

Simulación Energética En Edificaciones De Vivienda De Interés Social En República Dominicana, Estudio De Confort Térmico.

Arq. Dayana Acosta-Medina, Arq. Héctor Castillo-Feliz.

• Resumen

El rápido crecimiento de las ciudades afronta retos muy importantes en todos los sectores y especialmente en el sector de la construcción. La República Dominicana es un país con un crecimiento urbano acelerado el cual ha traído consigo una problemática de gran magnitud; el déficit habitacional y es que Según la Oficina Nacional de Estadísticas, la población urbana aumento de 63.6% en 2002 a 74.4% en 2012, con un crecimiento anual de 3.13%, estos datos son de gran interés por las empresas constructoras y por el estado donde los proyectos de carácter social y privados son cada vez más necesarios y se hacen presente en el sector de la construcción en el país. En los proyectos de interés social en Santo Domingo, las condiciones energéticas son inexistentes. Existen muy pocos estudios previos sobre el confort térmico en dichas edificaciones. Por tal razón, este estudio busca analizar el confort térmico y la eficiencia energética en este tipo de viviendas a través de una simulación energética.

La simulación energética se realiza a través de OpenStudio, que utiliza el motor de cálculo Energy Plus. En él se analizó un tipo de modelo de interés social para la determinación de temperaturas y rangos de confort térmico y evaluar su comportamiento en la zona de día (sala-comedor, cocina y lavadero) durante 24 horas en el mes de enero y agosto respectivamente. Los cálculos obtenidos a partir del consumo energético debido principalmente a la variación de la temperatura de confort indican que la variación de temperatura es muy similar en los meses seleccionados, con una temperatura máxima de 27,3°C en el mes más caluroso y una temperatura mínima de 26,8°C en el mes más caluroso. mes más frío. Finalmente, debido

al clima cálido que prevalece en la zona, se registra una alta temperatura de confort en este tipo de viviendas. Para mejorar las condiciones de confort en este tipo de viviendas es necesario añadir aislamiento térmico y controlar eficazmente las ganancias solares.

Palabras Clave:

Simulación Energética, Confort Térmico, Ventilación Natural, Energyplus.

• Introducción

En los últimos años, el tema de la sostenibilidad ambiental y la eficiencia energética ha jugado un papel muy importante en las grandes ciudades, en donde los arquitectos y especialistas de la construcción han tenido un gran reto a la hora de construir viviendas que permitan a los usuarios estar en confort sin dañar al ambiente.

Vivimos en tiempos en donde los procesos de urbanización implican retos ambientales, sociales y económicos, ya que representan un incremento en la demanda energética, tanto para la manufactura y el transporte de materiales, como en la construcción y ocupación del suelo urbano.

Actualmente existe una tendencia global al crecimiento de la población urbana, lo que implica una modificación en los hábitos de consumo de recursos y energía. Debido a esto, en las últimas décadas, uno de los mayores problemas que enfrentan los países latinoamericanos es el agudo déficit habitacional (Dunowicz, Invi, and 2005 n.d.). En las sociedades modernas, la vivienda es el espacio

vital donde discurre la vida humana, socialmente construido como el ambiente más seguro, íntimo y afectivo para la convivencia del hogar. Constituye una estructura tangible producto de la apropiación físico-espacial del hábitat, en una integración permanente entre lo social y lo natural (Observatorio de Políticas Sociales y Desarrollo 2017). La vivienda que se reconoce hoy día como “la vivienda estándar” es funcional, resultado de la estandarización, prefabricación y economía de principios de siglo (Cardiel Casado, 2012). Las dinámicas de crecimiento demográfico en todo el mundo han alterado las maneras de crear ciudad.

Por muchos años han sido empleadas múltiples estrategias como alternativas para obtener un mejor confort energético dentro de las viviendas, esto a causa de las constantes variaciones en las condiciones climatológicas que se han ido presentado en el mundo en las últimas décadas y que han sido producidos por el consumo desmedido de la energía y la necesidad que tiene el ser humano de permanecer en condiciones de confort.

