
En busca de la vivienda social sustentable, confortable y energéticamente eficiente en climas Subtropicales en México

Moreno-Rangel, A.,

Mackintosh Environmental Architecture Research Unit; Mackintosh School of Architecture; The Glasgow School of Art; C.P. G3 6RQ; Glasgow, Lancashire, UK

alejandromorenorangel@gmail.com

Vivienda sustentable.

Energías Renovables, Recursos Naturales, Medio Ambiente y Sustentabilidad: La investigación se basa en las posibles mejoras a la vivienda social de México en búsqueda de un mejor confort y ahorro energético.

Abstract

This study investigates Indoor Comfort on Subtropical Climate Social Housing in Mexico and propose different improvements of how to improve it. The research is based on a Social Housing Development in Uruapan, Michoacán looking to improve the Indoor Environment with passive systems.

First of all, this study establishes a methodology to evaluate the indoor comfort on dwelling looking in four factors: Thermal Comfort, Ventilation, Solar Protection and Daylight. Each of these factors is evaluated with the use of Energy Simulation Tools separately and after comparison of the four factors is done establishing the boundary and importance of tackling each problem. It was found that the actual comfort performance of the house is 42.36% based on the Adaptive Approach proposed by Fergus Nicol. Secondly, three different scenario cases are proposed and evaluated. Finally, it evaluates the cost-effectiveness performance of each case study. The comfort performance was improved up to 72.22% without the use of mechanical systems. Improvement performances are compared with the original case and after an analysis one of them was proposed to the developer for the next construction stage.

This study gives to the developer a comparison table of improvements and its cost implications. So, at the end the developer can choose to implement a complete Scenario Case or just go for some improvements as need. Moreover, this research provides a methodology to developers to evaluate new developments through the use of ESTs and graphics making a sustainable and affordable approach to social dwelling.

Keywords: Affordable housing, Comfort performance on dwelling, Evaluation of social housing, Indoor Environment, Sustainable housing.

1. Introducción.

La civilización como la conocemos el día de hoy no apareció en un día. El desarrollo humano, tecnologías y la forma en que los primeros habitantes de la tierra formaron patrones de desarrollo. Durante las últimas décadas, se ha observado un incremento en la preferencia de vivir en zonas urbanas. Las Naciones Unidas han estimado que lo mayoría de la población en las próximas décadas se concentrará entre los trópicos [1]. México, posee un gran clima ya que el Trópico de Cáncer cruza el país.

En las últimas décadas, el desarrollo urbano del país se ha caracterizado por la baja densidad urbana debido en mayor parte a los desarrollos de vivienda social. La accesibilidad económica a la vivienda es algo que tanto desarrolladores como compradores tienen en mente al momento de hacer sus decisiones. Bajo este esquema el confort y el desempeño energético de la vivienda son sacrificados reduciendo así los costos de construcción. Por lo tanto, esta investigación busca mejorar la vivienda social aumentando el confort, reduciendo el consumo energético, impactando lo menos posible el precio final.

La arquitectura por sí misma, debe proveer el mejor ambiente interno posible; por lo que los ocupantes de las viviendas juzgarán sus experiencias, tanto física como psicológicamente. Si los ocupantes de un espacio están sujetos a des-confort, estos cambiarán las condiciones internas en busca de confort; por lo que la arquitectura en si no provocara una disminución del consumo energético [2]. Por esta razón, este estudio se basa en proveer confort término en el proyecto y la construcción para reducir el consumo energético y elevar el confort.

Nick Baker define el confort térmico como

la condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico que depende de variables ambientales y de cómo los ocupantes interactúan con éstas. Factores como la temperatura del aire, humedad, radiación y ventilación producen efectos térmicos que deben de ser considerados para predecir las respuestas al confort térmico. Por otro lado, edad, sexo, tipo de cuerpo, ropa, hábitos alimenticios, color de piel, salud y grasa corporal de los ocupantes son factores individuales que deben ser considerados [3]. Los arquitectos deberían considerar estos factores cuando diseñan para proveer espacios confortables. Sin embargo, una de las mayores desventajas en los edificios en nuestro país, es la gran cantidad de radiación solar que reciben. Lo que hace que sean susceptibles de calentamiento por radiación solar muy fácilmente. La mejor arma contra esto es una buena ventilación natural, para evitar las altas temperaturas de los climas Subtropicales, además de remover la humedad y otras sustancia que pueden afectar la calidad del aire interno.

