

ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO SIMULADAS EN UN MÓDULO DE VIVIENDA EN AREQUIPA-PERU PARA UN CONFORT TÉRMICO Y AHORRO ENERGÉTICO

BIOCLIMATIC DESIGN STRATEGIES SIMULATED IN A HOUSING MODULE IN AREQUIPA-PERU FOR THERMAL COMFORT AND ENERGY SAVING

ARQ MG JOSÉ ANDREW ZÚÑIGA HERNÁNDEZ

PRESENTADO : 22.04.18

ACEPTADO : 28.05.18

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo identificar las estrategias de diseño bioclimático más idóneas para conseguir confort térmico y ahorro de energía en edificaciones de la ciudad de Arequipa-Perú. El módulo de vivienda propuesto, es el primer módulo de vivienda simulado en la ciudad de Arequipa-Perú, ciudad con un déficit de vivienda de 86 817 viviendas (INEI, 2007), con una población particular y un material propio del lugar llamado "sillar" o tufo volcánico. El tipo de investigación es cuantitativa, deductiva y analítica. El método utilizado es el siguiente, primero se ha creado un módulo básico el cual ha sido simulado con el programa "Design Builder" con características de una vivienda de 77 m² de una familia de nivel socioeconómico bajo, con muros de ladrillo expuesto y ventanas de vidrio simple. A dicho módulo básico se le aplican estrategias bioclimáticas como la utilización del material del lugar (sillar), la adición de un pequeño invernadero y un solárium (farola), los cuales fueron comparados con el módulo básico, llegando a la creación de un módulo de vivienda para la ciudad el cual tiene una mejora global del 14% en su consumo y un 74% en el global de demandas con respecto al módulo básico.

PALABRAS CLAVE: Diseño bioclimático, simulación energética, vivienda modular, confort térmico, sillar.

ABSTRACT

The objective of this research is to identify the most suitable bioclimatic design strategies to achieve thermal comfort and energy savings in buildings in the city of Arequipa-Peru. The proposed housing module is the first simulated housing module in the city of Arequipa-Peru, a city with a housing deficit of 86,817 homes (INEI, 2007), with a particular population and a material of the place called "sillar" or volcanic tuff. The type of research is quantitative, deductive and analytical. The method used is as follows, first a basic module has been created, which has been simulated with the "Design Builder" program with characteristics of a 77 m² house of a family of low socioeconomic status, with exposed brick walls and simple glass windows. Bioclimatic strategies are applied to this basic module, such as the use of local material (sillar), the addition of a small greenhouse and a solarium (lamppost), which were compared with the basic module, leading to the creation of a module housing for the city which has a global improvement of 14% in its consumption and 74% in the global of demands with respect to the basic module.

KEYWORDS: Bioclimatic design, energy simulation, modular housing, thermal comfort, sillar.

INTRODUCCIÓN

El presente tema propone plantear las estrategias del diseño bioclimático más idóneas para módulos de vivienda social en la ciudad de Arequipa, que alcanza un déficit de 86 817 viviendas (INEI, 2007) a nivel del departamento de Arequipa.



Figura 1.

Déficit habitacional, según departamento 2007 - Perú
Fuente: INEI

Del déficit total el 29% (24 843) es un déficit cuantitativo y el 71% (61 974) es un déficit cualitativo. (Figura 2)

Cuadro N°2.4
PERÚ: DÉFICIT HABITACIONAL POR COMPONENTE CUANTITATIVO Y CUALITATIVO, SEGÚN DEPARTAMENTO Y ÁREA DE RESIDENCIA, 2007