Se puede afirmar lo dicho por (Rodríguez and Sugranyes 2004) que las políticas de vivienda social en la región de América Latina y el caribe han sido orientadas casi en su totalidad a reducir el déficit cuantitativo de viviendas, sin tener en cuenta las deficiencias en las características cualitativas ni en los niveles de confort térmico, incrementando de forma paulatina el consumo energético mundial y a su vez produciendo fenómenos adversos asociados al cambio climático.

Según la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE)

en la revista (Observatorio de Políticas Sociales y Desarrollo 2017), indica que el déficit cualitativo en la República Dominicana representa el 71.4% de las viviendas afectadas en temas de infraestructuras y baja calidad de materiales, en cuanto el 28.6% lo constituye el déficit cuantitativo, el cual las gestiones para subsanar esta deficiencia están siendo ejecutado por el Instituto Nacional de la Vivienda (INVI). Sin embargo, en estas tipologías de edificaciones, las políticas de vivienda social, las condiciones de habitabilidad (confort térmico) y los consumos energéticos son nulos.

La República Dominicana posee un clima cálido tropical donde la mayoría del tiempo se tiene la necesidad de enfriar el interior de las viviendas, este es un gran reto que se debe considerar al momento de diseñar las viviendas ya que se debe implementar soluciones que ayuden al usuario a obtener un buen confort dentro de las viviendas.

• Metodología

La provincia de Santo Domingo es una de las más importantes de la República Dominicana y la más poblada. Se ubica en latitud 18°29'08"N y longitud 69°52'24"O. El caso de estudio se encuentra emplazado en el sector de Cancino localizado en dicha provincia. En la figura 1 se muestra la planta arquitectónica del prototipo de vivienda de interés social simulado, con sus respectivos espacios arquitectónicos, en el cual se dividió en dos zonas de estudio, la primera es la zona de día comprendida por los espacios siguientes; sala-comedor, lavadero y cocina, y la zona de noche; habitaciones y baños.

En estas zonas se realizaron varias simulaciones energéticas para determinar el rango de tempera-

tura de confort, tomando en cuenta el periodo con la temperatura más cálidas y las más frías en la edificación completa en un rango de 24h, analizar también la zona de día de una vivienda y en un nivel de la edificación por el mismo periodo de tiempo.



Figura 1. Planta Arquitectónica de la edificación.
Fuente propia

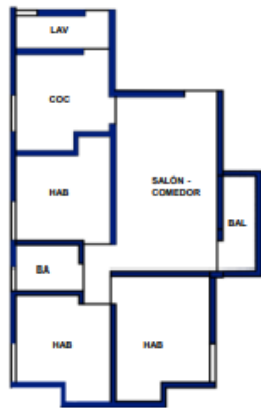


Figura 2. Planta Arquitectónica vivienda de la edificación.
Fuente propia

Datos Climaticos

Se realizó un estudio de las condiciones climatológicas de la provincia de Santo Domingo la cual un clima tropical-húmedo con una temperatura media anual de 25° C. Quedando suavizada en unos

1.5° C, respecto a la temperatura que le pertenecería por la latitud en que se encuentra, debido a la influencia marítima y las brisas. La temperatura más elevada, es de unos 34 ° C, registrado en los meses

de verano junio a agosto, y la más baja, aproximadamente de unos 19 ° C, que se registra entre los meses de enero y febrero. En las regiones climáticas intertropical como es la ciudad de Santo Domingo que posee temperaturas medias altas, con poca variación entre día-noche y estacionales. Condicionada por una alta humedad relativa, como lo es en los casos de los climas tropicales, el confort térmico resulta más difícil. Las precipitaciones medias anual alcanzan 1.446 mm, el periodo de más incidencia de lluvias ocurre en los meses de mayo a noviembre.

La ciudad de Santo Domingo se encuentra ubicada en la trayectoria de los vientos alisios tropicales proveniente del noroeste.

Cerca de la costa, la dirección se modifica por el diferencial de temperatura entre las masas de tierra y agua, lo que hace que los vientos fluyan del mar hacia la tierra durante el día (SE) y de la tierra hacia el mar durante la noche (NE), y que de cierta manera nos beneficia por ayuda a mitigar el calor y la humedad constante en todo el año. La velocidad Promedio Anual del Viento: 10.1 kms/hora La duración del día varía entre 11 y 13 horas aproximadamente, por nuestra cercanía a latitud o al Ecuador. El siguiente cuadro muestra la duración promedio del día para cada mes, en los paralelos 18, 19 y 20 de latitud Norte.

