

**LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y
Humanidades, Asunción, Paraguay.**

ISSN en línea: 2789-3855, marzo, 2025, Volumen VI

Análisis de la eficiencia energética de la vivienda rural gubernamental del municipio de Ahome, Sinaloa

Analysis of the energy efficiency of rural government
housing in the municipality of Ahome, Sinaloa

Gilberto Vega

Arq.gilvega@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-4292-1531>
Universidad Autónoma de Tamaulipas,
Facultad de Arquitectura Diseño y
Urbanismo, Tecnológico Nacional de
México / Instituto Tecnológico de Los
Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa
Los Mochis – México

Mireya Alicia Rosas

mrosas@docentes.uat.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-6050-4740>
Universidad Autónoma de Tamaulipas,
Facultad de Arquitectura Diseño y
Urbanismo
Tampico – México

Evangelina Alejandra Montalvo

eamontalvo@uat.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-4184-0378>
Universidad Autónoma de Tamaulipas,
Facultad de Arquitectura Diseño y
Urbanismo
Tampico – México

María Eugenia Molar

mariamolar@uadec.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0001-5357-5893>
Universidad Autónoma de Coahuila,
Facultad de Arquitectura, Unidad Saltillo
Saltillo – México

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i2.3696>

Artículo recibido: 15 de marzo de 2025.

Aceptado para publicación: 29 de marzo de
2025.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.


Redilat
Red de Investigadores
Latinoamericanos

NÚMERO

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i2.3696>

Análisis de la eficiencia energética de la vivienda rural gubernamental del municipio de Ahome, Sinaloa

Analysis of the energy efficiency of rural government housing in the municipality of Ahome, Sinaloa

Gilberto Vega¹

Arq.gilvega@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-4292-1531>

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Los Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa
Los Mochis – México

Mireya Alicia Rosas

mrosas@docentes.uat.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6050-4740>

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo
Tampico – México

Evangelina Alejandra Montalvo

eamontalvo@uat.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-4184-0378>

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo
Tampico – México

María Eugenia Molar

mariamolar@uadec.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5357-5893>

Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Arquitectura, Unidad Saltillo
Saltillo – México

Artículo recibido: 15 marzo de 2025. Aceptado para publicación: 29 de marzo de 2025.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

La vivienda rural gubernamental subsidiada es la acción de vivienda que se les otorga a las familias de las localidades rurales en condición de pobreza y hacinamiento, como apoyo 100% subsidiado por parte del gobierno municipal de Ahome en los programas sociales de vivienda. El objetivo del estudio consistió en evaluar las normas de eficiencia energética de la vivienda rural desarrolladas en las políticas públicas de vivienda del municipio de Ahome, Sinaloa, México, denominada vivienda rural gubernamental. La metodología consistió en la caracterización de los modelos de vivienda rural gubernamental en el período del 2010-2020 para determinar si estos cumplen con la NOM-020-ENER-2011. El análisis se realizó mediante la herramienta de cálculo de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, se determinaron dos modelos de vivienda: 1. Muros de block hueco de concreto y losa de concreto armado; 2. Muros de concreto armado y losa de concreto armado. El resultado del estudio indica que la eficiencia energética de los dos modelos de vivienda rural gubernamental no es satisfactoria de acuerdo a la norma. A partir de esta evaluación, se propusieron estrategias de mejora en materiales, orientaciones y protecciones solares. Tras implementar estos cambios, ambos modelos lograron cumplir satisfactoriamente con la NOM-020-ENER-2011. Este estudio se presenta como una propuesta para mejorar el confort térmico de las viviendas rurales, contribuyendo a la

¹ Autor de correspondencia.


reducción del consumo energético y beneficiando a las familias de comunidades rurales. Además, busca orientar políticas públicas y mejorar la adaptación de la vivienda rural al contexto regional, fomentando un desarrollo más sostenible.

