have when designing and building homes in Paraguay.

KEYWORDS

Bioclimatic architecture, thermal behavior of materials, solar radiation.

FECHA DE RECEPCIÓN:

10/08/2019

FECHA DE ACEPTACIÓN:

29/11/2019

RECEPCIÓN DE ARTÍCULOS

Artículos académicos para su consideración a ser publicados en la Revista Científica OMNES deben ser enviados en un formato modificable a través del sitio <https://www.columbia.edu.py/investigacion/ojs/index.php/OMNESUCPY>

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación tiene como objetivo conocer el comportamiento térmico de la pared de ladrillo con revoque y la pared de ladrillo con revestido de piedra, según las condiciones climatológicas y la orientación en la que estos materiales están dispuestos en la vivienda en estudio.

Ante el frecuente desconocimiento sobre cómo se comportan estos materiales en nuestro medio, cabe plantear las siguientes preguntas, ¿cuál es la diferencia entre el comportamiento térmico de la pared revestida de piedra y la pared de ladrillo con revoque? ¿cuál es el factor climatológico de mayor incidencia en el comportamiento térmico de estos dos materiales? ¿cómo cambia el comportamiento térmico de estos materiales con la protección a la radiación solar?, y si ¿existe diferencia de temperatura entre los dos materiales seleccionados en el exterior e interior de la vivienda?

Por lo general, este tipo investigaciones están orientadas a contribuir al conocimiento para el logro de una arquitectura bio-climática, que se podría definir como aquella capaz de utilizar materiales que mejoren las condiciones de habitabilidad, optimizando el manejo de los recursos naturales y respetando el entorno en el cual está inserta la edificación.

Antonio Baño Nieva (sf), del Departamento de Arquitectura de la Universidad de Alcalá de Henares de Madrid, afirma al respecto, que hoy día también se puede recurrir a parámetros capaces de definir y reproducir un ambiente y caracterizarlo por medio de variables significativas como su temperatura, su humedad y la velocidad del aire. Estos parámetros servirán como indicadores para definir el grado de confort de la vivienda en estudio.

Este trabajo se basa en la medición diaria de uno de los parámetros que afectan directamente al confort del ser humano, la temperatura, uno de los factores climáticos, además de, la radiación solar, la humedad, el viento, las precipitaciones y la presión atmosférica según (Neila Bedyo citado en Simancas, 2003, p.35). Si bien es cierto, que

es importante analizar en qué consisten estos factores, en este trabajo se priorizará la radiación solar como factor de mayor incidencia en el comportamiento térmico de los materiales, como se demostró en Franco Paats (2015).

El Sol es el responsable de generar el factor climático esencial, que es la temperatura, está relacionado a los efectos de la radiación que emiten los materiales y al sobrecalentamiento de superficies, por lo cual es de vital importancia su estudio, especialmente en un país considerado de clima cálido y húmedo, donde las temperaturas altas predominan durante todo el año, salvo en el invierno donde se verifican varios días de frío intenso. Estas variaciones de temperatura hacen que sea importante analizar el grado de captación y acumulación de calor de los materiales constructivos, de manera a que ese conocimiento nos ayude a lograr la sensación de bienestar en el ambiente interior de las viviendas.

La inercia térmica de los materiales utilizados en la construcción permite mantener la temperatura estable a lo largo del día en los espacios interiores habitables. En verano, un muro másico, que presenta una gran inercia térmica, absorbe calor durante el día del ambiente interior, debido a la diferencia de temperatura entre ambos, lo va almacenando de manera progresiva, y se disipa durante la noche, con una ventilación adecuada. A la mañana siguiente, dicho muro ha reducido su temperatura, para empezar de nuevo el ciclo: absorbe calor durante el día, y lo emite durante la noche, manteniendo una temperatura constante y reduciendo la necesidad de utilizar el equipo de refrigeración. Junto a un buen aislamiento puede ser un recurso factible para mantener una temperatura constante durante el día en el interior de una vivienda, siempre y cuando dicha vivienda permanezca cerrada durante el día y la temperatura nocturna no supere los 25 °C. En verano es conveniente oscurecer o bloquear la radiación solar en las orientaciones este y oeste, ya que la excesiva radiación solar puede llegar a ser un problema. Si a ello se suma una elevada inercia térmica, el resultado puede ser justo lo contrario al deseado (Serrano Paula, 2014).

El aire reúne tres de los cuatro parámetros que condicionan la sensación térmica: temperatura, humedad (contenido de vapor de agua) y movimiento (velocidad), a esto se le suma la radiación solar para conformar los elementos principales que afectan la comodidad. En estos límites, se mueven las condiciones de comodidad térmica, que dependerá de los factores de los usuarios. Hay que hablar de temperaturas del aire entre 15 y casi 30 °C, con humedades entre el 40 y el 80 % de la saturación para cada temperatura (Guimarães Merçon, 2008).

