

Caracterización del ambiente físico en viviendas Petrocasas en el Asentamiento "Simón Bolívar" de Cienfuegos (2008-2009)

Characterization of the physical environment in petrohouses from the village of "Simón Bolívar" in the province of Cienfuegos (2008-2009)

Dr. Carlos Barceló Pérez, Dra. Raisa Guzmán Piñeiro, Dra. Yamile González Sánchez, Lic. Juan C Ramírez Sotolongo

Instituto Nacional de Higiene Epidemiología y Microbiología (INHEM). La Habana, Cuba.

RESUMEN

En varios asentamientos del país se han construido viviendas Petrocasas de policloruro de vinilo, relleno con hormigón sobre balsa y cubierta de lámina de aluminio revestida de papel asfalto por ambas caras. El policloruro de vinilo como material de construcción resulta controversial en relación a sus efectos en la salud. Con el objetivo de caracterizar desde el punto de vista sanitario el ambiente físico en viviendas Petrocasas de Cienfuegos, fue conducido un estudio descriptivo en dos semanas seleccionadas de las estaciones seca y húmeda de 2008 y 2009. Se monitoreó factores de riesgo físico en una muestra de 6 viviendas seleccionadas según la opinión de expertos, del total de las 104 viviendas del asentamiento según su ubicación en las filas de viviendas: centro, culata de fila y fachada. Se estudió el ruido, componente magnético del campo electromagnético de baja frecuencia, iluminación natural, artificial, microclima y penetración del viento. La evaluación del monitoreo se efectuó por descriptores estadísticos, modelos de regresión, varianza y espectro de potencia bivariado con los paquetes estadísticos: SPSS v. 17,0 y Statistica v. 8,0. Durante la estación seca, la temperatura del aire es mayor en la habitación principal de viviendas con fachada al sur. En ambas estaciones, las temperaturas y humedades relativas de las viviendas son más altas que en la intemperie. Las cubiertas y paredes muestran calentamientos ante el asoleamiento. Los coeficientes de iluminación natural presentan elevadas reflexiones. Los valores del campo electromagnético son bajos. En la estación seca los niveles sonoros

reflejan una contaminación acústica moderada. Concluimos que el microclima en el interior de las viviendas durante el día es inconfortable.

Palabras clave: petrocasa, vivienda, temperatura, humedad, viento, iluminación, ruido, campos de frecuencia extremadamente bajas.

ABSTRACT

Petrohouses have been built in several villages in the country. These houses are made of polyvinyl chloride, filled with raft concrete and covered with aluminum sheets coated with asphalt paper on both sides. The health effects of polyvinyl chloride as a construction material is a matter of controversy. With the purpose of carrying out a health characterization of the physical environment in Cienfuegos petrohouses, a descriptive study was conducted during two weeks selected from the dry and wet seasons of 2008 and 2009. Physical risk factors were monitored in a sample of 6 houses selected on the basis of expert opinion, of the total 104 houses in the village, according to their location in the rows: front, mid and end positions. The variables studied were noise, magnetic component of the low frequency electromagnetic field, natural and artificial lighting, microclimate and wind penetration. Monitoring was evaluated with statistical descriptors, regression models, variance and bivariate power spectrum, with the statistical software SPSS v. 17.0 and Statistica v. 8.0. In the dry season, air temperature is higher in the main room of houses with facades facing the south. In both seasons, temperature and relative humidity values are higher inside the houses than outside. Covers and walls heat up when hit by the sun. Natural lighting coefficients show high reflection values. Electromagnetic field values are low. In the dry season, sound levels show moderate acoustic contamination. It is concluded that the microclimate inside houses during the day is uncomfortable.

Key words: petrohouses, house, temperature, humidity, wind, lighting, noise, extremely low frequency fields.

INTRODUCCIÓN

La vivienda constituye un recinto construido para el albergue de personas,¹ considerado como un conjunto de espacios de facilitación de funciones y una interfase con el intemperismo físico y el peligro social. Cuando la vivienda no facilita las funciones que ella debe proveer con sus espacios funcionales es catalogada como no saludable. La vivienda erigida con materiales improvisados, sin sujeción a normas técnicas y con dificultades de acceso a las redes técnicas y servicios públicos se denomina como precaria. La solución del problema de los déficits cualitativos y cuantitativos de la vivienda en Cuba, transita a través de varias soluciones, incluyendo la iniciativa local.²

Hoy se discute ampliamente sobre la salubridad de los materiales de construcción. Diversos materiales de construcción suponen algunos riesgos a la salud.³ Algunos como el asbesto, revisten peligro por su posible etiología para el cáncer del pulmón.