Se puede decir que la ciudad de Santo Domingo recibe mensualmente un promedio de 215 horas de sol con un 62% de insolación máxima posible.

El potencial de radiación solar global en la Isla de Santo Domingo (radiación solar promedio sobre una superficie horizontal) varía entre 5.25 y 5.50 kWh/m²/día en la mitad oriental del país y 5.50 y 5.75 a 6.00 kWh/m²/día en la segunda mitad occidental.



Figura 3. Mapa de la República Dominicana .
Fuente https://es.123rf.com/photo_38616560_rep%C3%BAblica-dominicana



Figura 4. Mapa político de Santo Domingo
Fuente <https://elvedordigital.com/>

• Caso De Estudio

Se simuló un edificio residencial ubicado en el sector de Cancino, provincia Santo Domingo este, se trata de una edificación de 4 niveles, el edificio es compacto distribuido en 2 apartamentos por nivel para un total de 8 viviendas, cada vivienda se compone de los siguientes espacios; Sala-comedor, 3 habitaciones, baño y área de lavado en una superficie cubierta de 81,13 m² p/v. Cada vivienda cuenta con solo un acceso y una puerta de servicio; siete ventanas, todas con el mismo material y

propiedades físicas. Para el modelado volumétrico se utilizó el programa SketchUp Pro-2021, el cual es un programa de dibujo que nos permite generar una geometría espacial y para la simulación energética se realizó a través de OpenStudio que utiliza el motor de cálculo Energy Plus.

El estudio consistió en la modelización de 2 casos de estudios, el primer escenario fue la simulación de la edificación con sus características, materiales constructivos tradicional y sin estrategias pasivas el segundo escenario propuesto fue la simulación de la edificación con sus características y materiales constructivos tradicionales + estrategias pasivas en este caso, la ventilación natural, la orientación y elementos de protección solar exterior.

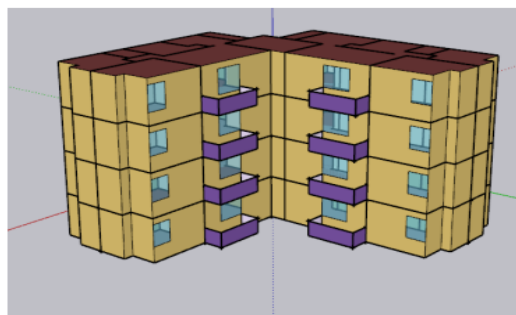


Figura 5. Simulación del edificio en OpenStudio.
Fuente propia

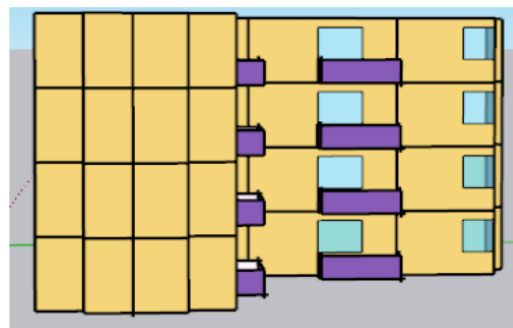


Figura 6. Simulación del edificio en OpenStudio.
Fuente propia

• Materiales

La edificación se encuentra construida con los materiales predominantes del sistema constructivo en la República Dominicana, compuesta por bloques de hormigón de 20cm de espesor con revestimiento interior y exterior de mezcla de mortero para los muros exteriores y particiones internas, la cubierta es inclinada se constituida por una losa maciza de hormigón armado 12 cm de espesor con revestimiento interior de mezcla de mortero y exterior mezcla fina de mortero e impermeabilizante, el suelo está compuesto por una losa de hormigón macizo con revestimiento de mortero y piso de cerámica y las ventanas están compuestas por un marco y lamas horizontales de aluminio, separadas cada 10 cm, distribuidas en toda su superficie con un Ángulo de inclinación de 0.

