



ESTRATEGIA DE CONTROL SOSTENIBLE DEL MICROESPACIO URBANO ENTRE EDIFICACIONES EN CLIMA CÁLIDO – HÚMEDO

Nersa Gómez (1); Ester Higuera (2); Ferrer Mercedes (3)

(1) (3) Profesor-Investigador de Facultad de Arquitectura y Diseño, nersag@yahoo.com
Universidad del Zulia. Instituto de Investigaciones IFAD, Núcleo Técnico Ingeniería, Edificio Jesus Garrillo.
Maracaibo, Venezuela. Tel.: (58) 261 4125853

(2) PhD, Profesor de. Escuela de Arquitectura, ester.higuera@upm.es
Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio. Av. Juan de
Herrera 4, 28040 Madrid, España. Tel.: (34) 91 3366534
ferrer.mercedes@gmail.com

RESUMEN

El trabajo tiene como finalidad presentar los resultados de una investigación referida al comportamiento ambiental del microespacio urbano -entre edificaciones- en dos (2) desarrollos residenciales multifamiliares, La Paragua y Zapara, localizados en Maracaibo (Venezuela), en clima cálido – húmedo. El propósito es, utilizando técnicas de simulación computacional, indagar los efectos ambientales de la radiación solar y corrientes de aire y analizar el comportamiento termo-fluido-dinámico de las variables relativas al confort térmico exterior en desarrollos residenciales típicos de la localidad. La técnica aplicada, Programa Software 2010, deriva del modelo mecánica de fluidos computacional (CFD) aplicado en los procesos termo-fluido-dinámicos que utiliza métodos numéricos para analizar los problemas de fluidos en movimiento, la transferencia de calor, transferencia de masa y esfuerzos al interactuar con sólidos (Patankar 1980). Esta herramienta permite evaluar el modelo tridimensional representativo de los desarrollos multifamiliares y explorar la manipulación de las variables morfo-térmicas claves del estudio. Este modelo resulta adecuado en el estudio de la microescala urbana, permite observar virtualmente el comportamiento térmico, comprobar los cambios y predecir el confort térmico del microespacio exterior en los desarrollos residenciales. La estrategia técnica aplicada permitió comprobar que las características morfológicas de estos desarrollos no garantizan las condiciones térmicas y confort del microespacio entre edificaciones en clima cálido – húmedo.

Palabras clave: simulación computacional, control sostenible, comportamiento térmico, clima cálido – húmedo

ABSTRACT

The main purpose of the study is to present results of a research dealt with environmental behavior of urban microspace -among buildings- in two (2) multifamily residential developments: La Paragua y Zapara, located in Maracaibo (Venezuela) with humid warm climate. The purpose is to investigate the effects of solar radiation and air flows within environmental conditioning as well as to analyze thermo-fluid-dynamic behavior of variables referring to thermal comfort outside residential development units typical of the locality. The applied technique, Software 2010 Program, derives from the computational fluid mechanics model (CFD) used in thermo-fluid-dynamic processes. This program uses numerical methods in order to analyze problems of moving fluids, heat transfer, mass transfer and efforts while interacting with solids (Patankar 1980). This tool allows evaluating representative three-dimensional model of the multifamily residential developments as well as exploring the manipulation of morpho-thermal key variables in the study. The model is suitable to study urban microscale, it allows observing virtually thermal behavior, proving changes and predicting microspace thermal comfort in residential developments. The strategy applied technique allowed verifying that the morphological characteristic typical does not guarantee thermal comfort demands among buildings in humid warm climate.

Keywords: computational simulation, sustainable control, thermal comfort, warm weather - wet

1. INTRODUCCION

La reflexión sobre la construcción de ciudad y generación de respuestas sostenibles, destaca la necesidad de actuar con nuevos e innovadores procesos que propicien el control sostenible del ámbito construido. Mucho se ha discutido acerca de la interrelación entre el ambiente, el consumo de energía, la morfología urbana y los usuarios de los espacios exteriores en las ciudades (Owens, 1986; Givoni, 1998; Breheny, 1996), los autores consideran el componente edificación dependiente de la escala “micro” de configuración de los vecindarios y de la morfología urbana, que en combinación con el microclima, determinan el nivel de confort de los usuarios del espacio exterior.

En esta ciudad, Maracaibo, de clima cálido – húmedo, con alta radiación solar, temperatura promedio anual que oscila entre 22 °C y los 37°C y humedad relativa del 80% (Estación Meteorológica Urbana, 2010), las características y particularidades del desarrollo urbano y las condiciones locales del soleamiento y ventilación exterior, impactan el desarrollo de actividades y uso del espacio público, especialmente -entre edificaciones-, zonas altamente demandadas por los residentes urbanos (Gómez 2010). En estos lugares se producen impactos asociados a la incomodidad térmica producto de la intensa radiación solar, las elevadas temperaturas y humedad, lo que reduce su calidad y desarrollan en la población una actitud de rechazo hacia el uso del espacio exterior en los desarrollos urbanos (conjuntos urbanos) (Rodríguez 2006).