El material plástico resulta controversial por sus aditivos y residuos.⁴ El uso del plástico en la vivienda se ha desarrollado en Cuba recientemente. La llamada Petrocasa, producida por la industria Pequiven de Venezuela, es una vivienda de concreto revestida de cloruro de polivinilo (PVC) con vigas de acero, cerámica, y sin bloque en su estructura.^{5,6} Los accesorios como ventanas, puertas y el techo de PVC pueden tener un acabado que simula la madera. El PVC se consideró el material adecuado para este proyecto porque ofrecía ventajas significativas frente a materiales tradicionales.⁴ El PVC es de color blanco pero puede ser pintado de otro color. El techo puede ser de PVC en forma de tablillas de machihembrado coloreadas para simular madera.⁵ En este caso se emplearon techos ligeros de lámina de aluminio forradas en papel amianto.

En las Petrocasas los paneles de PVC se montan sobre una balsa de hormigón armado y se rellenan también con hormigón, dejando vacíos aquellos paneles en cuyo interior van instalaciones hidráulicas y eléctricas.⁶ En la ciudad de Cienfuegos y otros asentamientos del país se han construido Petrocasas con cubierta de lámina de aluminio revestida de papel asfalto por ambas caras, como es el caso del asentamiento Simón Bolívar, compuesto por 104 viviendas.⁸ El PVC utilizado para la edificación de las Petrocasas se compone de perfiles de policloruro de vinilo con ausencia total de emisiones de sustancias cancerígenas; según el constructor plantea, de acuerdo al reporte de expertos alemanes, que refrendaron la inocuidad de los componentes del sistema constructivo venezolano Petrocasa y la ausencia del monocloruro de vinilo en el proceso.⁹ Otros factores de riesgo pueden ponerse en juego de acuerdo a la microlocalización de la vivienda y el diseño constructivo, tal es el caso de factores de riesgo físico.

Con el objetivo de caracterizar desde el punto de vista sanitario los ambientes físicos de las viviendas de PVC erigidas en Cienfuegos en 2006 se realizó esta investigación con carácter exploratorio.

MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo dirigido a la caracterización del ambiente físico interior y peridomiciliario de las viviendas Petrocasas, erigidas en Cienfuegos en el año 2006 con materiales de la industria petroquímica Pequiven y diseños venezolanos. El monitoreo de los factores físicos tomó lugar en la semana del 16 al 21 de diciembre de 2008 para estudiar las condiciones de la estación seca del año. Un segundo monitoreo en estas viviendas se realizó en el verano de 2009 desde el 19 al 24 de julio correspondiendo a la estación húmeda.

El universo de estudio estuvo compuesto por las 104 viviendas Petrocasas del asentamiento Simón Bolívar de Cienfuegos, de las cuales se eligió una muestra de 6 por criterio de expertos de acuerdo a la orientación en la fila de viviendas: fachadas al norte y al sur, con variantes de intercalación en fila de viviendas individuales y en culatas, representando todas las variantes posibles de ubicación arquitectónica. Con fachada principal al Sur: Casas 19, 66 y 46 y fachada principal al Norte: Casas 5, 57 y 30. La conformación de las 104 viviendas resulta totalmente semejante. No se consideró un tamaño de muestra mayor ya que todas las posibles ubicaciones fueron consideradas.

MICROCLIMA Y PENETRACIÓN DEL VIENTO

En las 6 viviendas seleccionadas se efectuaron en el transcurso de una semana de cada estación, mediciones instantáneas diarias sincrónicas de microclima y penetración del viento; contraste de temperatura (interior–exterior), temperatura de cubiertas y envolventes, humedad y viento en todos los locales de las viviendas estudiadas. Se utilizó los siguientes horarios:

- Período 1: 07-10 horas
- Período 2: 11-14 horas
- Período 3: 14-16 horas
- Período 4: 17-19 horas.
- Los períodos 1 y 4 reflejaron condiciones de enfriamiento, en tanto los 2 y 3 de caldeamiento, siguiendo la trayectoria aparente del sol

Para las mediciones de microclima y viento se utilizaron; Anemómetro de propela SPER Scientific 840032 incertidumbre 2 %, Datalogger 2003 incertidumbre < 5 %, Termohigrómetro TESTO 635 incertidumbre T: 0,1 °C; hr: 2 %, Termohigrómetro Clock incertidumbre T: 0,1 °C; hr: 2 %, Termómetro infrarrojo TECPEL 512 incertidumbre T: 0,5 °C, Psicrómetro Assman MIC2 incertidumbre T: 0,2 °C; hr: 2 %

Se efectuó un registro continuo de temperatura y humedad del aire en las 6 viviendas estudiadas, ubicando un registrador en cada sala y en el exterior simultáneamente mediante higrotermógrafos Fisher. Con las mediciones de los períodos diurnos se calcularon índices bioclimáticos para evaluar el confort térmico, a través de la temperatura efectiva de Missenard (TEF) y la de globo de bulbo húmedo (WBGT). La evaluación estadística se efectuó por descriptores, modelos de regresión y espectro de potencia bivariado con los paquetes estadísticos: SPSS v. 17,0 y Statistica v. 8,0.