Departamento y área de residencia	DÉFICIT HABITACIONAL							
	CUANTITATIVO				CUALITATIVO			
	Total	Total	Déficit tradicional	Viviendas no aducadas	Total	Material imprescindible (en paredes)	Viviendas hacinadas	Servicios básicos deficitarios
TOTAL	1 860 692	389 745	353 943	35 802	1 470 947	215 636	734 489	620 822
Urbana	1 207 610	375 699	341 761	33 938	831 911	187 118	408 006	236 787
Rural	653 082	14 046	12 182	1 864	639 036	28 518	326 483	284 035
AMAZONAS	30 741	1 744	1 615	129	28 997	1 453	19 360	8 184
Urbana	10 201	1 372	1 271	101	8 829	562	4 819	3 448
Rural	2 540	372	344	28	20 168	891	14 541	4 736
ÁNCASH	67 224	12 202	11 889	513	55 022	15 962	19 449	19 811
Urbana	38 915	11 300	10 821	479	27 615	14 364	7 945	5 306
Rural	28 309	902	868	34	27 407	1 598	11 504	14 305
APURÍMAC	32 026	1 807	1 658	149	30 219	564	13 846	15 809
Urbana	12 255	1 641	1 516	125	10 614	390	4 832	5 392
Rural	19 771	166	142	24	19 605	174	9 014	10 417
AREQUIPA	86 817	24 843	23 801	1 042	61 974	18 941	24 935	18 398
Urbana	71 947	24 434	23 271	1 163	47 513	14 769	21 143	11 361
Rural	14 870	409	330	79	14 461	3 852	3 792	6 817

Figura 2.

Déficit habitacional, según departamento 2007 - Perú
Fuente: INEI

Estas viviendas tienen déficit de confort térmico, debido a la mala orientación respecto a latitud y altitud, materialidad y recursos económicos ubicada en su mayoría en el sector

periurbano de la ciudad de Arequipa, cuyo clima es "templado de tipo continental" (Chana, 2000)

Por ello, la presente investigación tiene como objetivo la aplicación de estrategias bioclimáticas vinculadas directamente con la ubicación geográfica de la ciudad, la fisiología de sus habitantes y el material propio del lugar "Sillar" o tufo volcánico debido a su ubicación entre tres volcanes cuyas canteras se ubican en la periferia de la ciudad muy cercanas donde la población de escasos recursos edifica su vivienda.

Entre los antecedentes de la presente investigación podemos encontrar la propuesta de vivienda bioclimática del arquitecto Josué Llanque Chana desarrollada en su libro: "ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA técnicas para el uso de la arquitectura solar pasiva" Chana, A. J. L. (2000)

MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de investigación es cuantitativa, deductiva y analítica. Según Hernández, Fernando y Baptista (2003), la investigación cuantitativa: "Usa la recolección de datos y análisis de los mismos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis"

El diseño de investigación está reflejado en el siguiente cuadro metodológico:

CUADRO METODOLÓGICO

ETAPA	UNIDA DE MEDIDA	MÓDULOS COMPARATIVOS
1° (simulación sin instalaciones)	Día más frío del año	Módulo base (básico)
		Módulo con materiales extranjeros e invernadero
		Módulo con materiales del lugar e invernadero
2° (simulación con instalaciones)	KWh/m2	Módulo base (básico)
		Módulo con materiales del lugar, invernadero y farola
		Módulo con materiales del lugar, invernadero agrupada

Figura 3. Cuadro metodológico

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que los datos sobre la población es tomado sobre un estudio previo realizado por el INEI en el censo del 2007, donde considera al sillar en paredes exteriores como un material aceptable a nivel urbano y rural en las paredes exteriores (INEI, 2007). (Figura 4)

MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES

Material predominante en las paredes exteriores	Área de residencia	
	Urbana	Rural
Ladrillo o bloque de cemento	Aceptable	Aceptable
Adobe o tapia	Recuperable	Aceptable
Madera(Pona, tornillo, etc.)	Recuperable	Recuperable
Quincha (Caña con barro)	Irrecuperable	Recuperable
Estera	Irrecuperable	Irrecuperable
Piedra con barro	Irrecuperable	Recuperable
Piedra, sillar con cal o cemento	Aceptable	Aceptable
Otro material	Irrecuperable	Irrecuperable

Figura 4.

Material en las paredes exteriores, 2007 - Perú

Fuente : INEI

Las variables como se ve en el cuadro metodológico son: la materialidad de los muros, la adición de elementos arquitectónicos como un invernadero y una farola.

En la primera fase se creó un módulo de vivienda de aproximadamente 77 m² el cual se simuló en la ciudad de Arequipa.