En el clima de las zonas intertropical las temperaturas medias son altas, con variaciones poco acusadas entre día-noche y estacionales. La humedad es muy alta, frecuente nebulosidad y fuertes precipitaciones irregulares. Es decir, la temperatura media mensual es elevada y bastante uniforme a lo largo del año, siendo la media anual superior a los 20 °C (Guimarães Merçon, 2008). Paraguay se enmarca dentro de estas características de clima cálido-húmedo y es un dato considerado dentro del estudio realizado.

La orientación de un edificio es determinante en la cantidad de radiación solar que recibe a cada lado en diferentes momentos. En climas cálidos la orientación hacia el sol de la mañana es preferible que hacia el sol de la tarde porque cuando el sol incide en las primeras horas de la mañana sobre la fachada este, el aire es más fresco.

Es consenso entre los estudiosos de la arquitectura bioclimática de que el ideal es la implantación del edificio con formato este-oeste, con sus principales huecos orientados en el eje norte-sur y el mínimo posible de huecos orientados para el este y oeste. Estas condiciones minimizan la ganancia térmica, debido al ángulo de incidencia solar en las regiones tropicales, además favorecen la ventilación natural dentro del edificio (Guimarães Merçon, 2008).

Respecto de la orientación de la vivienda, asumiendo el criterio de tener el máximo acceso al sol para periodos fríos del año, la mejor decisión es hacerlo hacia el norte en cuya fachada se diseñan ventanas de mayor tamaño que al sur. Sin embargo, también la vivienda orientada al norte

es conveniente en el verano pues el sol tiene al mediodía, un giro vertical sobre el tejado que sirve de protección a la vivienda (Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile, 2009).

La vivienda y sus elementos constructivos, en su interacción con el medio ambiente, se someten a una serie de fenómenos de transferencia, captación y almacenamiento de calor.

Otros fenómenos de transferencia de calor se deben al intercambio de aire entre el interior y exterior. El aire en el exterior a menor temperatura que en el interior, genera una pérdida de calor para el ambiente interior y constituye una ganancia si estas temperaturas se invierten.

ANTECEDENTE A ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En el trabajo denominado “Variables climatológicas y los elementos constructivos y paisajísticos” (cf. Franco Paats, 2015), se investigó el comportamiento térmico de dos materiales, el césped y el piso atérmico, aportando datos de utilidad a la hora de tomar decisiones para el diseño del exterior de las viviendas. En ese trabajo se llegó a la conclusión de que ambos materiales tenían comportamientos térmicos similares, tal como se demuestra en la Tabla 1 y se recomendaba el uso parcial de los pisos atérmicos en el exterior considerando

TABLA 1

Resultado de la comparación
entre el comportamiento térmico
del piso atérmico y el pasto

Fecha	T (°C)	Humedad (%)	Velocidad del viento (km/h)	Punto de rocío (°C)	Dirección del viento	Nuboso	Soleado	Sin sol	T (°C) piso	T (°C) pasto
25/09/2014	25	70	12	25	NE				27	32
26/09/2014	11	84	11	24	NE	*			25	25
27/09/2014	23	94	18	23	NE			*	23	23
28/09/2014	28	64	24	22	NE		*		31	33
29/09/2014	32	67	26	22	NE		*		33	36
30/09/2014	35	63	22	24	NE	*			34	37
01/10/2014	23	94	26	24	SE			*	24	24
02/10/2014	28	66	15	20	SE		*		27	36
03/10/2014	25	69	19	16	NE			*	22	21
04/10/2014	23	62	23	14	NE			*	31	34
05/10/2014	23	64	17	15	NE			*	22	22
06/10/2014	22	63	9	17	NE	*			24	24
07/10/2014	28	88	9	17	S	*			29	33
08/10/2014	29	75	12	18	NE	*			33	34
09/10/2014	32	37	20	18	N	*			34	38
10/10/2014	31	53	4	18	NE	*			33	38
11/10/2014	17	30	9	14	S			*	18	15
12/10/2014	26	68	7	21	NE		*		28	35
13/10/2014	23	30	6	21	NE		*		30	35
14/10/2014	28	62	10	21	NE	*			21	35
15/10/2014	29	73	14	20	N	*			21	35
16/10/2014	40	70	9	21	N		*		42	40
17/10/2014	41	23	24	16	N		*		42	40
18/10/2014										
19/10/2014	28	46	19	19	NE			*	23	23
20/10/2014										
21/10/2014	32	41	5	11	NE			*	39	37
22/10/2014	21	67	6	14	NE		*		24	23
23/10/2014										
24/10/2014	36	43	6	18	NE		*		36	38

MÉTODO

La investigación es de tipo cualitativo, se empleó el método exploratorio y descriptivo, basada principalmente en

el monitoreo de la variación térmica de la pared de ladrillo con revoque y pintura por un lado y la pared de ladrillo con revestimiento de piedra por otro. Se tomó como sitio de estudio a una vivienda ubicada en el barrio Sajonia de la ciudad de Asunción, Paraguay. Los datos se tomaron de forma directa midiendo la temperatura de los dos materiales en dos horarios diferentes, a las 12:00 y a las 21.00 hs, durante los meses de abril y mayo. Las mediciones fueron realizadas con un termómetro profesional Láser (RYOBI TeK 4. Lithium- ion 4V). Se utilizaron los datos de la Dirección Nacional de Meteorología para determinar los factores climatológicos del día.