RUIDO

En las casas seleccionadas y en su periferia inmediata se valoró la inmisión de sonido con monitoreo horario (dentro–fuera), con fines de efectuar una evaluación sanitaria del ruido y estimar la penetración de sonido evaluando el nivel sonoro medio por energía de nivel equivalente de ruido fluctuante de ponderación A (Leq A) y extremos. Se efectuó un doble juego de mediciones en la mañana y la tarde de acuerdo a la norma cubana NC 26 (2007) en ambos períodos semanales de estudio. Se utilizaron medidores de nivel sonoro clase 1 calibrados con incertidumbre inferior a 1 dB (spl). Se empleó el sonómetro SPER SCIENTIFIC de tercera generación. La calibración se efectuó con el pistófono SPER Scientific 840031.

ILUMINACIÓN

Iluminación natural

Se evaluó el coeficiente de iluminación natural normalizado para describir el clima luminoso natural de las viviendas. Se efectuaron mediciones duplicadas en todos los locales de la vivienda y simultáneamente en el exterior al atardecer, con valores exteriores no superiores a 10 000 Lux en ambos períodos de estudio. Se estimaron empíricamente de modo instrumental los coeficientes de reflexión de paredes y pisos en las viviendas objeto de estudio.

Iluminación artificial

Se evaluó la iluminación artificial absoluta en todos los locales de la vivienda en horas nocturnas partiendo del alumbrado como fuente. Las mediciones se efectuaron por duplicado en cada una de las viviendas para reducir el ruido informacional. Se contrastaron los resultados de las mediciones contra valores sanitarios de referencia. Se utilizaron los luxómetros Yu 120-10116 para mediciones exteriores y el SPER Scientific 840022 en interiores, ambos calibrados con incertidumbres inferiores al 10 %.

Campos electromagnético de baja frecuencia (ELF)

Se evaluó el componente magnético del campo ELF, mediante mediciones de la intensidad de campo (mG) en cada local de las viviendas estudiadas, registrándose los valores modales y de pico – fondo en mediciones de la mañana y la tarde. Para ello se utilizó un gausímetro calibrado FW Bell 4090, con incertidumbre de la medición no superior a 0,1 mG, el que en cada local es rotado en hemisferio horizontal para registrar los valores mínimos, modales y máximos del campo B. Se monitorearon dos situaciones: tensión en la línea sin consumo y tensión con consumo.

RESULTADOS

Los resultados de los factores considerados para la evaluación del ambiente interior y exterior de las viviendas Petrocasas del Asentamiento Simón Bolívar de acuerdo a las dos estaciones del año se expresan a continuación.

MICROCLIMA DE LAS PETROCASAS DEL ASENTAMIENTO SIMON BOLÍVAR

Evaluación de la temperatura durante la estación seca

Los percentiles de temperatura seca en las viviendas con fachada principal al sur, sugieren que la temperatura del aire es mayor en la fachada sur en la habitación principal, su baño propio y la habitación colindante a la cocina. Los intervalos de confianza de la media, indican que los restantes locales son más cálidos en las viviendas de fachada norte (Fig. 1). La dirección del viento no guarda una relación con el contraste de temperatura de los locales de la vivienda respecto a su exterior.

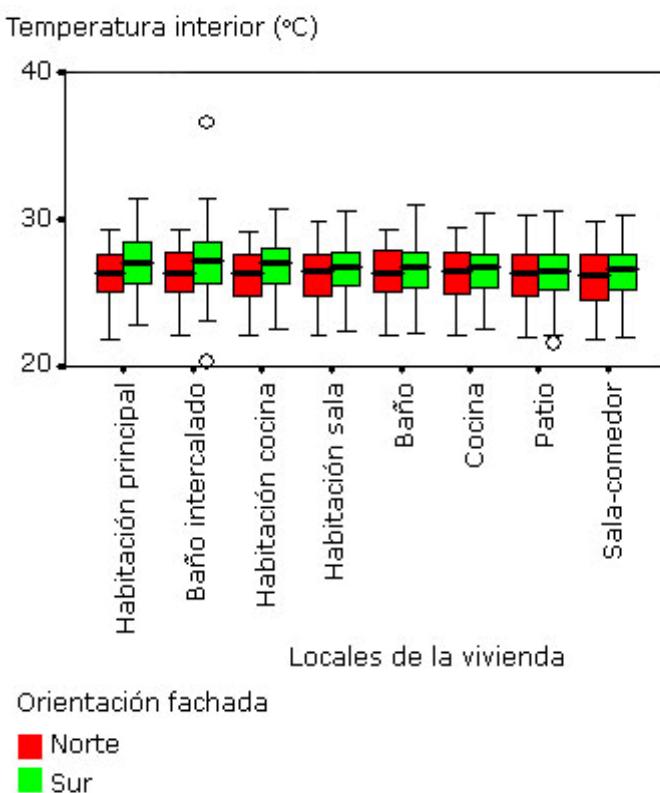


Fig. 1. Temperatura seca interior de locales en viviendas Petrocasas orientadas al norte y sur. (Estación seca, diciembre 2009)