En la actualidad el entorno construido o microespacio urbano, es objeto de fuertes críticas vinculadas con la comodidad de los usuarios y las condiciones del espacio exterior de vital importancia en la vida cotidiana. Por tanto, es necesario proporcionar ambientes exteriores ambientalmente confortables (Hwang y Lin 2007), pues las condiciones térmicas del entorno afectan significativamente su uso. La dificultad de controlar estas condiciones ocasiona en los individuos bajas expectativas respecto a la comodidad térmica. De ahí que la climatología urbana desempeña un rol importante en el acondicionamiento térmico exterior ya que sus discrepancias afectan el equilibrio de las áreas urbanas; por ello, la necesidad de conocer los requerimientos y condiciones exigidas acorde a las variables climatológicas particulares (Thorsson 2004).

En clima - cálido húmedo - suelen destacarse cuatro elementos como determinantes de la condición térmica - ambiental: el soleamiento y temperatura del aire, la humedad del aire, la radiación solar y la velocidad y la dirección del viento. Estos factores integran las variables térmicas claves en zonas tropicales, pues sus diferencias modifican, de una u otra forma, el balance energético del individuo y la condición del entorno que le rodea (Olgay en Bustos 1993). El planteamiento considera la importancia relativa a la exposición al sol, a los vientos, protección, sombras y la vegetación. Olgay propone como objetivos en las zonas de clima cálido – húmedo, reducir la producción de calor, el incremento de la radiación solar y potenciar las pérdidas de evaporación (Higuera 2006).

Por tanto, es indispensable comprender las particularidades contextuales y la vinculación entre las variables microclimáticas (soleamiento y ventilación), las morfo-tipológicas urbanas y edificatorias y las superficies (pavimentos). El fin es conocer sus implicaciones en el confort térmico de los espacios abiertos para la búsqueda de soluciones óptimas que satisfagan las condiciones de confort de los usuarios del microespacio en los desarrollos residenciales multifamiliares (Gómez 2011). En este sentido, la adopción de nuevos métodos de control y diseño sostenible contribuye a mejorar el rendimiento medioambiental en los desarrollos urbanos a través de nuevos instrumentos y técnicas que favorezcan la sostenibilidad medioambiental y la interacción social (Girardet 2001).

De ahí que esta investigación se orienta a la producción de una herramienta de simulación computacional (Software 2010) con el propósito de examinar las particularidades contextuales, los factores microclimáticos (soleamiento y ventilación), las características morfotipológicas y edificatorias y las superficies (pavimentos), en dos (2) desarrollos residenciales típico del desarrollo urbano local. En la construcción del modelo tridimensional utilizado en la simulación se toman las variables relativas a las condiciones de temperatura y vientos, y las variables urbanas en cuanto a: altura de los edificios, distancias, localización, orientación y tipos de superficies. Para el estudio de influencia de las variables se aplican criterios y variables aisladas con el fin de evaluar y predecir el comportamiento de las condiciones térmicas del espacio exterior en los desarrollos residenciales multifamiliares.

La ponencia se estructura en tres partes: la primera plantea la estrategia metodológica y el marco explicativo; la segunda, aplicación de las técnicas de Simulación Computacional en los desarrollos residenciales seleccionados, se analizan los modelos de simulación en el desarrollo residencial y la influencia de las variables aisladas destacadas; tercero, se presentan los resultados obtenidos sobre la respuesta del desarrollo residencial a las exigencias de confort térmico en clima cálido – húmedo.

2. OBJETIVO

El objetivo de la investigación es evaluar las condiciones ambientales, los niveles de afectación térmica y las situaciones de impacto derivados de la morfología, de los componentes del espacio y de las condiciones microclimáticas. La herramienta computacional permite la manipulación de las variables urbanas y ambientales claves del estudio utilizando criterios morfo-térmicos que apoyen la búsqueda de soluciones que promuevan cambios y mejoras térmicas en las áreas exteriores de los desarrollos multifamiliares.

3. METODO

En términos metodológicos, el primer objetivo es definir el modelo de simulación computacional (mecánica de fluidos CFD) a ser aplicado en la evaluación y predicción del comportamiento térmico en los desarrollos seleccionados. En la etapa inicial del proceso se generó la geometría, la malla y el pre - procesado, y se creó el modelo tridimensional representativo por cada conjunto multifamiliar que expresa las variables urbanas determinantes. Para la generación de la malla se realizó un estudio de sensibilización que evaluó las condiciones de los elementos para lograr la independencia de resultados respecto al número de elementos.