Durante el mes de abril se tomó la temperatura de los dos materiales: expuestos al sol y bajo la protección de un alero. En el mes de mayo se tomó la temperatura de los materiales en el exterior y en el interior de la vivienda. En todos los casos, las mediciones fueron realizadas a la misma hora.

TABLA 2

Datos meteorológicos correspondientes al periodo 16 al 23 de abril obtenidos de la Dirección Nacional de Meteorología.

RESULTADOS

Abril del 2016							
Fecha	Hora	T (°C)	Presión (hp)	Sensación Térmica (°C)	Humedad (%)	Dirección del viento	Velocidad (km/h)
16	12:00	33,6	1001,2	38,8	65	Noreste	18
	21:00	30,1	1000,4	30,0	68	Noreste	6
17	12:00	32,8	1003,7	37,7	55	Noreste	22
	21:00	31,0	1001,3	29,8	68	Noreste	7
18	12:00	33,4	1002,9	38,9	55	Norte	19
	21:00	27,7	1001,1	27,0	77	Calmo	0
19	12:00	33,4	1001,1	37,6	47	Norte	20
	21:00	27,0	1002,1	27,0	77	Sur, Sureste	16
20	12:00	32,6	1001,1	37,1	55	Norte	24
	21:00	27,4	998,0	27,4	73	Noreste	5

Abril del 2016							
Fecha	Hora	T (°C)	Presión (hp)	Sensación Térmica (°C)	Humedad (%)	Dirección del viento	Velocidad (km/h)
21	12:00	23,8	1003,1	23,8	85	Sur, Sureste	19
	21:00	21,2	1004,7	21,2	87	Sur	15
22	12:00	25,0	1002,6	25,0	85	Noreste	9
	21:00	21,7	1001,8	21,7	94	Calmo	0
23	12:00	30,8	997,0	33,9	63	Noreste	9
	21:00	26,2	992,0	26,2	85	Noreste	6

FIGURA 3
 Medición sistemática de la temperatura para el análisis del comportamiento térmico de la pared y la piedra, bajo alero y sin protección, considerando dos horarios diferentes del día.

ABRIL 2016								
FECHA	HORA	T (°C)	SIN PROTECCIÓN		BAJO ALERO		CONDICION DEL TIEMPO	
			PIEDRA T (°C)	PARED T (°C)	PIEDRA T (°C)	PARED T (°C)		
16	12:00	33,6	42,2	38,3	32,5	32,2	Soleado	
	21:00	30,1	31,2	31,8	25,2	26,6		Despejado
17	12:00	32,8	41,5	35,2	31,4	31,1	Soleado	
	21:00	31,0	30,2	31,1	24,1	25,7		Despejado
18	12:00	33,4	41,1	35,7	31,4	31,1		Nublado
	21:00	27,7	30,1	30,0	23,2	23,7		Nublado
19	12:00	33,4	42,1	36,2	31,8	31,2	Soleado	
	21:00	27,0	28,2	28,1	23,3	24,7		Despejado
20	12:00	32,6	39,5	32,8	30,7	32,2	Soleado	
	21:00	27,4	28,5	28,3	22,3	25,5		Despejado
21	12:00	23,8	25,8	24,2	24,1	21,0		Nublado
	21:00	21,2	22,2	22,1	17,8	14,5		Nublado
22	12:00	25,0	24,7	23,5	23,3	23,8		Nublado
	21:00	21,7	22,4	22,2	16,8	16,3		Nublado
23	12:00	30,8	37,3	31,5	28,4	28,1	Soleado	
	21:00	26,2	27,3	27,2	21,3	21,8		Despejado

FIGURA 1

Se observa que la piedra sin protección adquiere temperaturas superiores a los 40 °C, mientras que la piedra con protección adquiere hasta 10 °C menos, los datos corresponden a la Tabla 3.