En la tabla 1, se muestra la composición y las propiedades térmicas respecto a cada material empleado en el modelo volumétrico para la fachada:

Material	Espesor (m)	Resistencia térmica m ² - K/W	Valor (U) W/m ² °K
Mortero frotado	5mm	0.29	3.48
Mortero rústico	15mm		
Bloque de hormigón fachada	200mm		
Mortero rústico	15mm		
Mortero frotado	5mm		

Tabla 1. Propiedades térmicas de los materiales constructivos tradicionales.
Fuente propia

En la tabla 2, se muestra también la composición y las propiedades térmicas respecto a cada material empleado en el modelo volumétrico para la cubierta:

Material	Espesor (m)	Resistencia térmica m ² - K/W	Valor (U) W/m ² °K
Impermeabilización	3mm	0.27	3.71
Mortero rústico	50mm		
Concreto reforzado	120mm		
Mortero rústico	20mm		
Mortero frotado	5mm		

Tabla 2. Propiedades térmicas de los materiales constructivos tradicionales.
Fuente propia

• Simulación

Para el presente estudio se simuló la edificación con el software de Openstudio y el motor de cálculo de Energy Plus (Versión 9.6.0). Se trata de un software libre desarrollado por LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory).

Este programa ofrece la posibilidad de obtener variables de salida, como ambientales, térmicas y energéticas. Las determinaciones generales contempladas para la simulación térmica y energética de la vivienda fueron:

- Se dividió la edificación en bloques A y B, y en 3 zonas térmicas, en la zona de día (cocina, sala-comedor y lavadero), zona de noche (habitaciones y baño), y en la escalera.

- En relación a los coeficientes conectivos, se tomaron los cal

Fuente propia

- Las renovaciones de aire se consideraron constantes de un cambio de aire por hora y se estableció para todas las zonas térmicas conectadas al exterior a través de ventanas y/o puertas.

• Discusión

En este punto, se presentan los resultados de los escenarios simulados en un día caluroso y un día fresco para el espacio seleccionado la zona de día, sala-comedor, cocina y lavadero (espacios con orientación noroeste).

Los parámetros utilizados para el calculo fueron los siguientes:

PARAMETROS CALCULO	
Ocupación por zona	4 personas
Actividad personas	70%
Tiempo de ocupación	168 horas por semana
Día de Simulación	Agosto 20

Tabla 3. Parámetros de cálculos .
Fuente propia

PARAMETROS CALCULO	
Ocupación por zona	4 personas
Actividad personas	70%
Tiempo de ocupación	168 horas por semana
Día de Simulación	Enero 25

Tabla 4. Parámetros de cálculos .
Fuente propia

Para realizar la gráfica del confort utilizamos el programa Desing builder el cual introduciendo los datos de la tabla 5 nos calcula tanto el PMV como el PPD.

En la gráfica 3 se muestra el resultado obtenido del confort térmico para el día caluroso cuando la edificación se encuentra con ventilación, en la tabla 6 se muestra los resultados el cual nos indica que la sensación térmica es de 2,28 que situando el nivel de confort es cálida visto en la tabla 7.

EL PPD nos indica un valor de 85,6% de insatisfacción debido a las fuertes temperaturas y a la orientación que tiene la zona ubicada al noroeste.

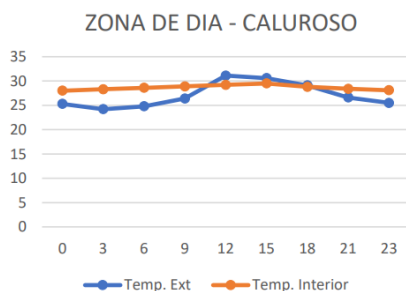


Gráfico 1. Temperatura exterior e interior de la zona de noche.
Fuente propia

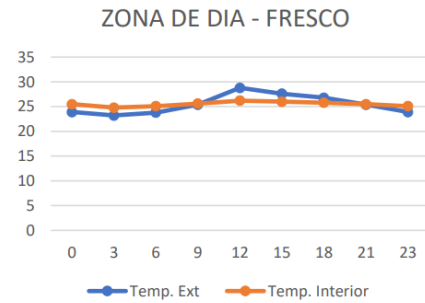


Gráfico 2. Temperatura exterior e interior de la zona de noche
Fuente propia

En la gráfica 4 y tabla 7 se muestra los resultados del confort térmico para el día fresco, el gráfico nos indica que la sensación térmica es de 1,98 que situando el nivel de confort es ligeramente cálida visto en la tabla 4. EL PPD 80,30% de insatisfacción debido a las fuertes temperaturas.