Las técnicas de análisis son a través del programa de simulación "Design builder" (v5 "software".s,f), según Lamberton Tronchin. "Está basado en el software EnergyPlus, implementado con una interfaz 3D y meteorológica base de datos. DesignBuilder representa un software útil, debido a su interfaz fácil de usar, base de datos meteorológicos y sofisticado modelo para el suministro de energía para el interior y solar suministro de energía Este software permite la evaluación dinámica de calefacción y refrigeración durante todas las estaciones, incluido DHW y otro consumo de

energía también permite conocer el Temperatura la temperatura promedio en el interior y en la superficie durante todo el año." (Lamberto Tronchin, 2008)

Se utilizó el programa "Design builder" como una herramienta de medida, la cual nos dio datos que fueron comparados entre las diferentes opciones de módulos.

En este programa se toman las siguientes especificaciones:

- Se ha programado de tal manera que sea lo más real posible al lugar de investigación. (El programa usa un archivo climático con datos de una estación meteorológica de Arequipa).
- Se eliminó ventilación mecánica y agua caliente sanitaria (ACS). (En el Perú y en Arequipa las viviendas no cuentan con equipos de aire acondicionado ni se tiene un sistema de agua caliente sanitaria).
- Se dejaron equipos de calefacción y refrigeración para sacar datos a lo largo del año. (En la segunda fase se simula con equipos para poder obtener datos de consumo energético en calefacción y refrigeración).
- Se activó ventilación natural calculada, que es la que trabaja con datos reales del viento del lugar. (La ventilación en una vivienda en la ciudad es natural).

Todos los modelos están base estas especificaciones programáticas para así poder hacerlos comparables entre ellos. (Desde el módulo base solo se modifica las variables para poder cuantificarlas y compararlas).

La interpretación de la información se realizó después de haber obtenido los resultados de simulación, realizando una interpretación en sí misma y comparando con los demás resultados de otros módulos.

DESARROLLO

En cuanto al desarrollo del presente trabajo, en primer lugar se creó un módulo de vivienda, el cual fue simulado con los materiales que actualmente suelen construir las familias de bajos recursos en la ciudad de Arequipa. Teniendo el módulo definido, seguidamente se hizo una comparación con los materiales europeos y los materiales naturales del lugar, donde también se incorporó un invernadero, seguidamente se escogió el modelo más idóneo (unifamiliar) y se aplicaron estrategias pasivas para cubrir la demanda que sea necesaria, llegando así al mejor módulo de vivienda para Arequipa. El cual también se simuló de forma agrupada (multifamiliar). Finalmente, se evaluó el módulo de vivienda unifamiliar en cuestión de flexibilidad dando dos tipos de variable de crecimiento.

Creación del módulo.- Factor forma: para el clima de Arequipa su mejor orientación hacia

el norte de forma alargado en el eje este-oeste, con una relación de proporción de 1 (ancho) y 1,6 (largo). (Olgyay, 1998).

Además de analizar los horarios de ocupación se consideraron los horarios de ocupación, se estudió el horario de actividades, los espacios y sus demandas; con lo cual, concluimos que por las mañanas el espacio a habitar entre las 7:00 y 9:00 horas debía ser la cocina-comedor (kitchenet) y sala que será usado para desayunar, por ende este lugar debe estar ubicado al este para poder tener las primeras ganancias solares del día, después a lo largo del día los lugares de estancia y por la noche los dormitorios para que dé ganancias los últimos rayos de sol a los dormitorios que posteriormente serán utilizados, con esta conclusión se expone el módulo contenido en la (Figura 5).