Como producto de la complejidad de la geometría de los desarrollos residenciales se utilizaron dos refinamientos y pre - procesado a fin de configurar las ecuaciones del viento y la radiación. Debido al régimen transitorio del fenómeno se proporcionó al programa de simulación, Software 2010 (González y Añez 2010) las condiciones iniciales de tiempo y se estableció las características de la serie. A continuación se presenta una descripción de las etapas del proceso de simulación. Para la modelación se toma el desarrollo residencial La Paragua integrado por cinco (5) edificios de ocho (8) plantas, cancha de tenis, zonas de vegetación (grama) y diversos tipos de suelos (Figura 1).

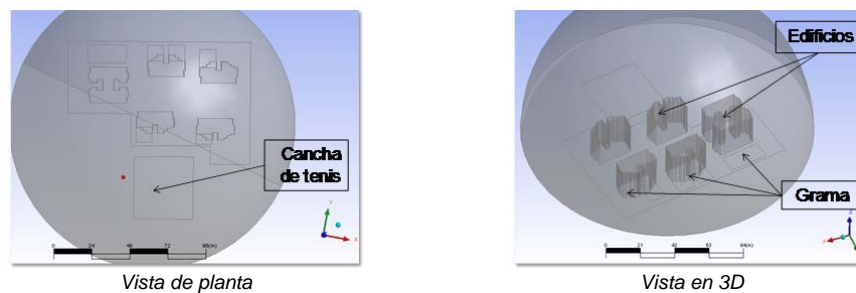


Figura 1. Modelo geométrico. CR La Paragua (González y Añez 2011).

La técnica Dinámica de fluidos computacional (CFD) que apoya el Software 2010, interesa modelar geoméricamente el volumen por donde va a pasar el fluido; por lo tanto, los edificios fueron extraídos del volumen sólido que representa el dominio de cálculo obteniendo el negativo de los mismos (Figura 2).

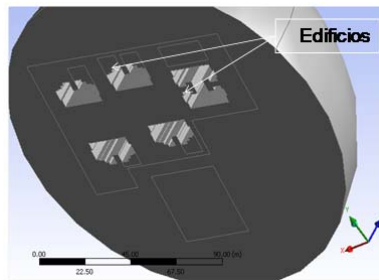


Figura 2. Modelo geométrico: dominio de cálculo. CR La Paragua (González y Añez 2011).

3.1. Pre - procesado de la Geometría

El pre - procesado consiste en declarar las condiciones de borde, los valores iniciales y los modelos matemáticos que se van a utilizar en la simulación. Como primer paso se configuran las ecuaciones de las corrientes del aire y de la radiación solar.

- a) Corriente de aire: se consideró el cambio de velocidad con respecto al tiempo del aire (de las 6.00 horas a las 19.00 horas) y la dirección fija del viento (Noreste a SurOeste) (Tabla 1)

Horas del día [h]	Velocidad del viento [m/s]
6.00	1.3
7.00	1.3
8.00	1.3
9.00	1.4
10.00	1.3
11.00	1.3
12.00	1.3
13.00	1.2
14.00	1
15.00	1.2
16.00	1.1
17.00	1.3
18.00	1.3
19.00	1.3

Tabla 1. Magnitud de la velocidad del viento (Elaboración propia con datos tomados de la Estación EMU - IFAD, 2009).

La ecuación se obtuvo mediante una regresión polinomial basada en la data experimental (González y Añez 2011) que dio como resultado un polinomio de 6to grado con la magnitud de la velocidad y el tiempo como variables dependiente e independiente, respectivamente.

$$Vel = a + b(t) + c(t^2) + d(t^3) + e(t^4) + f(t^5) + g(t^6)$$

La ecuación representa la magnitud de la velocidad del viento en el intervalo de estudio. Los coeficientes son:

$$a = 1.307, b = -0.1033, c = 0.0936, d = -0.0259, e = 0.0029, f = 0.00014, g = 2.5369$$

b) Radiación Solar: En este caso se trabajó con la siguiente ecuación de radiación:

$$Q_i(\text{neto}) = \varepsilon_i (E_{bi} - G_i)$$

La ecuación se basa en el balance energético en un plano imaginario horizontal y perpendicular a la hoja (Figura 3), de forma que la absorción y emisión ocurren bajo la superficie gris. La $Q_i(\text{neto})$ significa la energía neta que hay que suministrar a la superficie para mantener su temperatura constante; ε_i es la emitancia de la superficie, E_{bi} es la transferencia neta de energía radiante, es decir, la energía que abandona una superficie por radiación que es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta; G_i es la energía radiante incidente sobre la superficie. (Cengel 2004)

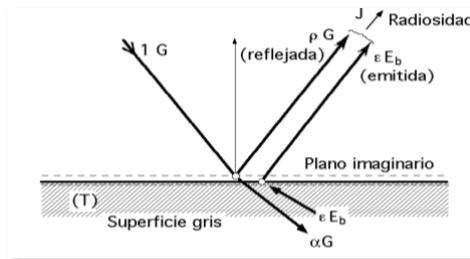


Figura 3. Balance energético sobre un plano imaginario por debajo de la superficie (Elaboración propia adaptado de Cengel 2004).