Los mayores desafíos para obtener un buen confort de la vivienda social en México son el confort térmico y la ventilación. Esto debido a que los edificios tienen a ser largos y estrechos para cumplir con los anchos mínimos de los terrenos establecidos por las leyes, generando así una inadecuada ventilación y un pobre confort térmico.

La CONAVI ha identificado las tipologías de vivienda más populares en México: vivienda aislada, adosada y vertical, de las cuales el desarrollo habitacional analizado tiene dos. Este trabajo trata de mejorar el confort en las viviendas con la aplicación de las técnicas propuestas por la COVNAVI y el INFONAVIT.

2. Metodología

Esta investigación tomó como caso de estudio un conjunto habitacional de interés social desarrollado por PECASA en la ciudad de Uruapan, Michoacán. El diseño de la vivienda no es intervenido, ya que se busca hacer cambios al proceso constructivo para así mejorar el confort térmico y reducir el consumo energético.

La evaluación de los diferentes casos de estudio es hecha mediante la herramienta de simulación virtual EDSL Tas, además de usar Excel como base para comparar y analizar los resultados.

Los parámetros utilizados en esta investigación para definir el confort son propuestos por la CONAVI [4] o especificados de otras fuentes:

- temperatura: 20°C - 25°C,
- humedad relativa: 30% - 70%,
- velocidad del aire: 0.5 – 1.5m/s [3],
y
- luz solar: mínimo 100lux [5].

El procedimiento se describe a continuación, como lo muestra la Figura 1:

1. Establecer el caso de estudio;
2. Creación de los modelos virtuales de cada tipología;
3. Especificación de las características de los modelos virtuales (ubicación, condiciones internas, clima, y orientación);
4. Simulación virtual de cada tipología;
5. Análisis de información;
6. Propuesta de mejoras a la vivienda;
7. Simulación de las mejoras en las

viviendas;

8. Análisis de los resultados de las mejoras;

9. Conclusiones.

2.2 Características del modelo virtual

Las características descritas en la Tabla 1 son mantenidas durante todo el proceso de simulación, no se considera ninguna variación en el diseño de la vivienda. Los únicos cambios realizados son en los materiales de construcción propuestos para cada una de las mejoras a las viviendas propuestas.

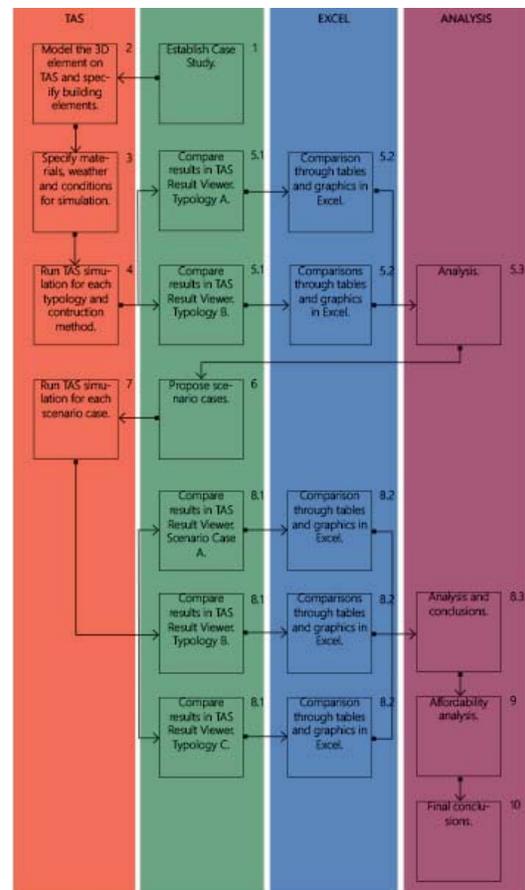


Fig. 1. Procedimiento de la investigación.