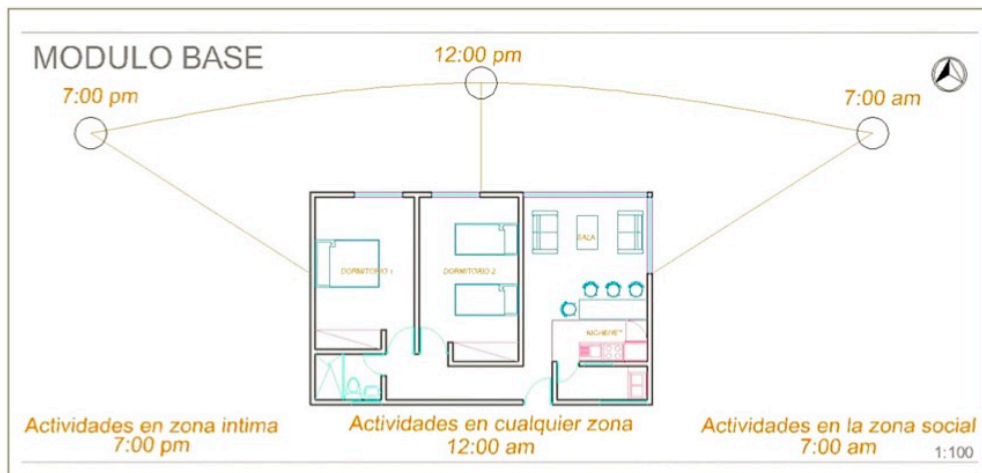


Figura 5.

MÓDULO BASE o MÓDULO 0.- Este módulo será utilizado para hacer las comparaciones

Fuente : Elaboración propia

RESULTADOS

Los resultados se dividen en dos:

1. Sin instalaciones: para comparar los diferentes tipos de cerramientos en el día más frío.
2. Con instalaciones: para comparar las demandas de calefacción y refrigeración y a través de la comparación llegar al módulo ideal.

Precisado lo anterior pasaremos a explicar los resultados:

1. Comparación de cerramientos según temperatura (sin instalaciones)

A continuación buscando la mejor respuesta del módulo sin instalaciones. Se comparara los cerramientos tomando de base el módulo 0 cambiando los cerramientos con materiales europeos y materiales naturales del lugar y agregándole un invernadero. La unidad de medida de comparación será la temperatura mínima, que deberá estar por encima del

bienestar térmico que es 18.3 °C, según estudios de Victor Olgyay; para esto se ha tomado el día con más horas de disconfort del periodo de invierno que viene a ser el 12 de junio. Entonces se simula el módulo 0, que representa a la construcción actual de la ciudad de una familia de clase baja, que vendría a ser una edificación con un muro de ladrillo descubierto de 15 centímetros de espesor y un vidrio simple.

Módulo 0:

En el módulo 0 se observa cómo se construye actualmente las viviendas que pasan más de 7 h en disconfort desde la 1:20 horas hasta las 9:10 horas donde la temperatura está por debajo de 18.3 °C. (Figura 6)

Módulo 1:

El módulo 1 ha sido simulado con materiales extranjeros especificados en el diagrama superior, con un muro ladrillo y un aislante EPS y se le ha adicionado un invernadero. (Figura 07)

Figura 6.
MÓDULO BASE o MÓDULO 0
Fuente: Elaboración propia

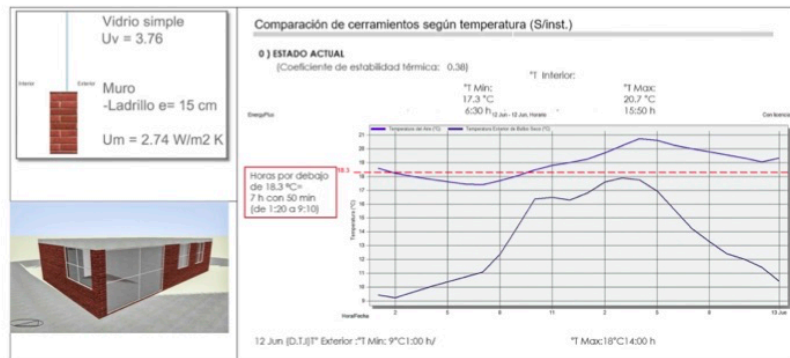


Figura 7.
MÓDULO MÓDULO 1
Fuente: Elaboración propia



Módulo 2 con materiales del lugar más invernadero:

Módulo con materiales del lugar más un invernadero.- Se toman materiales del lugar como el sillar y un aislante natural como paja a alta compresión con un invernadero. (Figura 08)

Comparando los diferentes gráficos (figura 06, 07, 08). Se llega a la conclusión que si bien los materiales europeos superan la zona de confort mínima, esta también se puede lograr con materiales del lugar (Figura 3). Una vez demostrado que con los materiales se puede estar en la temperatura de confort SIN INSTALACIONES, se procedió a hacer comparaciones tomando como unidad de medida las demandas (la de calefacción que es la que más interesa para este estudio) y el consumo.