El segundo escenario simulado fue la edificación con sus características y materiales constructivos tradicionales + ventilación natural, los parámetros a seguir en este escenario es controlar la ventilación mediante las aberturas de las ventanas tanto de día como de noche. El sistema típico de las ventanas que se encuentran en la edificación es un sistema tipo lama, el cual en el día están abiertas y permite la entrada del aire y la luz natural y por las noches se cierran y la ventilación es nula, para esta simulación se dejaron abierta tanto de día como de noche.

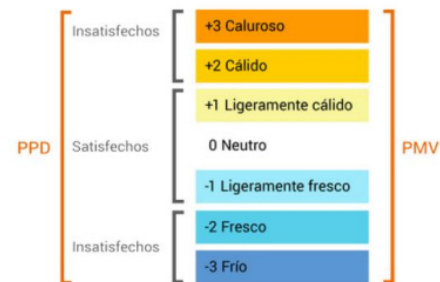


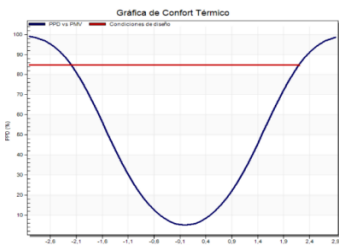
Figura 7. Sensación térmica según método de fanger.
Fuente propia

En la tabla siguiente se muestran las temperaturas para el cálculo del confort térmico que como se dijo anteriormente es necesario obtener previamente. La temperatura del aire, la temperatura media radiante y la humedad relativa simuladas con Openstudio:

Día	Temperatura exterior	Temperatura interior	Temperatura med rad	Humedad relativa
20-ago	31,1°C	29,8°C	32°C	69%
25-ene	28,8°C	28°C	31°C	65%

Tabla 5. Temperaturas medias calculadas en Openstudio escenario 1.
Fuente propia

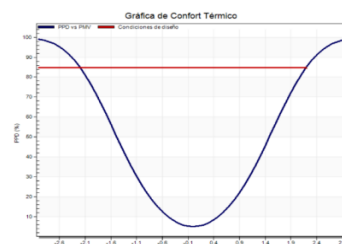
Para realizar la gráfica del confort utilizamos el programa Desing builder el cual introduciendo los datos de la tabla 5 nos calcula tanto el PMV como el PPD. En la gráfica 3 se muestra el resultado obtenido del confort térmico para el día caluroso cuando la edificación se encuentra con ventilación, en la tabla 6 se muestra los resultados el cual nos indica que la sensación térmica es de 2,28 que situando el nivel de confort es cálida visto en la tabla 7. EL PPD nos indica un valor de 85,6% de insatisfacción debido a las fuertes temperaturas y a la orientación que tiene la zona ubicada al noroeste.



RESULTADO	
PMV	2,28
PPD (%)	85,6%

Tabla 6. Resultados térmicos escenario 1.
Fuente propia

Gráfico 3. Confort térmico día caluroso escenario 1.
Fuente propia



RESULTADO	
PMV	1,98
PPD (%)	80,3%

Tabla 7. Resultados térmicos escenario 1.
Fuente propia

Gráfico 4. Confort térmico día fresco escenario 1.
Fuente propia

En la tabla 9 se puede visualizar las temperaturas exteriores de dichos periodos, en donde la temperatura máxima en el exterior es de 29,5°C simulada en el día caluroso y la temperatura máxima es de 27,8°C para el día fresco.

Luego se procedió a calcular la temperatura interior en donde la temperatura máxima en el interior es de 27,5°C para el día caluroso y 26°C para el día fresco, como se muestra en las graficas siguientes:

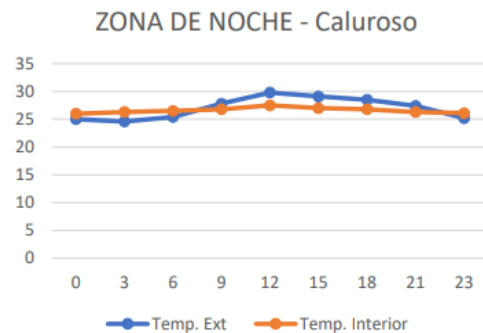


Gráfico 5. Planta Arquitectónica de la edificación.
Fuente propia

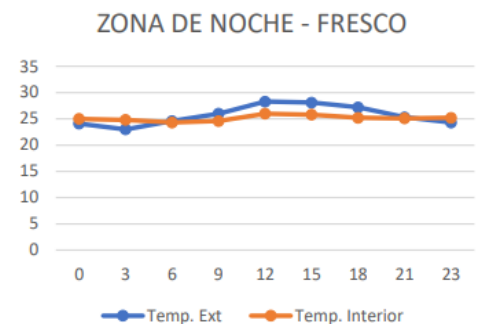


Gráfico 6. Planta Arquitectónica de la edificación.
Fuente propia

La situación térmica de los ambientes, cuando existe la ventilación natural varía significativamente con relación al escenario anterior, disminuyendo entre 1 y 2 grados, permaneciendo considerablemente estable. Aunque las temperaturas tanto

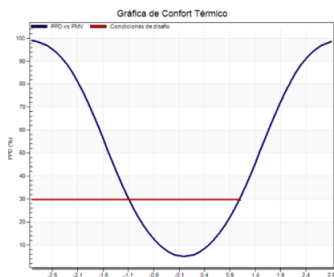
interior como exterior han disminuido el factor negativo que presenta este escenario es igual al anterior la sensación térmica sigue siendo no es favorable en relación con el rango de confort.

Para calcular el índice de confort se introdujo nuevamente los datos obtenidos de las temperaturas optimas para realizar el calculo (ver tabla 9).

Día	Temperatura ext.	Temperatura int.	Temperatura media rad	Humedad relativa
20-ago	29°C	27,5°C	25,8°C	90%
25-ene	27,8°C	26°C	24,5°C	65%

Tabla 8. Planta Arquitectónica de la edificación.
Fuente propia

En la gráfica 6 se muestra el resultado obtenido del confort térmico para el día caluroso cuando la edificación se encuentra con ventilación, el grafico y la tabla 9 nos indica el PMV es de 1,32 que situando el nivel de confort es ligeramente cálida visto en la figura 7. EL PPD nos indica un valor de 30,30% de insatisfacción.



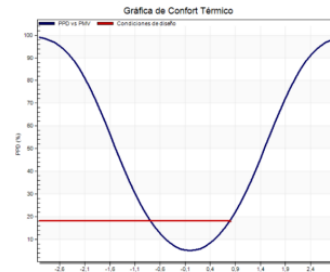
RESULTADO	
PMV	1,32
PPD (%)	30,30%

Tabla 9. Resultados térmicos escenario 2.
Fuente propia

Gráfico 6. Confort térmico día caluroso escenario 2.
Fuente propia

En la gráfica 7 se muestra lo valores del confort térmico para el día fresco cuando la edificación se encuentra con ventilación el grafico y la tabla 10 nos indica que el PMV es de 0,96 que situando el nivel de confort es considerado neutro visto en la tabla 5.

EL PPD 19,20% de insatisfacción.



RESULTADO	
PMV	0,96
PPD (%)	19,20%

Tabla 10. Resultados térmicos escenario 2.
Fuente propia

Gráfico 7. Confort térmico día fresco escenario 2.
Fuente propia

Como se pueden observar en las gráficas en el escenario 1 los resultados muestran que las temperaturas altas inciden drásticamente en la sensación térmica cuando el espacio no se encuentra ventilado obteniendo un PMV de 2,38 considerado en la escala de sensación térmica un valor cálido y por ende el confort térmico se ve afectado negativamente donde el porcentaje PPD es del 85,61%, en cambio cuando se produce ventilación natural en el escenario 2 las temperaturas descienden y la sensación térmica aunque sigue siendo un valor un poco elevado este varia considerablemente obteniendo una PVM de 1,32 considerado en la escala de sensación térmica un valor ligeramente cálido y el PPD es del 30,30% estos resultados fueron calculados para el día 20 de agosto en ambos escenarios.