Evaluación de la temperatura durante la estación húmeda

Las mediciones sincrónicas de temperaturas exterior e interior en las viviendas de diferentes fachadas presentan rangos solapados, indicando que no hay diferencias sensibles entre ellas. A partir de las 11 a.m. las temperaturas interiores han subido y se sostienen altas hasta las 19 horas. El calentamiento-enfriamiento radiativo, se percibe en el curso del día tanto en la intemperie como en el interior. La temperatura exterior es ligeramente más fresca respecto a la interior en habitación principal y los baños.

Evaluación de la humedad relativa durante la estación seca

Los valores de humedad relativa en el día son semejantes en los distintos locales de la vivienda en cualquier orientación de la fachada principal. Se destacan humedades relativas del aire interior más altas respecto al exterior según intervalos de confianza de la diferencia de la media, en viviendas con fachada principal al sur. Esto indica que las habitaciones colindantes con sala y cocina son más húmedas en estas viviendas.

Cuando hay calma exterior en el viento las humedades interiores de la vivienda resultan más altas. Existe una débil penetración del viento exterior en los locales de la vivienda. Sólo la sala, el patio y la habitación a la cocina, con viento SE, muestran proporciones positivas de penetración del viento en la vivienda. En consecuencia la ventilación resulta pobre en general, en relación al valor recomendado de 1,5 recambios/hora.^{10,11}

Evaluación de la humedad relativa durante la estación húmeda

La humedad relativa aparece poco contrastada a lo largo del día, aunque ligeramente más alta en la fachada sur al final de la tarde. En general, las humedades relativas interiores son algo más bajas durante el día que el exterior en la sala, cocina y patio.

El movimiento del aire dentro de la vivienda se percibe ligeramente en la habitación principal, el patio y la sala comedor en horas tempranas del día y después de las 2:00 p.m. El viento exterior es mayor al interior en todos los locales con reducida eficiencia de penetración. La dirección del viento exterior del Noroeste resulta favorable a la penetración del viento a la vivienda, que no obstante resulta sensiblemente amortiguado en los diferentes locales de la vivienda.

La orientación al sur de la fachada principal favoreció en algunos locales de las viviendas la penetración del viento-patio, habitaciones a la cocina, sala y baño principal- pero las diferencias de acuerdo a la fachada principal resultan poco notables.

La humedad relativa de las viviendas y de la intemperie es mayor entre 7:00 a.m. y 10:00 a.m., luego decae hasta las 2:00 p.m. para posteriormente continuar reducción y sufrir un discreto incremento tanto en el exterior como en el interior al caer la tarde.

Evaluación de la temperatura de techo y paredes durante la estación seca

El vector de medias según locales de la vivienda, indica que las temperaturas del techo, habitación principal y su baño son las más altas. Al analizarse los vectores de medias según períodos del día, se confirma que entre las 11 y las 4 pm hay un caldeamiento de cubiertas acompañado de la temperatura seca. El análisis de varianza señala la temperatura del techo como el único contraste significativo entre locales de la vivienda al nivel 0,05. Las temperaturas más altas en las cubiertas se observan en los períodos de 11:00 a.m. a 4:00 p.m., como era de esperar. Los valores percentiles de las temperaturas superficiales de las paredes de los locales y sus intervalos de confianza, resultan poco contrastados con la orientación de la fachada principal. Las temperaturas de paredes son más altas en los períodos de 2 a 7 pm, sugiriendo valores más conservativos de inercia térmica.

Evaluación de la temperatura del techo y paredes durante la estación húmeda

La temperatura del techo resultó más fresca en el patio. Entre las 2 p.m. y 5 p.m., con orientación de fachada al sur, aparecen temperaturas de cubierta algo más elevadas. El patio como local tiene el más reducido contraste de temperatura de cubierta respecto al aire. Su material es zinc galvanizado, a diferencia de los restantes locales.

Las temperaturas de las paredes no muestran contrastes importantes entre los locales de las Petrocasas, aumentan de la mañana al mediodía y se sostienen en la tarde, lo que responde al calentamiento radiativo solar y su inercia en el material de construcción, lo que se observa con independencia a la orientación de la fachada principal.