2. Comparación de cerramientos y estrategias según demanda (con instalaciones).

Se incorpora un Solarium (farola), con esta nueva forma de diseño se logra mayor captación solar y la aplicación de las siguientes estrategias (Figura 9).

Primero simulamos los módulos anteriores con instalaciones para ver el efecto de la farola a nivel de consumo anual y de demandas de calefacción y refrigeración. (Figura 10).

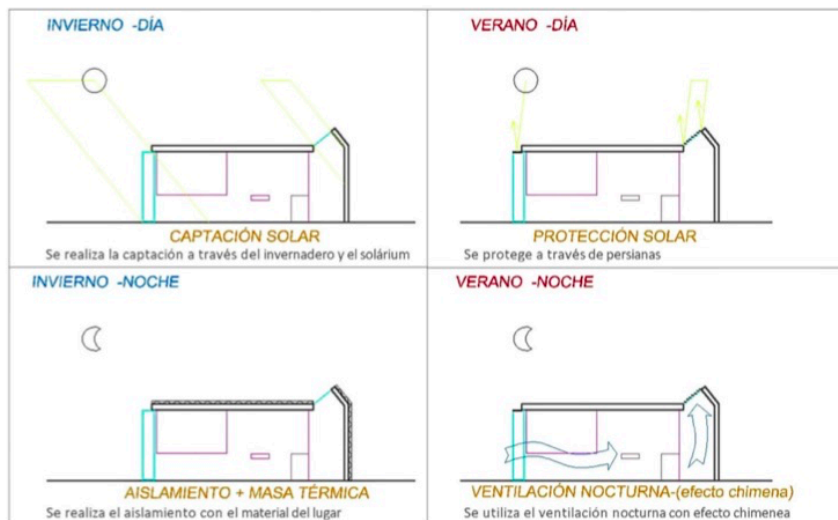
Se creó el módulo ideal (3) el cual se compara con el módulo base (0) (Figura 11).

Dado que se trata de un módulo, este puede crecer hacia arriba formando un edificio.(Figura 12)

Figura 8.
MÓDULO 2 con materiales del lugar más invernadero.
Fuente: Elaboración propia



Figura 9.
Estrategias pasivas del modelo ideal.
Fuente: Elaboración propia



Comparación de cerramientos según demandas (C/inst.)

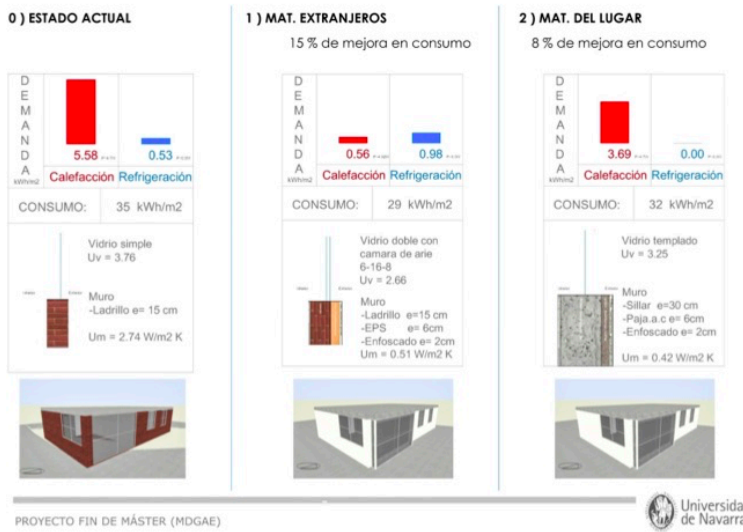


Figura 10. Comparación de consumos y demandas del módulo base con todos los módulos 1 y 2. Fuente: Elaboración propia

Comparación del estado actual (0) con modulo de vivienda (3)



Figura 11. Comparación de consumos y demandas del módulo base con el módulo final. Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