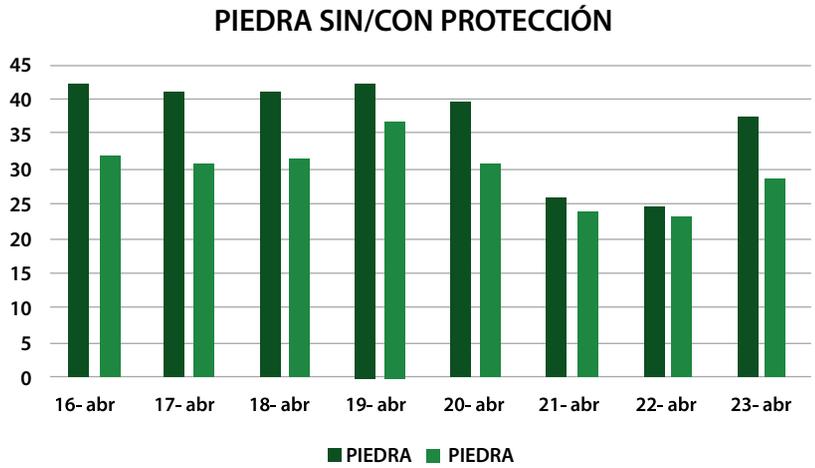


FIGURA 2

Se observa que la pared sin protección adquiere temperaturas superiores a los 30°C, mientras que la piedra con protección adquiere hasta 6°C menos.

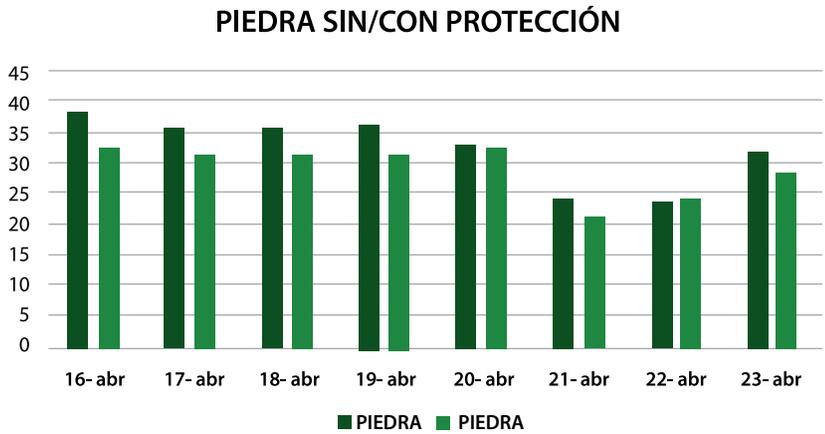


TABLA 4

Datos meteorológicos correspondientes al periodo del 24 al 30 de abril obtenidos de la Dirección Nacional de Meteorología.

Abril del 2016							
Fecha	Hora	T (°C)	Presión (hp)	Sensación Térmica (°C)	Humedad (%)	Dirección del viento	Velocidad (km/h)
24	12:00	31,8	1001,1	33,4	68	Noreste	19
	21:00	26,8	993,5	26,8	87	Calmo	0
25	12:00	28,4	996,0	22,0	96	Sur, Sureste	7
	21:00	18,5	999,0	18,5	98	Sur, Sureste	18
26	12:00	12,6	1008,3	9,2	95	Sur, Sureste	46
	21:00	11,6	1012,9	9,8	78	Sur, Sureste	16
27	12:00	15,6	1015,4	14,3	44	Sur, Sureste	23
	21:00	9,6	1014,3	9,6	89	Calmo	0
28	12:00	16,0	1015,1	16,0	50	Sureste	4
	21:00	13,4	1013,2	13,2	75	Sureste	9
29	12:00	17,8	1012,5	17,5	46	Sur	15
	21:00	14,4	1012,2	13,2	67	Sur	16
30	12:00	18,0	1014,1	18,0	50	Sur	12
	21:00	15,2	1012,1	13,4	69	Sur	14

TABLA 5

Medición sistemática para el análisis del comportamiento térmico de la pared y la piedra, bajo alero y sin protección, considerando dos horarios diferentes del día.

ABRIL 2016								
			SIN PROTECCIÓN		CON PROTECCIÓN			
FECHA	HORA	T (°C)	PIEDRA T (°C)	PARED T (°C)	PIEDRA T (°C)	PARED T (°C)	CONDICION DEL TIEMPO	
24	12:00	31,2	38,8	34,5	29,3	29,5	Soleado	
	21:00	26,8	27,5	27,2	22,2	23,6		Nublado
25	12:00	28,4	21,7	21,1	21,5	21,6	Lluvia	
	21:00	18,5	18,1	19,2	16,4	16,6		Llovizna
26	12:00	12,6	13,6	13,2	13,4	13,1	Lluvia	
	21:00	11,6	11,5	11,2	11,3	11,5		Nublado
27	12:00	15,6	16,4	16,2	14,7	14,3	Soleado	
	21:00	9,6	11,5	11,2	11,2	11,4		Despejado
28	12:00	16,0	14,6	14,6	15,4	15,2	Nublado	
	21:00	13,4	13,3	12,5	12,3	12,5		Nublado
29	12:00	17,8	24,5	18,0	13,6	13,8	Soleado	
	21:00	14,4	13,3	13,2	13,1	13,3		Despejado
30	12:00	18,0	24,5	18,3	13,5	14,2	Soleado	
	21:00	15,2	16,8	14,6	14,3	14,8		Despejado

FIGURA 3

Se observa que la piedra, a menor temperatura aún mantiene una temperatura cercana a los 40 °C mientras que la piedra con protección adquiere hasta 10 °C menos