La ecuación de energía incidente (G) se obtuvo por medio de una regresión polinomial, la data fue tomada del Instituto de Investigación (IFAD) localizado en Maracaibo, Azimut 302° (medido desde el Norte geográfico y la proyección del rayo solar medido desde 0° a 360°) y altitud solar 70° . Esta posición solar se corresponde con la hora y fecha de las mediciones térmicas (26 mayo - 16.00 horas). La ecuación (G) representa la variación de energía solar incidente con respecto al tiempo.

$$G = -111294.9 + 80225.76(t) - 24347.88(t^2) + 4064.109(t^3) - 410.283(t^4) + 25.712929(t^5) + 0.98109(t^6) + 0.02087(t^7) - 0.00019(t^8)$$

Debido al régimen transitorio del fenómeno a estudiar, se le proporcionó al programa condiciones iniciales para un tiempo igual a cero (0) segundos; es decir, a las 6.00 horas, para esto fue necesario simular en régimen permanente ese momento en el tiempo. Las características fundamentales de la serie fueron:

✓ Tipo de transferencia de calor: isotérmico.

- ✓ Condiciones de borde a la entrada del dominio (para el aire atmosférico): igual a la velocidad del viento a las 6.00 horas con dirección desde el N - E hasta el S - O.
- ✓ Condiciones de borde a la salida del dominio (para el aire atmosférico): Valor prescrito de presión manométrica igual 0 [Pa].
- ✓ Condiciones de borde para los suelos del dominio (incluyendo edificios): Transferencia de calor adiabática.

Una vez que se alcanzó la convergencia, los resultados son utilizados en la simulación trasiente, la cual consta de lo siguiente:

- ✓ Tiempo total a simular 14 horas (6.00 a 19.00 horas). Se consideraron los promedios horarios del IFAD (24 horas del día y todos los días del año) durante 14 horas diurnas.
- ✓ Tipo de transferencia de calor: energía térmica.
- ✓ Condiciones de borde de pared (cemento, tierra, cancha, grama y edificios): sin deslizamiento, opción de transferencia de calor de tipo: coeficiente de transferencia de calor convectivo y fuente de calor: flujo de energía ($Q_{i(neta)}$)
- ✓ Condición de borde de entrada: con ecuación de la corriente de aire.
- ✓ Condición de borde salida con cero (0) Pascales manométricos.
- ✓ Salida de resultados: cada cinco (5) pasos en el tiempo (cada 2,1 minutos), las variables discretas serían: flujo de calor en las paredes, presión, temperatura y velocidad.

4. ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la simulación del conjunto La Paragua, llevada a cabo en un computador con las siguientes características: Sistema operativo Windows XP, 2.5 GB de memoria RAM y procesador Intel Centrino Duo de 1.85 GHz, el tiempo aproximado por simulación fue 18 horas y 33 minutos.

El Programa Software 2010 fue creado en el Laboratorio de Simulación Computacional de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia- LUZ, por los investigadores José González y Javier Añez. El procedimiento requirió un proceso de validación de resultados que consistió en la comparación cuantitativa de las temperaturas de la simulación con las temperaturas medidas en el lugar por el HOBOWare Data loggers. ONSET, Hobo ware. Versión 2. Las mediciones fueron tomadas en las cercanías de los edificios como lo muestra la Figura 4

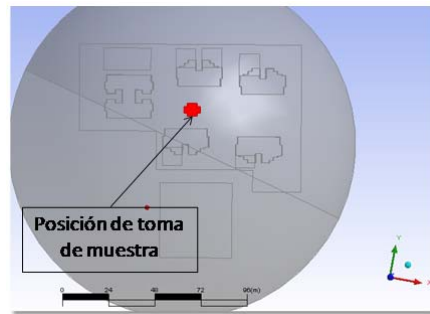


Figura 4. Lugar de medición de datos del HOBO. CR La Paragua (González y Añez 2011).

El procedimiento no consideró las sombras solares proyectadas por los edificios durante el periodo de simulación, se tomó la energía neta ($Q_{i(neta)}$) uniforme sobre todas las superficies, con cierta disminución ya que siempre existirán áreas que reciben radiación global y otras no. Esto requirió reducir los porcentajes hasta obtener resultados de temperatura lo suficientemente cercanos al valor real de las mediciones (Tabla 2).

Horas [h]	Temperatura del HOBO [°C]	Temperatura numérica [°C]
6:00	27,81	27
9:00	30,21	28,93
13:00	33,90	34,87
16:00	33,48	33,67
19:00	30,41	27,54

Tabla 2. Comparación de las mediciones del HOBO con los resultados numéricos (González y Añez 2011).

4.1 Análisis de los Modelos de Simulación por desarrollo residencial

Una vez legitimados los resultados numéricos de la simulación se procedió a la evaluación de la condición de diseño de los conjuntos multifamiliares seleccionados.

Modelo de Simulación La Paragua.