Las temperaturas de las cubiertas fueron más altas que las de paredes. El confort térmico fue en sensible medida severa y comparable entre locales con independencia de la orientación de fachada principal.

Variaciones de la temperatura y la humedad durante la estación seca

Al ajustar diferentes modelos a la variación interior-exterior de la temperatura en dependencia de la temperatura exterior sincrónica, se constata que cuando la temperatura exterior es mayor de 28 °C, las temperaturas interiores resultan en alguna medida amortiguadas

En cuanto a la humedad, el dispersograma sugiere débil, humedecimiento relativo del aire interior al incrementarse la exterior. Los modelos regresivos ajustados resultan más explicativos en las formas no lineales. Los resultados confirman que bajo 45 % y sobre 70 % de humedad relativa exterior la humedad interior tiende a aumentar. A tenores diferentes de humedad exterior, las humedades interiores resultan menos diferenciadas de la exterior sincrónica.

Variaciones de la temperatura y la humedad durante la estación húmeda

La regresión múltiple, paso a paso, sugiere que la temperatura seca interior (tempin) se relaciona a la exterior (tempex), a la humedad (humex) y el viento exterior (vtoex), a las temperaturas de la cubierta (temtecho) y de la envolvente (tempar). La variable dependiente del modelo es la temperatura interior (Tempin).

Los coeficientes de regresión aparecen como estadísticamente significativos (sig), según la docimasia del coeficiente por t de student (tabla).

Tabla. Parametrización de un modelo regresivo paso a paso retroactivo de la temperatura interior de las Petrocasas en el verano 2009.
Asentamiento Simón Bolívar

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Beta	t	Sig.
	B	Error típ.			
1 (Constante)	18,214	1,213		15,014	,000
Tempex	,127	,022	,178	5,822	,000
Humex	-,069	,007	-,350	-10,308	,000
Vtoex	,496	,044	,158	11,151	,000
Temtecho	,131	,010	,288	12,680	,000
Tempar	,279	,021	,225	13,450	,000

Índices bioclimáticos

En las dos estaciones del año las temperaturas efectivas¹² del interior de las viviendas son más elevadas en horas del mediodía y la tarde temprana, según los percentiles e intervalo de confianza, 95 de la media (Fig. 2 y 3). Lo mismo ocurre con la temperatura de globo de bulbo húmedo: (WBGT)¹³. Ambos índices son congruentes en este resultado, en particular el WBGT revela que en este confort está presente un componente radiactivo infrarrojo.

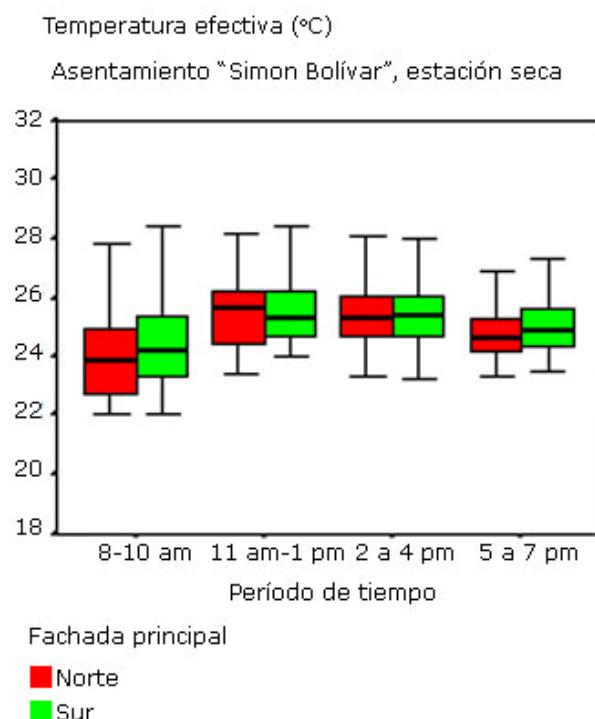


Fig. 2. Temperatura efectiva de Misenard de las petrocasas de Cienfuegos en horas diurnas. Asentamiento "Simón Bolívar". (Estación seca, diciembre 2009)

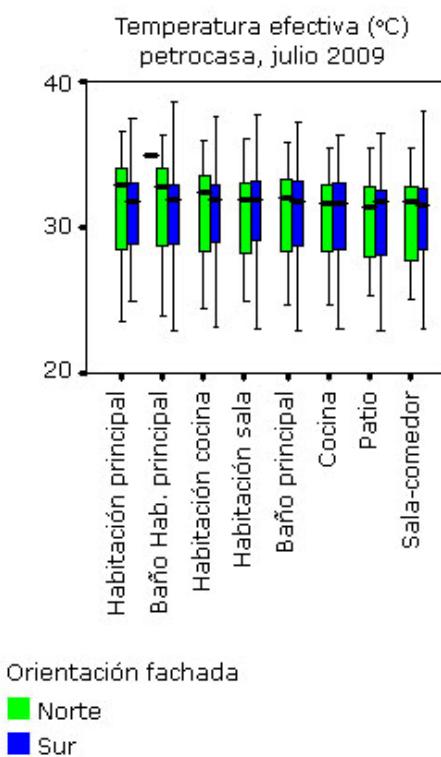


Fig. 3. Temperatura efectiva en locales de las petrocasas según orientación de fachada. (Estación seca, diciembre 2009)