PIEDRA SIN/CON PROTECCIÓN

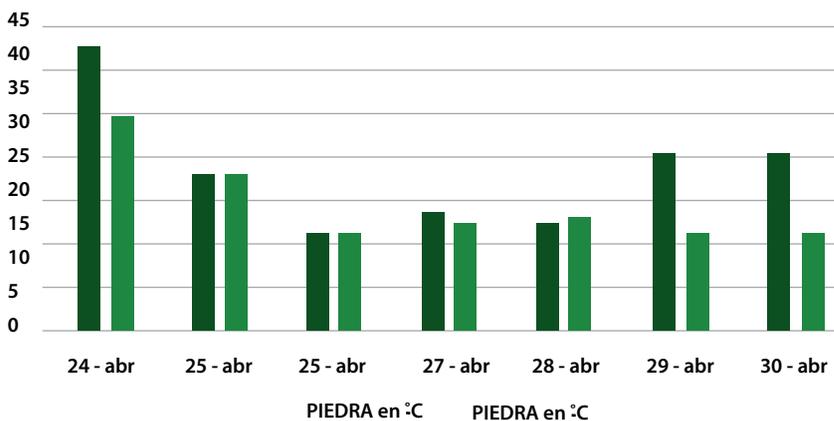


FIGURA 5

Se observa que la piedra, a menores temperaturas, adquiere temperaturas cercanas a los 35 °C, mientras que la pared alcanza hasta casi 30 °C.

PIEDRA SIN/CON PROTECCIÓN

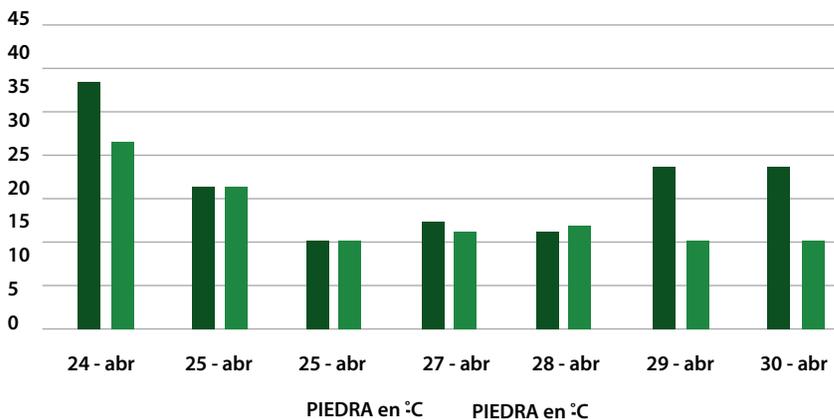


TABLA 6

Datos meteorológicos correspondientes al periodo del 2 al 8 de mayo obtenidos de la Dirección Nacional de Meteorología.

Mayo 2016							
Fecha	Hora	T (°C)	Presión (hp)	Sensación Térmica (°C)	Humedad (%)	Dirección del viento	Velocidad (km/h)
13	12:00	20,2	1001,2	20,4	76	Sur/Sureste	5
	21:00	15,8	1009,3	15,8	96	Sur/Sureste	5
14	12:00	26,0	1009,3	26,0	72	Noreste	18
	21:00	23,4	1002,2	23,4	81	Noreste	20
15	12:00	19,8	1001,2	19,8	98	Sureste	12
	21:00	18,8	1005,6	18,8	88	Sur/Sureste	22
16	12:00	16,8	1011,1	16,2	65	Sur/Sureste	16
	21:00	14,4	1001,7	13,5	80	Sur/Sureste	13
17	12:00	16,9	1007,1	16,4	52	Sur/Sureste	15
	21:00	15,4	1009,9	14,5	66	Sur/Sur	16
18	12:00	19,0	1001,1	19,0	45	Sur/Sureste	7
	21:00	14,0	1009,1	14,0	65	Sur/Sureste	15
19	12:00	18,7	1009,1	18,7	65	Sur/Sur	17
	21:00	16,3	1007,8	16,7	92	Sureste	9

Comparando ambas tablas observamos que la piedra adquiere mayor temperatura que la pared al estar expuesta a los rayos solares y que la variación es, en algunos casos, hasta 6 °C más alta. Sin embargo, en horas de la noche, ambos materiales tienen comportamientos térmicos similares al igual que en los días nublados o días lluviosos.

TABLA 7

Medición sistemática de la temperatura para el análisis del comportamiento térmico de la piedra y pared, en el exterior de la vivienda considerando dos horarios diferentes del día.