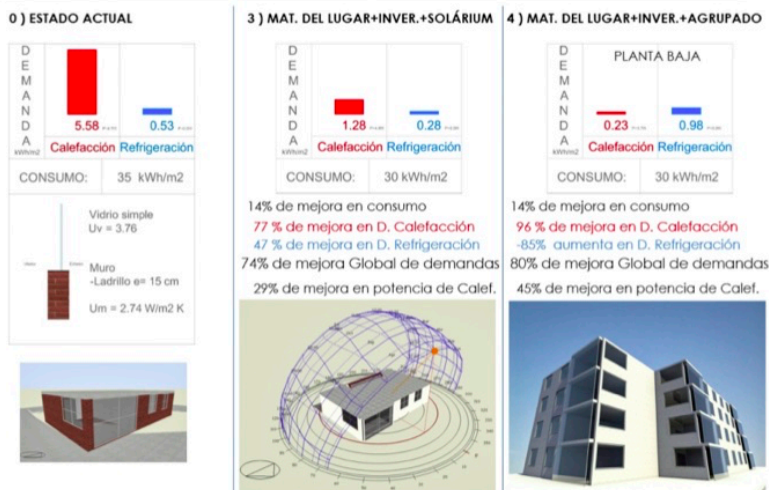


Figura 12. Comparación del módulo inicial con el módulo final y el mismo puesto en el segundo piso del edificio. Fuente: Elaboración propia

Analizando los datos, llegamos a la conclusión que con el módulo 3 (el módulo de vivienda para la ciudad de Arequipa, vivienda unifamiliar) se logra una notable mejoría a nivel de consumo (14%), de demanda de calefacción (77%) (De la cual el 43% es de la farola (Solarium)) y de la sumatoria de demandas (74%) que es el más importante.

Con el módulo 4 el módulo agrupado, se nota una mejora considerable a nivel de demanda de calefacción (96%) debido a que tiene menos área de pérdidas, el porcentaje negativo en refrigeración no le afecta tanto ya que del edificio base es pequeño y se puede hacer ventilación nocturna, otros datos importante es el de la mejora global de demandas (80%) con la mejora de su potencia.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La presente investigación, demuestra que el resultado comparativo de los módulos 1 y 2 superan los niveles aceptables de confort térmico.

Se demuestra también que al crear un módulo ideal (3) agregándole una farola, se logra niveles óptimos de consumos y demandas energéticas. Siendo esta la conclusión principal, que una buena distribución de aberturas, sobre todo en cubierta (quinta fachada) se logra ganancias importantes de radiación solar debido a la latitud de la ciudad (16°) y ayuda a aplicación de estrategias de ventilación e iluminación.

Victor Olgyay, quien hizo una comparativa de la mejor forma según en el clima en el que esté ubicado el módulo, siendo el clima de Arequipa un clima templado y estando en el hemisferio sur, su mejor orientación hacia el norte de forma alargado en el eje este-oeste, con una relación de proporción de 1 (ancho) y 1,6 (largo). (Olgyay, 1998).

Los comparativos demostraron que si bien es cierto el material extranjero da mayores

niveles de confort térmico, éstos pueden ser logrados de igual manera con el material del lugar (sillar tipo tufo volcánico). Significando niveles de ahorro económico, niveles de accesibilidad a éste tipo de módulo.

Estos estrategias permiten corroborar que el módulo de vivienda propuesto es viable y mejorará las condiciones de habitabilidad en los sectores periféricos de la ciudad de Arequipa. Pudiendo ser aplicable y replicable según las condiciones fisiográficas donde se emplace este tipo de módulo. Dandoles condiciones de calidad. (Figura 13)

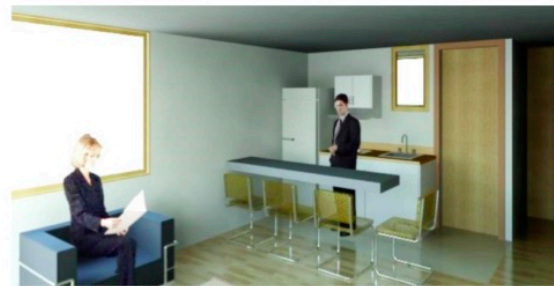
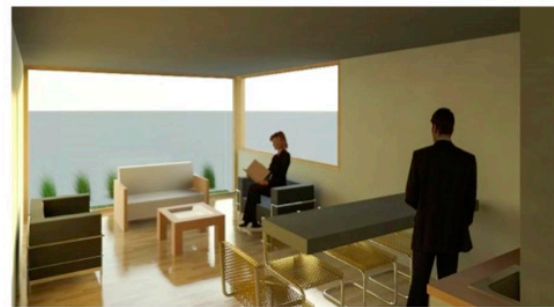