Como se observa en la Figura 5, el modelo La Paragua presenta un elevado porcentaje de superficies absorbentes en relación al resto, las zonas de asfalto y cemento alcanzan el 21% del total. El estudio de simulación analiza los efectos de estas condiciones en los resultados de comportamiento térmico obtenidos.

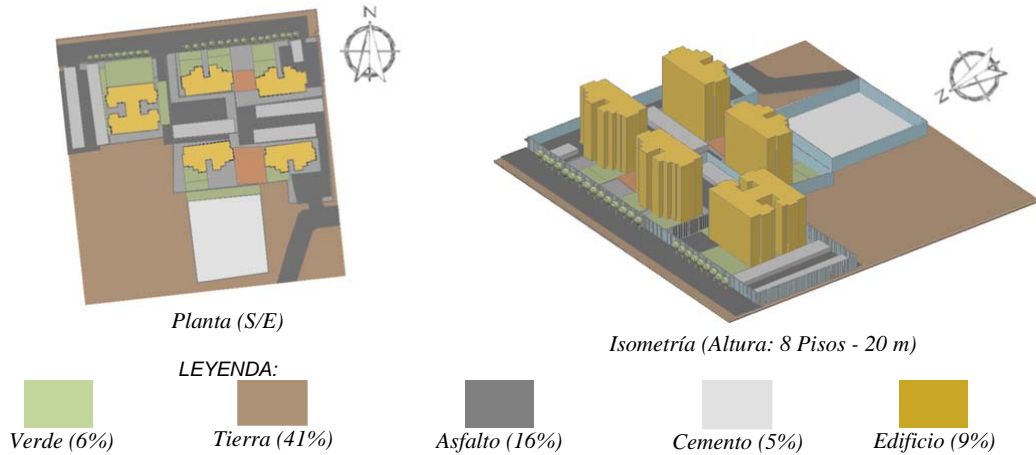


Figura 5. Tipos de superficie. DR La Paragua (Gómez 2011).

La Figura 6 muestra la distribución de temperaturas a las 15:30 horas, en un plano horizontal ubicado a 1,5 m del suelo. Se observa como la ubicación de los edificios, acabados superficiales y la vegetación, en relación al viento, desempeñan un papel decisivo en el acondicionamiento térmico exterior. En la gráfica 6 se aprecia el incremento de las temperaturas en las zonas posteriores de los edificios respecto al viento; en los tres (3) edificios de la esquina superior derecha, se incrementa aproximadamente 5 °C respecto a la temperatura de referencia (32 °C); en los otros dos (2) edificios se experimenta una ganancia entre 10 y 14 °C.

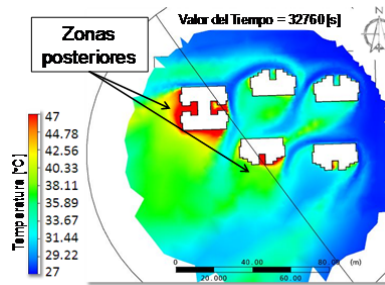


Figura 6. Distribución de temperaturas a 1,5 m del suelo a las 15:30. Modelo La Paragua (González, Añez y Colman 2011).

Estos saltos térmicos se producen en el momento que la corriente de aire pasa con menor cantidad de masa; y debido a la transferencia de energía por convección entre las superficies calentadas, la vegetación como sumidero de calor y por el viento, estos disminuyen a medida que el aire fluye. Por tanto, la temperatura en el plano de estudio aumenta hasta que la energía incidente por radiación disminuya (Figura 7).

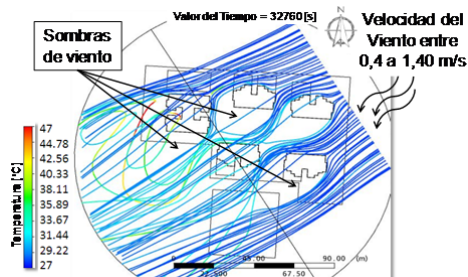


Figura 7. Distribución de temperaturas para las líneas corrientes a las 15:30. Modelo La Paragua (González, Añez y Colman 2011).

En la Figura anterior se observan las líneas de corriente del viento que muestran la trayectoria real del aire y su temperatura. La grafica destaca la trayectoria real del aire, su temperatura y las sombras de viento, estas son regiones de bajo flujo másico y presión ubicadas en la zona posterior de los edificios que originan zonas de recirculación de aire con altas temperaturas localizadas.

Modelo de Simulación Zapara

En el conjunto Zapara dominan los tipos de superficies absorbivas, las superficies de asfalto y cemento alcanzan un 43 % del total en relación al resto (Figura 8). La Simulación analiza los efectos de las condiciones presentes en el modelo y los resultados obtenidos sobre el comportamiento térmico.