Tipología	Área (m ²)	Relación de acristalamiento en fachada trasera (%)	Relación de acristalamiento en fachada frontal (%)	Altura piso techo (m)	Orientación	Fachadas expuestas
Vivienda	47.70	11.21	36.38	2.40	S -N	Frontal y trasera
Vivienda	42.00 (por	35.52	25.81	2.40	S -N	Cuatro

Elemento constructivo	Descripción	Conductividad (W/m ² °C)
Piso	Concreto reforzado (concreto 2% of acero) de 100mm, acabo pulido.	25.000
Paredes internas y externas	Pintura de color, 15 mm de concreto : arena (2:1) mortero, 120 mm tabique hueco, 15 mm concreto : arena (2:1) mortero, Pintura blanca.	1.183
Vidrios	Vidrio simple de 6mm.	5.780
Marcos de ventanas y puertas	Marco de aluminio de 3 mm en perfiles de 1 1/2"	5.882
Puertas internas	Puerta de madera de 130mm	3.420
Losas internas	Concreto reforzado (concreto 2% of acero) de 100mm. acabo pulido	13.660
Techo	Concreto reforzado (concreto 2% of acero) de 120mm. pendiente del 2%. impermeabilizante	13.660

2.3 Condiciones internas y externas

Las condiciones climáticas son tomadas de la información del Sistema Meteorológico Nacional y colocadas en la herramienta de simulación virtual.

Las características de construcción propuestas por el desarrollador de vivienda son descritas en la Tabla 2. Las ganancias de calor por ocupante son de 130W, de los cuales 80W son por ganancias sensibles y

50W por ganancias latentes; cuatro ocupantes por vivienda son considerados. La vivienda estará ocupada completamente de 19:00 a 08:00, un usuario entre 08:00 a 14:00, y tres ocupantes de 14:00 a 19:00. La luz solar es considerada de 08:00 a 19:00, las consideraciones para la luz artificial son las siguientes:

- Cada foco es un foco fluorescente de 20W;
- Cada cuarto tiene 4 focos, la sala 5, y los baños 2;
- Las luces en los cuartos son encendidas de 06:00 a 09:00 y 18:00 a 22:00, en la sala 07:00 a 19:00 y de 16:00 a 22:00, los baños de 06:00 a 08:00, 15:00 a 16:00 y de 21:00 a 22:00.

Otros equipos eléctricos considerados son los más comunes en la vivienda de interés social [6] [7]:

- Televisión – 110W
- Refrigerador – 450KWh/a (aprox. 51.35W)
- Ventilador de techo – 100W
- Lavadora – 0.32KWh/d
- Estufa de gas – aprox 5,800W por quemador
- Horno de microondas – 0.17KWh/d.

3. Caso de estudio

El caso de estudio de esta investigación es el desarrollo de interés social conocido como “Las Lomas”, desarrollado por Grupo PECASA en la ciudad de Uruapan, Michoacán. Este desarrollo consta de 1,141 unidades habitacionales en dos tipologías. Hay un total de 229 viviendas adosadas (Modelo Avante) y 912 unidades de vivienda verticales (Modelo Rey). A pesar de que el estudio se llevó a cabo en ambas tipologías este documento solo

muestra los resultados y discusiones de la tipología Rey. Sin embargo, en las conclusiones ambas tipologías son tomadas en cuenta.

3.1 Modelo Avante

La tipología Avante está desarrollada en 47.70 m² de construcción en 90.00m² de terreno. Figura 2 muestra la planta arquitectónica de la vivienda y Figura 3 una fotografía de la vivienda Rey. La fachada frontal tiene un total de 2.25 m² de ventanas igual a 11.21% de relación de acristalamiento, la fachada trasera tiene un total de 5.80m² que representan un total de 36.38% de relación de acristalamiento. Las dimensiones generales de la construcción son 6.00m de ancho por 10.50m de fondo, altura piso techo de 2.40m. La orientación principal de este tipo de vivienda en el desarrollo es sur-norte.