MAYO 2016								
			EXTERIOR		INTERIOR			
FECHA	HORA	T (°C)	PIEDRA T (°C)	PARED T (°C)	PIEDRA T (°C)	PARED T (°C)	CONDICIÓN DEL TIEMPO	
13	12:00	20,2/18	17,2	16,6	17,3	17,8	Nublado	
	21:00	15,8/18	15,3	16,5	18,2	18,9		Neblina
14	12:00	26,8/19	20,0	20,3	18,3	18,8	Nublado	
	21:00	23,4/19	20,5	20,5	19,2	19,8		Nublado
15	12:00	19,8/19	19,6	19,6	20,3	20,8	Nublado	
	21:00	18,8/20	19,7	19,7	20,4	21,9		Nublado
16	12:00	16,8/18	16,6	16,6	17,3	18,3	Nublado	
	21:00	14,4/16	15,7	15,7	17,2	17,8		Cubierto
17	12:00	16,9/16	15,5	15,5	15,4	15,9	Nublado	
	21:00	15,4/17	15,7	15,7	16,3	16,8		Cubierto
18	12:00	19/17	14,6	14,6	15,3	15,8	Soleado	
	21:00	14/17,6	15,7	15,7	15,6	15,8		Despejado
19	12:00	18,7	15,5	15,5	15,7	15,8	Soleado	
	21:00	16,3/17	16,5	16,5	16,3	16,8		Cubierto

FIGURA 5
Comportamiento de la piedra y la pared en el exterior y en el interior de la vivienda.

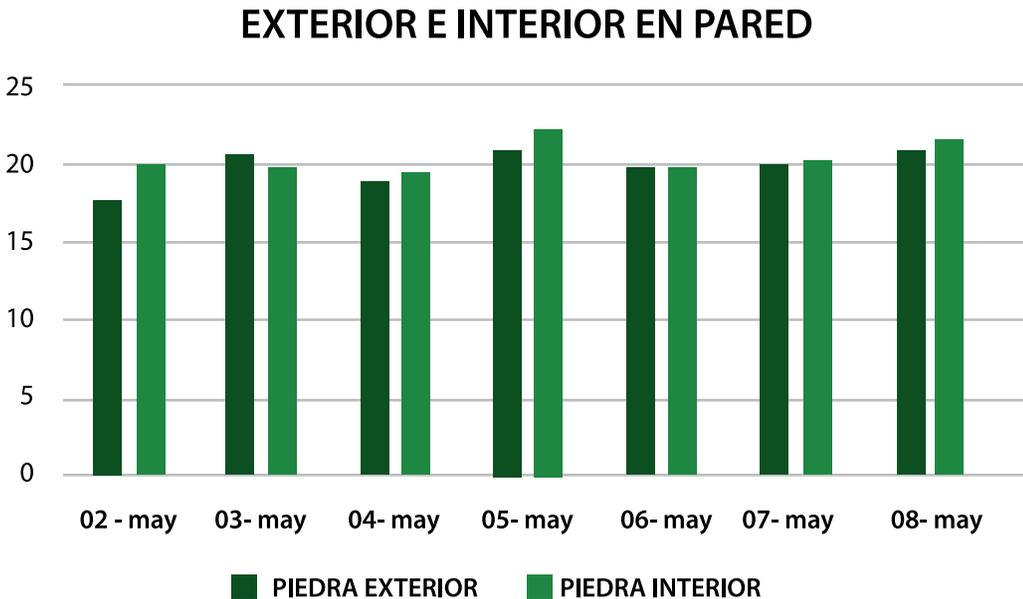


TABLA 8

Datos meteorológicos correspondientes al periodo del 13 al 19 de mayo obtenidos de la Dirección Nacional de Meteorología.

Mayo 2016							
Fecha	Hora	T (°C)	Presión (hp)	Sensación Térmica (°C)	Humedad (%)	Dirección del viento	Velocidad (km/h)
13	12:00	20,2	1001,2	20,4	76	Sur/Sureste	5
	21:00	15,8	1009,3	15,8	96	Sur/Sureste	5
14	12:00	26,0	1009,3	26,0	72	Noreste	18
	21:00	23,4	1002,2	23,4	81	Noreste	20
15	12:00	19,8	1001,2	19,8	98	Sureste	12
	21:00	18,8	1005,6	18,8	88	Sur/Sureste	22
16	12:00	16,8	1011,1	16,2	65	Sur/Sureste	16
	21:00	14,4	1001,7	13,5	80	Sur/Sureste	13
17	12:00	16,9	1007,1	16,4	52	Sur/Sureste	15
	21:00	15,4	1009,9	14,5	66	Sur/Sur	16
18	12:00	19,0	1001,1	19,0	45	Sur/Sureste	7
	21:00	14,0	1009,1	14,0	65	Sur/Sureste	15
19	12:00	18,7	1009,1	18,7	65	Sur/Sur	17
	21:00	16,3	1007,8	16,7	92	Sureste	9

TABLA 9

Medición sistemática para el análisis del comportamiento térmico de la piedra y pared, en el exterior de la vivienda considerando dos horarios diferentes del día.