Análisis de series cronológicas de temperaturas secas en la estación seca

Las series cronológicas de temperatura del aire muestran cierta amortiguación térmica del aire interior respecto al exterior, particularmente en las viviendas con fachada al Norte en la componente oscilatoria diaria.

Las relaciones de las estructuras de las series cronológicas de temperatura seca de intemperie con las temperaturas interiores de las viviendas de fachada norte, indican fuertes coherencias en las frecuencias compartidas por las estructuras de temperaturas exteriores e interiores. Los desfases sugieren en la mayoría de los casos que hay un retardo de los ciclos compartidos en la vivienda respecto al exterior, exceptuando la vivienda.³ La temperatura seca de las viviendas de fachada al sur, se comportan de modo análogo a la temperatura del aire en fachada norte.

Análisis de series cronológicas de temperaturas secas en la estación húmeda

No hay diferencias significativas al nivel 0,05 en la temperatura seca, efectiva, el viento y la humedad del aire interior entre los locales de la vivienda. Tampoco se observa en los contrastes de la humedad relativa y viento exterior–interior con los locales. Las temperaturas de globo húmedo no se asociaron a las direcciones del viento exterior.

Hay diferencias significativas en el contraste de temperatura del aire, efectiva, del techo, la pared, el viento y humedad exterior–interior con la dirección del viento exterior. La temperatura interior, el viento y humedad relativa interior también se relacionaron a la dirección del viento exterior. Vientos de componente sur se asocian a algo mayores temperaturas efectivas.

La correlación de Spearman para dos colas revela un enlace proporcional entre la temperatura seca interior y las temperaturas del techo, la pared, radiante y efectiva e inverso con la humedad relativa. La humedad interior es inversamente proporcional a la temperatura del aire, del techo y la pared. La temperatura interior agudiza su diferencia con la del exterior en temperaturas exteriores alrededor de 34 °C, pero con sensible dispersión.

Las relaciones de las estructuras de las series cronológicas de temperatura seca de intemperie e interior de las viviendas muestran periodicidades que reflejan mayormente el ciclo radiativo diario de temperatura por la trayectoria solar. Aparecen ciertos retrasos de las temperaturas extremas interiores de la vivienda respecto a las de la intemperie principalmente en las viviendas de fachada sur, con algunos adelantos en las casas de fachada norte.

Análisis de series cronológicas de humedad relativa durante la estación seca

En el caso de la humedad relativa, los valores horarios interiores tienen generalmente amplitudes superiores a los valores del intemperismo en ambas fachadas para el ciclo diario. En la fachada norte hay más sensibles contrastes entre viviendas.

Las densidades espectrales de humedad relativa del aire de las viviendas de la fachada principal al Norte no muestran ciclos de alta frecuencia en la estructura de

sus series cronológicas. Sin embargo, se percibe la existencia de ciclos de 24 horas añadiendo un ciclo de 20 horas aproximadamente en exterior y uno de unas 30 horas, coincidiendo con las viviendas de fachada al sur.

Análisis de series cronológicas de humedad relativa durante la estación húmeda

El contraste de la humedad relativa interior resulta inversamente proporcional a la exterior. Al analizar las densidades espectrales de humedad relativa de las viviendas, se observaron algunas situaciones de muy sensible contraste de fase entre los ciclos diarios de humedad de la vivienda y del exterior. En algunos casos aparecen adelantos en las viviendas y no retrasos.

Iluminación

La evaluación de la iluminación natural en los dos períodos de estudio refleja que los coeficientes de iluminación natural normalizados no cumplen los valores establecidos en el estándar NRMC 05¹⁴ en baños, estares y cocina en ninguna orientación de fachada. Los coeficientes de reflexión de pisos en muchos casos exceden el límite recomendado de 20 %, lo que constituye un factor de deslumbramiento. El alumbrado es singularmente bajo con iluminaciones por debajo de los estándares para viviendas en ambas fachadas.

Campo ELF

El componente magnético del campo en general durante la evaluación realizada en las dos estaciones del año es bajo, alejados del valor guía de la OMS de máxima exposición de la población de 8 mG.¹⁵ Al contrastar la mañana y la tarde, se observan valores más altos en las tardes, lo que pudiera vincularse a la existencia de transformadores en la proximidad de algunas de las viviendas medidas y al mayor empleo de electricidad al retorno de los trabajadores al hogar.