3.2 Mejoras a la vivienda

Las mejoras a las tipologías están basadas en aquellas tecnologías propuestas en el programa Hipoteca Verde por el INFONAVIT [8] y propuestas de la CONAVI para la vivienda sustentable [9], en algunas de las propuestas uno o más de las tecnologías de Hipoteca Verde son aplicadas a pesar de que dicho programa no considera la aplicación de varias de estas tecnologías al mismo edificio. Tabla 3 describe las características de las mejoras propuestas.

4. Resultados y análisis

Los resultados de los análisis térmicos muestran que en el modelo original, durante el 42.36% del año los ocupantes tendrán confort térmico, siendo de mayor frío los meses de Enero, Febrero y

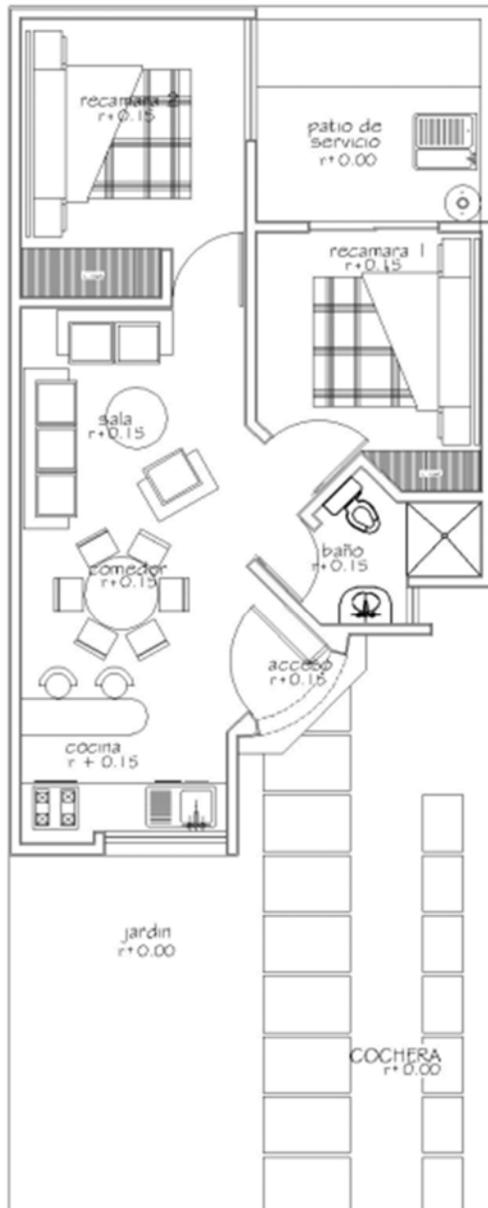


Fig. 2. Planta arquitectónica de modelo Rey.

Diciembre durante las mañanas con temperaturas entre 15°C y 19.9°C con un total del 5.90% anual, mientras que los meses con temperaturas mayores a 29°C son de Marzo a Octubre con un promedio de 3 horas diarias, representando un total de 9.72%.

En cuanto a la ventilación natural las simulaciones muestran que el 38.60% de la



Fig. 3. Vivienda modelo Rey.

vivienda tiene capacidad a ventilación natural. La ventilación tiende a ser mala debido a que las aberturas son muy pequeñas; una de ellas representa el 1.23% de la superficie de la ventana; además algunas de las aberturas también se encuentran cerca de otros elementos constructivos lo que disminuye la capacidad de ventilación.

Los resultados sobre la radiación solar de la vivienda muestran que la vivienda está permanente expuesta a la radiación solar. Las ganancias térmicas a través de las ventanas y los elementos opacos son los que más afectan a la vivienda Rey. El techo es uno de los elementos que debe de ser protegido, especialmente para evitar sobrecalentamiento en los interiores, adicionalmente las ventanas podrían ser protegidas con algunos otros elementos arquitectónicos.