MAYO 2016								
			EXTERIOR		INTERIOR			
FECHA	HORA	T (°C)	PIEDRA T (°C)	PARED T (°C)	PIEDRA T (°C)	PARED T (°C)	CONDICIÓN DEL TIEMPO	
13	12:00	20,2/18	17,2	16,6	17,3	17,8	Nublado	
	21:00	15,8/18	15,3	16,5	18,2	18,9		Neblina
14	12:00	26,8/19	20,0	20,3	18,3	18,8	Nublado	
	21:00	23,4/19	20,5	20,5	19,2	19,8		Nublado
15	12:00	19,8/19	19,6	19,6	20,3	20,8	Nublado	
	21:00	18,8/20	19,7	19,7	20,4	21,9		Nublado
16	12:00	16,8/18	16,6	16,6	17,3	18,3	Nublado	
	21:00	14,4/16	15,7	15,7	17,2	17,8		Cubierto
17	12:00	16,9/16	15,5	15,5	15,4	15,9	Nublado	
	21:00	15,4/17	15,7	15,7	16,3	16,8		Cubierto
18	12:00	19/17	14,6	14,6	15,3	15,8	Soleado	
	21:00	14/17,6	15,7	15,7	15,6	15,8		Despejado
19	12:00	18,7	15,5	15,5	15,7	15,8	Soleado	
	21:00	16,3/17	16,5	16,5	16,3	16,8		Cubierto

EXTERIOR / INTERIOR PIEDRA °C

FIGURA 6
Comportamiento de la piedra y la pared en el exterior y en el interior de la vivienda.

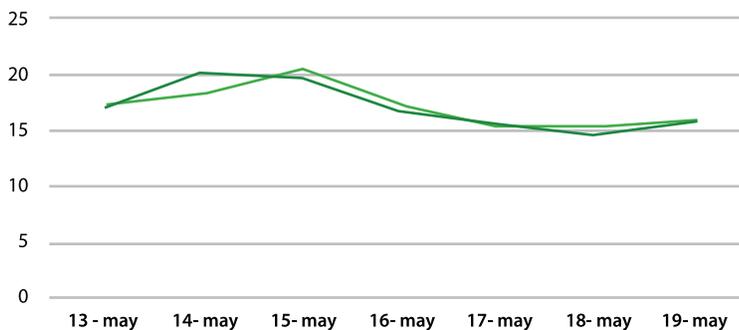
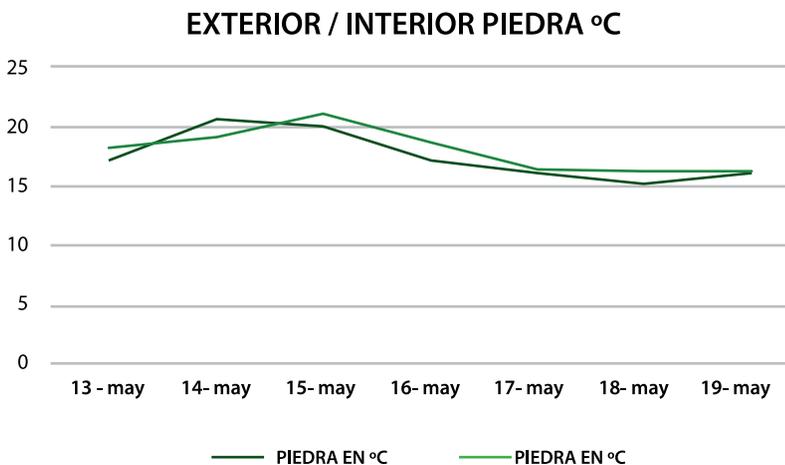


FIGURA 7
Comportamiento de la piedra en el exterior y en el interior de la vivienda.



En la figura 7 se observa que con bajas temperaturas también la pared de ladrillo y revoque adquiere una temperatura menor a la temperatura ambiente, aunque también se puede decir que es prácticamente similar o con poca variación.

CONCLUSIONES

De las mediciones realizadas, se puede afirmar que la pared de ladrillo con revestimiento de piedra adquiere, al mediodía, hasta 7 °C más que la pared de ladrillo con revoque, siempre que haya sol pues, si el tiempo está nublado la diferencia es de tan solo hasta 2 °C. En ambos casos la pared con piedra adquiere mayor temperatura y por lo tanto se afirma que tiene mayor inercia térmica.

Se concluye que los rayos solares son los que mayor incidencia tienen en el comportamiento térmico de los materiales de construcción y, en segundo lugar, la humedad relativa y la velocidad de los vientos. Según Franco Paats (2015), si los vientos son más fuertes, los materiales no adquieren mayor temperatura aún en condiciones similares a otros días de calor.

Cuando los días de sol intenso y temperaturas elevadas se repiten los materiales también van aumentando paulatinamente su temperatura debido a que durante las noches la temperatura no desciende, lo que hace que al día siguiente sumen las acumuladas en el día.