Figura 13. La sala y cocina comedor (Kitchenet) solsticio de invierno 7a.m.
Fuente: Elaboración propia

Y una proyección de crecimiento a sus habitantes. (Figura 14).

Por lo que se puede concluir que la hipótesis planteada es válida.

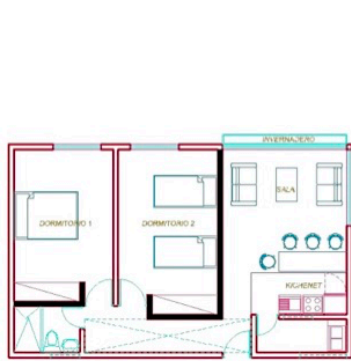
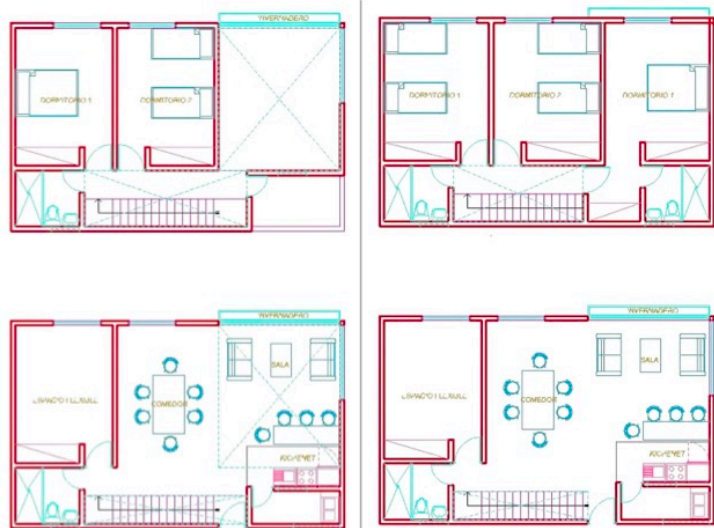


Figura 14. Variables de crecimiento del módulo ideal
Fuente: Elaboración del autor



Variable 1. La casa crece de manera armónica con el mismo número de habitantes y con un espacio en el primer piso que en la tercera edad de estos podrá ser usado.

Variable 2. La casa crece con su número de habitantes llegando a albergar el doble de habitantes, en términos de Le Corbusier "la máquina de habitar" tendría el doble de potencia que la casa inicial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chana, A. J. L. (2000). ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA técnicas para el uso de la arquitectura solar pasiva. Primera edición ed. Arequipa: UNSA.

INEI. (2007). Censo Nacionales 2007 : XI de Población y VI de viviendas, s.l.: s.n.

Hernández, R., Fernandez, C. y Baptista, P. (2003). Metodología de la investigación. McGraw-Hill: Mexico.

Olgyay, V. (1998). Arquitectura y clima : manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: Gudsavo Gili, S.A. designbuilder v5. (s.f.). Software designbuilder v5. Obtenido de <https://www.designbuilder.co.uk/>

Lamberto Tronchin, K. F. (2008). Energy performance building evaluation in Mediterranean countries: Comparison between software simulations and operating rating simulation. Energy and Buildings 40 , 1176–1187.

CORRESPONDENCIA

José Andrew Zúñiga Hernández.

Docente e investigador.
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Universidad Nacional de San Agustín (UNSA)

jjzunigah@unsa.edu.pe

RECONOCIMIENTOS

El autor está agradecido con el Máster de Diseño y Gestión Ambiental de Edificios de la Universidad de Navarra (UNAV) y a PRONABEC por el financiamiento de éste. También un agradecimiento al Arq. Mg. Josué Llanque Chana y la Arq. Mg. Dora Guillen Tamayo (docentes universitarios) por su apoyo prestado.