La simulación de la iluminación natural muestra que la vivienda Rey tiene un 73.85% de autonomía durante el día. Sin embargo, en el área de la cocina-sala-comedor es la que causa el mayor problema. El contraste producido por la luz exterior en contra del interior hace que el interior pueda parecer más oscuro y por lo tanto los usuarios tenderán a utilizar luz artificial para neutralizar esta situación, mientras que en la parte posterior del

Tabla 3. Características de las mejoras a las tipologías de vivienda.				
	Original	Escenario de mejora A	Escenario de mejora B	Escenario de mejora C
Altura piso-techo (m)	2.40	2.70	2.70	Mínimo 2.70 a 10 ⁰
Piso (W/m ² °C)	25	25	25	25
Relación de acristalamiento (%)	37	37	40	30
Pintura exterior	Colores	Blanco	Blanco	Blanco
Orientación	N - S	NO - SE	NO - SE	NO - SE
Techo (W/m ² °C)	13.660	13.660	1.433	1.433
Protección solar	No	En Techo	En interior de ventanas	Techumbres
Técnica de ventilación	No	Ventilación cruzada, ventilación nocturna		
Paredes (W/m ² °C)	2.117	0.676	0.676	0.676
Tamaño de ventanas (W/m ² °C)	Tamaño / Apertura 5.78	=Tamaño / +Apertura 5.75	+Tamaño / +Apertura 5.75	-Tamaño / +Apertura 5.75

espacio tiende a no existir suficiente iluminación.

Las mejoras propuestas buscan mejorar estas condiciones manteniéndolas dentro del rango de confort durante el mayor tiempo posible, proponiendo cambios a la construcción, pero sin hacer cambios al diseño de manera que el desarrollador pueda beneficiarse utilizando los hallazgos de esta investigación.

El escenario de mejora A tiene como principio la creación de un doble techo con ventilación ente ambas membranas provocando la disipación del calor y la reducción de radiación solar directa sobre el techo en contacto con el interior. La calidad de ambiente interior mejoró un 24.30%. EL confort térmico es del 70.83% a lo largo del año, mostro una ventilación adecuada en el 63.48% del área de la

vivienda y una autonomía de luz natural del 79.35%. El confort térmico es mayor en gran medida debido a la reducción de la exposición directa a la radiación solar mediante una membrana de protección creando un “doble techo”, creando así una reducción drástica en la temperatura interna. Por otro lado, esto crea un aumento de porcentaje de tiempo anual con temperaturas entre 15°C y 19.9°C de hasta un 15%, es decir un 9.40% mayor y una reducción del 100% de las temperaturas mayores a 29°C. Por lo que la temporada de calor, provee el mayor periodo de confort.

El escenario de mejora B, se basa principalmente en la aplicación de aislante térmico en las paredes y el techo que combinado con las técnicas de ventilación buscan mejorar la calidad del ambiente

interior. Si bien, no tiene protección solar directa, el aislante en techo tiene un papel muy importante en la disipación del calor, en este sentido la vivienda alcanzo un 69.10% de confort térmico anual, mientras que las temperaturas de entre 15°C y 19°C no superaron el 13%. Sin embargo, las temperaturas entre 25.1°C y 29°C están presentes en el 18% del año. El 62.48% de la superficie de la vivienda mostro que tendría una adecuada ventilación, mientras que la iluminación natural hará que el 79.35% de la planta esté bien iluminada. La temporada de calor provee de los meses de mayor confort al aplicar las mejoras propuestas en este caso. Esta tipología mejoro en un 22.57% comparado con las condiciones originales de la vivienda.

Finalmente, el escenario de mejora C busca mejorar la calidad del ambiente interno con la aplicación de techumbres inclinadas, techos y paredes aisladas. Este escenario provee un mejoramiento de ambiente interno de hasta un 25.69% comparado con el caso original. El volumen extra de aire interior junto con la técnica de ventilación ayuda a disipar la temperatura, mientras que el aislamiento actúa como barrera para las ganancias por medios solares. El confort térmico de la vivienda se mantuvo dentro de los límites de confort durante el 72.22% del año, las temperaturas entre 25.1°C y 29°C un 15% y las temperaturas de entre 15°C y 19.9°C un 13%. El porcentaje del área de la vivienda con una ventilación adecuada fue del 66.57%, mientras que la iluminación natural alcanzo un 68.45% del área de la vivienda. De la misma manera que las mejoras A y B, los meses de mayor confort están la temporada de calor.