Sonido

Los niveles sonoros medidos de acuerdo a la NC 26 (2007)¹⁶ reflejan el ruido de tráfico. Los niveles mínimos sugieren un fondo acústico relativamente bajo en ambas estaciones. Durante la estación seca los niveles equivalentes de ruido fluctuante de una hora ponderado A (Leq), en la mañana y en la tarde y aún en exteriores, se encuentran sobre el nivel máximo admisible pero no transgreden el valor tolerable establecido por el estándar sanitario vigente en el país; por lo que existe contaminación acústica moderada en exteriores e interiores. Sin embargo, durante la estación húmeda los niveles Leq en las habitaciones principales y en exteriores se encuentran bajo el valor normado para el nivel máximo admisible y bajo el valor tolerable en área urbanizada estable, en el horario de 7 a 22 horas, por lo que se puede indicar que no hay contaminación acústica en exteriores e interiores.

DISCUSIÓN

El confort térmico en el interior de las viviendas estudiadas se debe al escaso intercambio de aire, al diámetro de abertura de las ventanas y a la no utilización del aislamiento térmico de las cubiertas. Los resultados alcanzados coinciden con el estudio realizado en el Asentamiento Los Palacios¹⁷ donde se han construido también viviendas Petrocasas. No obstante, la vivienda con cubierta de polietileno, presenta un clima algo más favorable.

Los residentes en viviendas donde existen elevadas temperaturas interiores pueden manifestar sensación de irritabilidad, agotamiento físico y dificultad para disfrutar del sueño y el descanso.

Los resultados encontrados en relación al elevado coeficiente de reflexión del piso en las viviendas estudiadas coinciden con los hallados en las viviendas Petrocasas de Los Palacios,¹⁷ siendo signo de deslumbramiento y riesgo de accidentes en el hogar principalmente para adultos mayores con trastornos visuales.

Cuando se estudió las variables bioclimáticas en la tipología de vivienda Metaform, erigida en Santa Fe, en La Habana, se observó que las condiciones del ambiente físico interior es favorable, allí las temperaturas secas del aire, la humedad relativa y el viento se mostraron en rangos aceptables, las temperaturas de cubiertas y envolventes no resultan elevadas como para constituirse en radiadores infrarrojos de importancia para el caldeamiento del aire interior.¹⁸ No comportándose así en el diseño de Viviendas Petrocasas del Asentamiento Simón Bolívar. Por lo que los residentes de las viviendas de tipología Metaform poseen mejor calidad de vida en relación a los de la vivienda Petrocasas.

El campo ELF evaluado en este estudio se corresponde a mediciones de otras viviendas en el país.¹⁷⁻¹⁹ Durante el año 2004 se realizó una investigación por Reyes Secades y otros¹⁷ donde se constató asociación entre la exposición al campo ELF y la aparición de leucemia infantil en La Habana.

En relación a la contaminación sonora encontrada en el interior de las viviendas Petrocasas durante la estación seca en nuestra opinión puede ocasionar molestias a sus moradores debido a la falta de concentración para la realización de actividades, interferencias en la comunicación

Las viviendas Petrocasas del asentamiento Simón Bolívar de Cienfuegos, presentan un ambiente físico interior que pudiera ocasionar molestias a los residentes, al presentar un microclima inconfortable en relación a la temperatura durante el día y escasa ventilación, altos valores de los coeficientes de iluminación y del nivel sonoro. No ocurriendo así con el valor del campo ELF.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gardner B. Conceptos de vivienda. [Internet] Deconceplos.com. c 2012. Vivienda [citado 20 mayo 2012]. Disponible en: <http://deconceptos.com/ciencias-juridicas/vivienda>
2. Martín M. La vivienda en Cuba. [Internet] Pinar del Río, Cuba: regalado.blogia.com blog; c 2012 [citado 20 de Mayo de 2012]. Disponible en: <http://imaginados.blogia.com/2009/030203-la-vivienda-en-cuba.php>