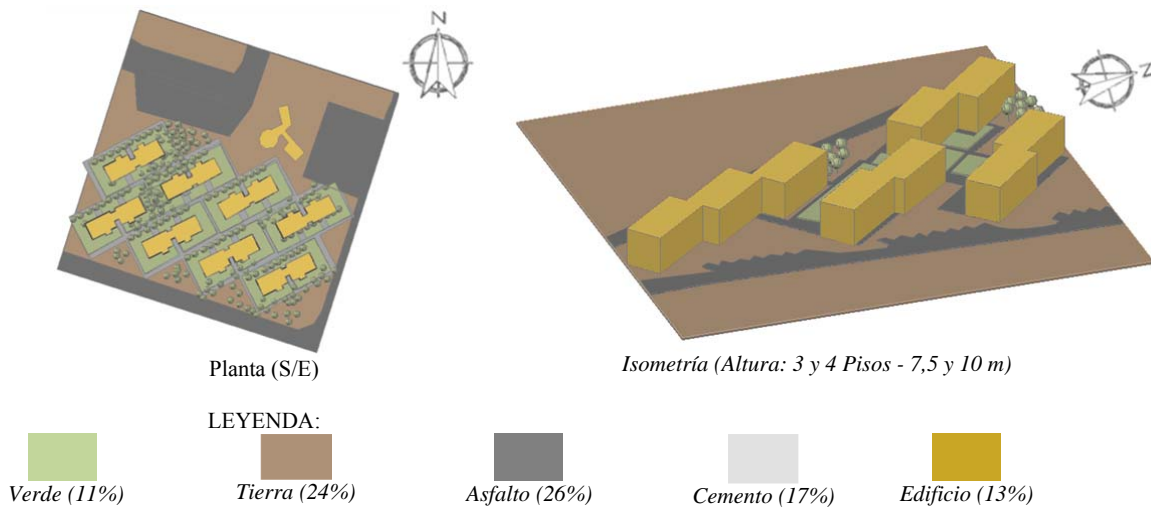


Figura 8. Tipos de superficie. DR Zapara (Gómez 2011).

El conjunto residencial mantiene una velocidad de viento promedio (0,75 m/s) muy por debajo del otro conjunto analizado (La Paragua), lo que interfiere en la transferencia de calor por convección entre el aire y las superficies. Esto lo representan las regiones de colores rojizos y amarillentos con temperaturas entre 37 y 32 °C (Figura 9).

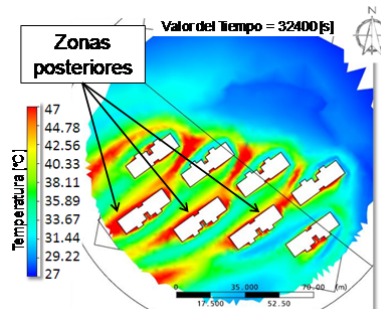


Figura 9. Distribución de temperaturas a 1,5 m del suelo a las 15:30. Modelo Zapara (González, Añez y Colman 2011).

El modelo muestra el exceso de vegetación (árboles de gran tamaño) que impiden el flujo apropiado del aire para un acondicionamiento adecuado del ambiente exterior, a pesar que los edificios conservan la misma orientación del viento. Por otro lado, por la menor altura de los edificios (4 pisos) en relación a la altura del desarrollo residencial La Paragua (8 pisos) e igual relación altura - espacio (1/1), elevan el número de obstáculos de las corrientes de aire (Figura 10).

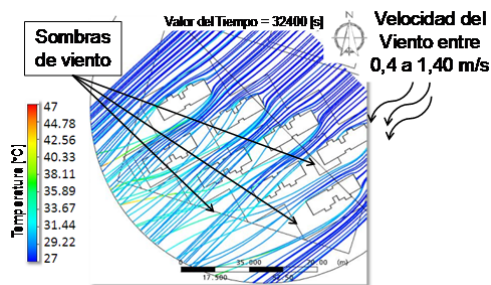


Figura 10. Líneas de trayectoria. Modelo Zapara (González, Añez y Colman 2011).

En definitiva, el conjunto residencial con mayor impacto térmico es Zapara, evidencia un alto impacto en el microespacio exterior. Por tanto, se procederá al análisis de Zapara (peor condición) en donde se examinará la influencia de cada una de las variables y realizará el proceso prospectivo de las condiciones ambientales en los desarrollos seleccionados.

4.1. Aplicación de Variables Aisladas

A continuación se presenta el estudio de la influencia de las variables destacadas como son: la vegetación y la orientación, basado en ciertos criterios aplicados al desarrollo seleccionado como modelo para el análisis de la condición climática.

Variable 1. La primera variable es la vegetación, el criterio utilizado se basó en la simulación anterior sobre las condiciones ambientales que muestra un incremento sustancial de la temperatura en las cercanías de los edificios (8 °C) respecto a las regiones azules y celestes (35 °C) (Figura 11).