Referente a la pregunta de cómo cambia el comportamiento térmico de estos materiales con la protección a las radiaciones solares, se afirma que la protección del alero o de la vegetación, es de suma importancia ya que el material que no está directamente expuesto al sol, no adquiere altas temperaturas como ocurre en el caso opuesto. La diferencia de temperatura entre la pared de ladrillo con piedra expuesta al sol y otra con protección de alero y vegetación es de hasta 10 °C y la diferencia entre la pared de ladrillo con revoque expuesto al sol y la pared de ladrillo protegido por un alero es de hasta 4 °C. Con esto también se demuestra que la piedra adquiere una elevada temperatura al estar expuesta al sol y por lo tanto emite mayor calor al ambiente circundante que una pared de ladrillo con revoque.

Para responder a la pregunta, si existe diferencia de temperatura entre los dos materiales seleccionados en el exterior e interior de la vivienda, se vuelve a afirmar que, si los materiales en el exterior están expuestos al sol, adque-

ren mayor temperatura, por lo tanto, en el interior tienen menor temperatura al igual que cuando están protegidos por aleros o por construcciones vecinas, la diferencia es mínima y en horas de la noche, prácticamente son iguales.

Todo material arquitectónico utilizado tiene una incidencia calórica hacia el interior de las construcciones, que se traduce en una respuesta térmica global de toda la vivienda determinando efectos sobre la temperatura interior. En el Paraguay tenemos más días de calor que días con bajas temperaturas, lo cual conlleva a afirmar que, si se desea proyectar viviendas u otros edificios, es de vital importancia la selección de los materiales constructivos, una buena orientación y protección de los mismos cuando los mismos tienen gran inercia térmica.

RECOMENDACIONES

En Paraguay, en el 2015, el Comité Técnico de Normalización CTN 55, ha desarrollado las Normas de Sitio y Arquitectura y Recursos Materiales, que establecen los requisitos generales que deben cumplir en el campo de la construcción para crear condiciones de sostenibilidad. Estos criterios deben ser contemplados en todo el proceso de la construcción, desde el diseño, la ejecución y la reducción de los residuos generados durante la ejecución de la obra, con el uso de elementos prefabricados e industriales, o empleando procesos constructivos controlados que minimicen la producción de residuos.

Para el país, estas Normas Paraguayas constituyen un gran adelanto pues establece los delineamientos básicos enfocados a la construcción sostenible o bio-arquitectura. Esta normativa debería estar avalada por trabajos de investigación acerca de los materiales tradicionales y los nuevos materiales que están siendo empleados actualmente en la construcción.

En este trabajo se ha demostrado que las superficies expuestas al este, sin protección, hace que los materiales de construcción almacenen mayor cantidad de calor y lo emitan posteriormente al medio en que se halla inserta-

da la construcción. En Franco Paats (2015), también se ha demostrado que el piso cerámico atérmico, considerado como material relativamente nuevo en construcción, acumula mucho menos calor que los materiales tradicionales utilizados como pisos, como ser la piedra o la cerámica tradicional.

Se recomienda realizar más investigaciones acerca del comportamiento térmico de los materiales utilizados en construcción para avalar la nueva normativa que afecta a todo el ámbito empresarial de la construcción en nuestro país. La investigación se debe dar tanto en el ámbito público como en el privado y las universidades se deben convertir en los principales centros de producción científica de manera a aportar conocimientos válidos para lograr la bio-arquitectura con materiales que aporten al bienestar, especialmente, de los que vivimos en las ciudades ya que éstas se están convirtiendo en islas de calor a consecuencia del mal manejo de los materiales y los sistemas constructivos.

Referencias

- GUIMARÃES MERÇON, M., (2008). Confort Térmico y Tipología Arquitectónica en Clima Cálido-Húmedo: Análisis térmico de la cubierta ventilada. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gill.
- BAÑO NIEVA, A., (sf). La Arquitectura bioclimática: términos nuevos, conceptos antiguos.
- INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE ESPACIOS DESDE LA ÓPTICA MEDIOAMBIENTAL. DPTO. DE ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD DE ALCALÁ DE HENARES DE MADRID. ESPAÑA.
- GOBIERNO DE CHILE. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. (2009). Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social. Santiago de Chile.
- CORNOLDI, A., LOS, S. (1982). Hábitat y Energía. Madrid. España. Editorial: Gustavo Gill.
- CARLI, C. (2009). Ocho grados al sur del Trópico de Capricornio. Buenos Aires. Argentina. Editorial: Sainte Claire S.R.L.
- FRANCO PAATS, B. (2015). Variables climatológicas y los elementos constructivos y paisajísticos. Recuperado de <https://www.columbia.edu/py/institucional/revista-cientifica/articulos-de-investigacion/224-variables-climatologicas-y-los-elementos-constructivos-y-paisajisticos>
- GOBIERNO DE PARAGUAY. COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN. CTN 55.2015. (2015). Construcción Sostenible. Sitio y Arquitectura. Norma Paraguaya. INTN NP 55 001 14. Asunción. Paraguay. <http://www.certificadosenergeticos.com/inercia-termica-construccion-edificios-eficientes>