3. Lippmann M. editor. Environmental toxicants. Human Exposures and Their Health Effects 3er.ed. New Jersey, USA: Wiley, Hoboken, 2009.
4. Romano D. Medio Ambiente, Construcción y PVC. Ciudades libres de PVC. Boletín CF+S [Internet]. 1998 abril [citado 22 jul 2012]; (5). Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n5/adrom.html>
5. Petrocasa transforma hidrocarburos en desarrollo social. [Internet] Abrebretas Portal Sección viviendas. Caracas: Abrebretas.com; c2012 [citado 17 mayo 2012]. Disponible en: http://www.abrebretas.com/3864_Petrocasa-transforma-hidrocarburos-en-desarrollo-social-.html
6. Azze A. Evaluación de riesgos físicos en las petrocasas desde la óptica de la salud ambiental, Cienfuegos. [Tesis para optar por la Maestría de Salud Ambiental]. La Habana: Instituto Nacional de Higiene Epidemiología y Microbiología; 2009.
7. Welton C. El PVC saca a los pobres fuera de los tugurios en Venezuela [Internet]. Foro Andino del PVC. Sección Noticias. Colombia: RAPVC; c2008-2012 [actualizado junio 2010; citado 17 Mayo 2012]. Disponible en: http://www.foroandinopvc.org.co/Noticias.php?Ing=¬icias_id=17
8. Molina J. Raúl y Chávez inauguran petrocasas cienfuegueras [Internet]. Granma. 21 dic 2007; sección noticias Petrocaribe. [citado 17 mayo 2012]. Disponible en: <http://www.granma.cubaweb.cu/secciones/petrocaribe/de-la-iv-cumbre/art37.html>
9. Prensa latina. Petrocasas reciben certificado anticancerígeno [Internet]. Periódico Sierra Maestra. 3 agost. 2009; sección noticias [citado 17 mayo 2012]. Disponible en: <http://www.sierramaestra.cu/mundo/3670>
10. Renovaciones de aire. Código técnico de la edificación CTE HS [Internet]. Construmatica. Portal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción; sección Construpedia. Barcelona: Construmatica.com; c2012 [citado 17 mayo 2012]. Disponible en: http://www.construmatica.com/construpedia/Renovaciones_de_Aire
11. Soler & Palau. Sistemas de Ventilación, S.L.U. Soluciones innovadoras [Internet]. Barcelona: Soler & Palau Sistemas de Ventilación, S.L.U; c2006-2012 [citado 17 Mayo 2012]. Disponible en: <http://www.solerpalau.es/>
12. Universidad Nacional de Ingeniería de Perú. Evaluación de agentes ambientales en el interior de las viviendas. Informe técnico final. [Internet] Washington, DC: BVSDE/OPS; 2012 [citado 17 mayo 2012]. Disponible en: http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsapi/fulltext/aire_uni.pdf
13. Health and Safety Executive. Wet Bulb Globe Temperature Index. [Internet]. London: Health and Safety Executive; 2012 [cited 2012 May 17]. Available from: <http://www.hse.gov.uk/temperature/heatstress/measuring/wetbulb.htm>
14. Ministerio de la Construcción. Norma Ramal NRMC 005/85. Iluminación natural. La Habana, Cuba: MICONs; 1985
15. Repacholi MH, Greenebaum B. Interaction of static and extremely low frequency electric and magnetic fields with living systems: health effects and research needs . Bioelectromagnetics. [Internet] 1999 marzo [cited 2012 June 19];20(3):133–160.

Available from: [http://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1002/\(SICI\)1521-186X\(1999\)20:3%3C133::AID-BEM1%3E3.0.CO;2-O/asset/1_ftp.pdf?v=1&t=i05e4fe5&s=e3e2f1dbdd3fb4e90d89ebf1623ed895483bac78](http://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1002/(SICI)1521-186X(1999)20:3%3C133::AID-BEM1%3E3.0.CO;2-O/asset/1_ftp.pdf?v=1&t=i05e4fe5&s=e3e2f1dbdd3fb4e90d89ebf1623ed895483bac78)

16. Ministerio de Salud Pública. NC-26-2007. Norma de Ruido en zonas habitables. Requisitos higiénicos sanitarios. La Habana, Cuba: MINSAP; 2007. Haz hecho público que te gusta.

17. Barceló Pérez C. Mejoramiento de la cubierta Pequiven. Informe Científico Técnico. La Habana: Instituto Nacional de Higiene Epidemiología y Microbiología; 2012.

18. Barceló Pérez C. Evaluación de riesgos físicos en la vivienda METAFORM. Informe Científico Técnico. La Habana: Instituto Nacional de Higiene Epidemiología y Microbiología; 2012.

19. Reyes Secades G, Barceló Pérez C, Moncada II. Leucemia infantil aguda y campos electromagnéticos en municipios de Ciudad de La Habana: Estudio de casos y controles. Rev Cubana Hig Epidemiol [Internet]. 2006 Abr [citado 9 de Agosto de 2012]; 44(1): [8 pantallas]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032006000100002&lng=es

Recibido: 24 de febrero 2013.
Aprobado: 15 de septiembre de 2013.

Carlos Barceló Pérez. Instituto Nacional de Higiene Epidemiología y Microbiología (INHEM). Infanta 1158 entre Llinás y Clavel. CP: 10300. La Habana, Cuba.
Correo electrónico: barcelo@inhem.sld.cu