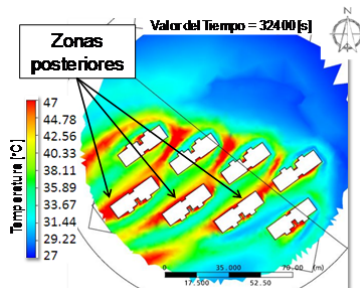


Figura 11. Distribución de temperaturas. Modelo Zapara (González, Añez y Colman 2011).

Por esta razón, se propone utilizar el criterio de “borde de vegetación” alrededor de los edificios del desarrollo Zapara. La Figura 12 indica que la mayoría del área que rodea los edificios contiene diversos tipos de vegetación (grama, arboles, etc.); por tanto, en el modelo se complementó el área que carecía de ella.

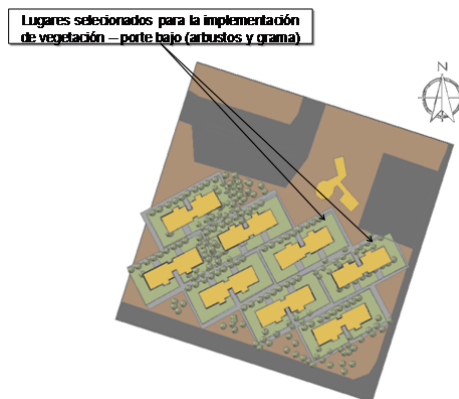


Figura 12. Criterio borde de vegetación. DR Zapara (Gómez 2011).

Se observa mejoría en las condiciones térmicas, se produce una disminución de la temperatura promedio en las cercanías de los edificios, de 40 °C a 35 °C. (Figura 13). Sin embargo se demuestra que el efecto producido no es suficiente ni concluyente para el mejoramiento de la condición térmica.

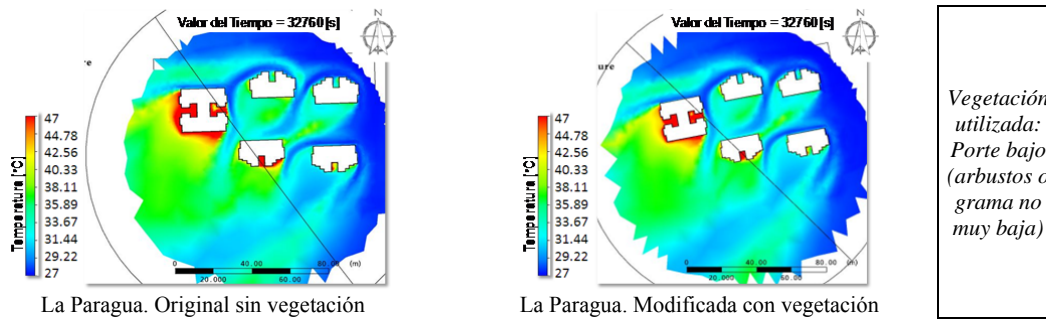


Figura 13. Distribución de temperaturas. Modelo La Paragua (González, Añez y Colman 2011).

Variable 2. La segunda variable a aplicar es la “orientación”, equivale al cambio de dirección de los edificios respecto a su propio eje de rotación. El criterio se sustentó en las proyecciones de arquitectura, recomiendan la orientación Norte para la fachada de los edificios (González et. al. 1986). La Figura 14 muestra la modificación obtenida en el modelo La Paragua y modelo Zapara, se observa que la orientación seleccionada para cada uno contribuye al condicionamiento térmico, lo que indica la importancia de la orientación para establecer una condición ambiental efectiva.

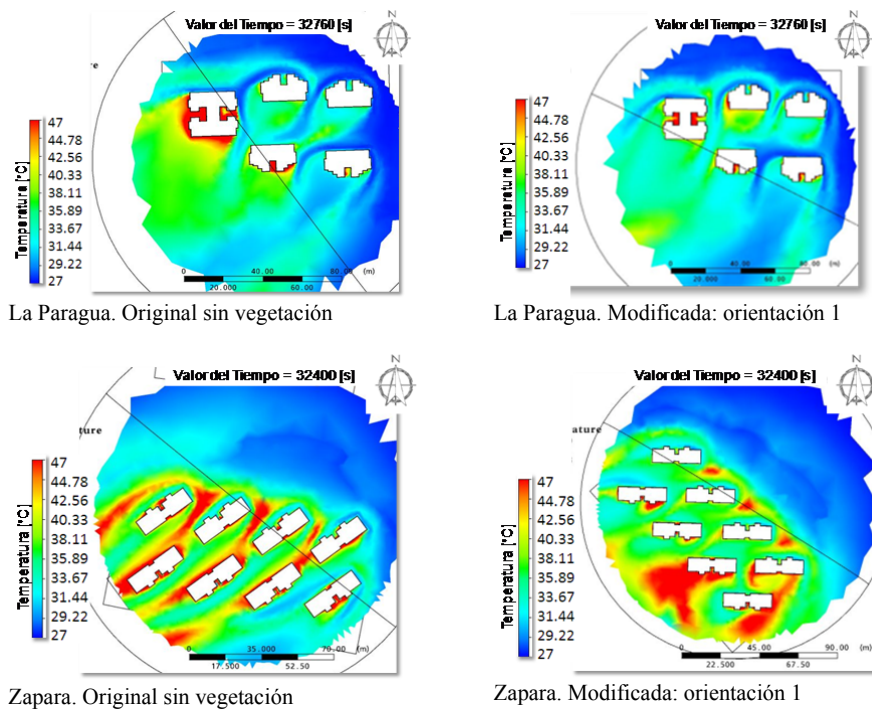


Figura 14. Aplicación del criterio de orientación en el Modelo La Paragua (González, Añez y Colman 2011).