Para el día 25 de enero en el escenario 1 los resultados muestran que las temperaturas calculadas son menores que el periodo caluroso e inciden directamente en la edificación, aunque las temperaturas son un poco menor y hacen que desciendan considerablemente los resultados, la sensación térmica sigue siendo elevada, el PMV es de 1,98 para el escenario 1

donde la ventilación es nula y considerado en la escala de sensación térmica se encuentra en el rango de ligeramente cálido, y el PPD un 80,30%, mientras que para el escenario 2 cuando la ventilación es existente el PMV es de 0,96 considerado en la escala de sensación térmica un valor neutral y el PPD es del 19,20%.

Según el método fanger para que un valor se pueda considerar normal y aceptado en la escala de sensación el PMV debe estar comprendido entre el -0,5 y el + 0,5, siendo la temperatura de confort comprendida entre los 20°C - 24°C para los meses frescos y 23°C - 26°C para los meses más cálidos.

• Conclusiones

El objetivo principal de este estudio es analizar el confort térmico en la zona de día (salón-comedor, cocina y lavadero) de una edificación de viviendas de carácter social para poder identificar el comportamiento térmico de esa zona y poder aportar soluciones alternativas que nos ayuden a mejorar las condiciones de confort existente.

La ventilación natural, la orientación y la protección solar exterior en la edificación son partes esenciales de la estrategia de diseño y sirve como base para que exista un buen confort dentro de las viviendas. Este estudio permitió, evaluar las condiciones de confort térmico bajo dos escenarios, el primero sin contemplar estrategias pasivas de enfriamiento y el segundo contemplando las estrategias pasivas de enfriamiento.

RESULTADO

PMV 0,96

PPD (%) 19,20%

Tabla 10. Resultados térmicos escenario 2.

Fuente propia

Grafico 7. Confort térmico día fresco escenario 2.

Fuente propia

Como bien se puede observar en los resultados en el escenario 2 con los elementos pasivos de enfriamiento la sensación térmica, aunque se reduce notablemente comparada con el escenario 1 sin elementos pasivos en el día cálido los valores obtenidos son elevado al igual que el día fresco estos valores no se encuentran en el nivel de confort de aceptación en ninguno de los escenarios, esto debido a las condiciones climáticas en la zona.

El PMV que mas se acercó a los parámetros establecidos en la escala de sensación térmica es el simulado en el escenario 2 el día 25 de enero donde alcanzo el 0,96 y el PPD de un 19,30%. Los valores aceptables van del -0,5 al +0,5 con una temperatura comprendida entre los 24°C y los 26°C.

Con los resultados obtenidos y después de analizar la situación podemos aportar algunas soluciones alternativas que permitirán lograr un mejor confort en las viviendas en este tipo de clima cálido son las siguientes:

- Mejorar el aislamiento térmico en la envolvente.
- Tomar en cuenta la tipología y sistema de ventanas incluyendo un mejor tipo de acristalamiento.
- Ventilar las viviendas en horario nocturno, las temperaturas descienden mas por la noche y permitirá mantener la edificación mas frescas en el día.

Estas soluciones alternativas pueden ser el punto de partida de para futuros estudios e investigaciones para esta tipología de investigación.

- **Referencias**

Dunowicz, R, Invi, R Hasse – Revista 2005, “Diseño y gestión de la vivienda social.” Acceso 2020-03-01. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25805405>

(ONE), OFICINA NACIONAL DE ESTADÍSTICAS. 2019. “ENCUESTA NACIONAL DE HOGARES DE PROPOSITOS MULTIPLES [ENHOGAR-2018].” Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents.

Observatorio de políticas sociales y desarrollo. “Vivienda y bienestar social en República Dominicana.” Accessed May 5, 2022. <http://www.opsd.gob.do/media/22319/boletin-10-vivienda-y-bienestar-social-enrepublica-dominicana.pdf>

Rodríguez, A., and Sugranyes, A. “The housing problem of the “roofed””. Eure, Volumen 30 Issue 91
Diciembre 2004 pages 53-65

United States Department of Energy. 2019. “EnergyPlus.” 2019. <https://www.energy.gov/eere/buildings/downloads/energyplus-0>.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. “ Bienestar Térmico Global”. Acceso 2022-09-05.
https://herramientasprl.insst.es/ergonomia/bienestar-termico-global-y-local/contenido/240/tabs/tabsnav/tab_0

Diego-Mas , Jose A., Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia 2015., “Evaluación del confort térmico con el método de Fanger.” Accessed May 8, 2022.
<https://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php>