5. Conclusiones

El desarrollo actual de las zonas urbanas en nuestro país provoca que las ciudades tiendan a extenderse, sin embargo el modelo de desarrollo de vivienda está basado en un costo de accesibilidad económica a corto plazo, es decir la compra del bien inmueble, pero a largo plazo pudiera ser cuestionable. Actualmente, los desarrolladores de vivienda tratan de bajar sus costos en los métodos de construcción, calidad de los materiales y reducción de los espacios al mínimo, por lo que este estudio busca mejorar la calidad del ambiente interno de la vivienda social en climas subtropicales en México.

Dos de las tres principales tipologías de vivienda social en México fueron evaluadas, obteniendo resultados similares en cuanto a la mejora de la calidad del ambiente interno de los espacios. Los desafíos a los que se enfrenta la vivienda social hoy en día, es mayormente a la falta de flexibilidad para responder a los problemas ambientales y climáticos, así como la falta de conocimientos de técnicas pasivas y tecnologías sustentables aplicadas a la arquitectura por parte de los diseñadores. Otro de los grandes problemas, es que los desarrolladores aplican los mismos métodos “tradicionales” de construcción de la misma manera en todas las construcciones, sin tener en cuenta las condiciones climatológicas de cada sitio.

El uso de herramientas de simulación energética y de confort durante el proceso de diseño ayudará a los futuros arquitectos a entender el comportamiento de los edificios, como ha sido probado en este trabajo. Dichas herramientas proveen información sobre cómo mejorar los

diseños, sin tener que hacer grandes inversiones en construir las viviendas para su estudio. Estas herramientas virtuales junto con los parámetros de confort interno en los espacios pueden proveer de una gran cantidad de información a los desarrolladores para proyectar cada vez, viviendas más sustentables.

La protección solar ha sido probada como una de las técnicas más eficientes para reducir las ganancias de calor, ya sea mediante membranas adicionales, sombra proyectada por elementos naturales o aislamientos térmicos que bloquean el paso del calor.

Esta investigación podría ser complementada con estudios de funcionalidad y diseño con técnicas pasivas sustentables, lo que ayudaría a los proyectos tener una mayor relación con el entorno, reduciendo aún más el impacto en el medio ambiente, el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero. Ahora bien, la metodología utilizada para evaluar este desarrollo habitacional podría ser utilizada de manera similar para evaluar diferentes desarrollos en diseño y sugerir así, mejoras al proceso constructivo, materiales o técnicas para obtener mayor comodidad y calidad en la vivienda social de nuestro país.

6. Agradecimientos

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo del CONACyT y el Dr Filbert Musau quienes apoyaron de diferentes maneras para que esta investigación pudiera ser realizada.

7. Referencias

[1] - United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population

Division (2012) *World Urbanization Prospects, the 2011 Revision*. New York, United Nations.

[2] - Baker, Nick; Koen Steemers (2000) *Energy and Environment in Architecture, A Technical Design Guide*. London. E & FN Spoon

[3] - Koenigsberger, O. H. et. al. (1978) *Manua of Tropical Housing and Building Design, Part 1 Climatic Design*. London. Longman Group Limited.

[4] - CONAVI, SEMARNAT, Thomson Reuters, Robert Kaineg, Georg Graft, Rolf Seifried, Werner Neuhauss, Heiko Störkel, Witta Ebel, Susanne Theumer, Maria del Carmen Rivero. *NAMA for sustainable housing in Mexico – Mitigation Actions and Financing Packages*. Mexico City, Gobierno Federal de los Estados Unidos Mexicanos.

[5] - Jefatura de Gobierno DF. 2014. *Legislation for construction and infrastructure for the Distrito Federal*. Mexico City, Gobierno del Distrito Federal.

[6] - INFONAVIT. 2011. *Green Mortgage Program Infonavit-Mexico*. Mexico City, INFONAVIT.

[7] - SENER. 2011. *Indicadores de Eficiencia Energetica*. Mexico D.F., SENER.

[8] – INFONAVIT. 2011. *Manual Explicativo de Vivienda Ecologica, Hipoteca Verde*. Mexico City, INFONAVIT.

[9] – Gutiérrez Ruiz, Carlos et. al. 2006.
Efficient use of the Energy in dwelling.
Mexico City, CONAVI.