5. CONCLUSIONES

La aplicación de las técnicas de Simulación Computacional en los conjuntos residenciales seleccionados y el proceso de análisis, evaluación y los resultados obtenidos resultó útil para el estudio microclimático del microespacio urbano entre edificaciones en clima cálido - húmedo. El análisis realizado permitió reflexionar sobre los efectos de las variables térmicas determinantes - radiación solar y ventilación - como condicionantes del ambiente exterior de los conjuntos multifamiliares a nivel local.

El interés de la combinación y superposición de variables verificó como resultado, en primer lugar, que el análisis de influencia aislada de cada variable en los modelos (conjuntos residenciales) analizados revela mejor condición térmica en los desarrollos residenciales que presentan las variables morfológicas vinculadas a mayor altura (8 pisos), adecuada orientación, vegetación y distanciamiento entre los edificios

(modelo La Paragua). Sin embargo, la manipulación aislada de las variables y los criterios establecidos (bordes de vegetación y cambios de orientación) demostró pocos cambios y en algunos casos desmejoramiento de la condición térmica (modelo Zapara).

En el estudio se comprobó que que las características morfológicas de estos desarrollos no garantizan las condiciones térmicas y de confort del microespacio entre edificaciones en clima cálido – húmedo. Asimismo, este procedimiento, utilizado en evaluación del microespacio entre edificios, puede ser aplicado con fines de rehabilitación en los conjuntos existentes y en el diseño sostenible en los nuevos desarrollos residenciales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BREHENY, Michael. **The Scope of the regional planning**. Paper presented at the RGB-IBG Conference, Glasgow. January 2007.
- BUSTOS R., Marta. **Arquitectura Bioclimática de los Espacios Públicos**. Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Cataluña.. España, 1993
- CENGEL, Yonus; PÉREZ, J. **Transferencia de calor**. Editorial Mc Graw Hill. México, 2004
- Estación Meteorológica Urbana EMU. Datos Climáticos de la ciudad de Maracaibo. Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura y Diseño (IFAD), Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela, 1999
- OWENS, Susan. **Energy, Planning and Urban Form**, Pion, London, 1986
- GIRARDET, Herbert. **Creando ciudades sostenibles**. Ediciones Tilde S.L. Valencia, España, 2001
- GIVONI, Baruch. **Climate considerations in building and urban design**. International Thomson Publishing Inc. USA, 1998.
- GÓMEZ Nersa; Ferrer Mercedes. "Microclimatic study of the space between buildings. Case: Urban housing developments, Maracaibo (Venezuela)". En, **Revista Técnica de Ingeniería**. Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia. Vol. 33, No. 3. Diciembre 2010; pp.: 223-234.
- GÓMEZ Nersa. Control ambiental del espacio urbano. Estrategias para el control microclimático del espacio entre edificaciones en clima cálido – húmedo. **Tesis no publicada**, Universidad Politécnica de Madrid, España, 2011.
- GONZÁLEZ Eduardo; HINZ, Elke; OTEIZA, Ignacio; QUIRÓS, Carlos. **Proyecto Clima y Arquitectura**. Editorial Gustavo Gilli, Barcelona, España, 1986
- GONZÁLEZ et al. (2006). Desempeño térmico de la VBP - 1: temperaturas características, factor decremental y retraso térmico. Proceedings **ANES 2006**, Veracruz, México.
- GONZÁLEZ, José; AÑEZ; Javier. **Programa Software 2010 de Simulación**. Equipo de investigación del Laboratorio de Simulación Computacional. Escuela de Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingeniería (FI). Univ. del Zulia (LUZ). Maracaibo. Venezuela, 2011
- HIGUERAS, Ester. **Urbanismo Bioclimático**. Editorial Gustavo Gilli, SL, Barcelona, España, 2006.
- PATANKAR, Suhas. **Numerical Heat Transfer and Fluid Flow**. Hemisphere Publishing Corporation, USA, 1980.
- RODRÍGUEZ Ethel. "La Movilidad cotidiana sostenible en una ciudad". **Revista Portafolio**. Univ. del Zulia, Vol. 1. No. 23 17-25, 2006.
- THORSSON Scott. Climate, air quality and thermal comfort in the urban environment. **Doctoral thesis Physical Geography**. Department of Earth Sciences, University of Gothenburg, Sweden, 2004