Palabras clave: vivienda rural, eficiencia energética, materiales adecuados

Abstract

Subsidized government rural housing is the housing action that is granted to families in rural localities in conditions of poverty and overcrowding, as 100% subsidized support by the municipal government of Ahome in social housing programs. The objective of the study was to evaluate the energy efficiency standards of rural housing developed in the public housing policies of the municipality of Ahome, Sinaloa, Mexico, called rural governmental housing. The methodology consisted of the characterization of rural governmental housing models in the period 2010-2020 to determine if they comply with NOM-020-ENER-2011. The analysis was carried out using the calculation tool of the National Commission for the Efficient Use of Energy, and two housing models were determined: 1. The result of the study indicates that the energy efficiency of the two models of rural government housing is not satisfactory according to the standard. Based on this evaluation, improvement strategies in materials, orientations and solar protection were proposed. After implementing these changes, both models achieved satisfactory compliance with NOM-020-ENER-2011. This study is presented as a proposal to improve the thermal comfort of rural housing, contributing to the reduction of energy consumption and benefiting families in rural communities. In addition, it seeks to guide public policies and improve the adaptation of rural housing to the regional context, promoting a more sustainable development.

Keywords: rural housing, energy efficiency, appropriate materials

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar: Vega, G., Rosas, M. A., Montalvo, E. A., & Molar, M. E. (2025). Análisis de la eficiencia energética de la vivienda rural gubernamental del municipio de Ahome, Sinaloa. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 6 (2), 1253 – 1272.
<https://doi.org/10.56712/latam.v6i2.3696>

INTRODUCCIÓN

La vivienda rural gubernamental subsidiada es la acción de vivienda que se les otorga a las familias de las localidades rurales en condición de pobreza y hacinamiento, como apoyo 100% subsidiado por parte del gobierno municipal de Ahome, en los programas sociales de vivienda.

En el periodo del año 2014 al 2020, se han entregado alrededor de 2900 acciones de vivienda, con una inversión de alrededor de 178 millones de pesos (fuente acceso información ayunta).

En pláticas informales con familias de diferentes localidades rurales del municipio de Ahome, Sinaloa, que fueron beneficiadas con apoyos del programa de vivienda social que se otorgan a través de la dirección de desarrollo social del gobierno municipal de Ahome, comentan que las viviendas que reciben como apoyo del gobierno solo son confortables en su interior durante las horas nocturnas de los meses de noviembre a febrero. Sin el uso de aparatos de enfriamiento y en algunos meses, apoyados con ventiladores, pueden habitar las viviendas; sin embargo, en los meses de verano el calor que se vive en el interior de la vivienda es insoportable para minimizar las altas temperaturas del clima. Los habitantes de comunidades rurales optan por realizar las actividades fuera de la vivienda durante el día y, en ocasiones, hasta por las noches duermen afuera de la vivienda, comprometiendo el descanso. Aquellos que optan por climatizar artificialmente por medio de aires acondicionados se ven seriamente afectados en su economía debido al alto consumo de energía eléctrica de estos aparatos, y el uso de estos aparatos no les garantiza su funcionamiento todos los días que son requeridos, ya que también están condicionados a su buen funcionamiento y al correcto suministro de energía eléctrica de la localidad. Existen algunos casos de familias que optaron por cambiar el uso de estas viviendas a espacios para bodega y regresaron al lugar donde habitaban, ya sea una vivienda endeble o en hacinamiento.

De acuerdo con el Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética de México, publicado por las Naciones Unidas (CEPAL, 2018), la superficie construida derivada del total de viviendas habitadas se incrementó 53.5% entre 2000 y 2015 y alcanzó un total de 2,396.3 millones de m² en 2015. El tamaño promedio por vivienda habitada ha disminuido ligeramente en 15 años; el consumo de energía de los equipos usados en estas viviendas para confort térmico se ha incrementado, tanto para enfriamiento como para calefacción de las viviendas, y el consumo energético para aire acondicionado por metro cuadrado construido en las viviendas habitadas se incrementó 33.4% entre 2000 y 2015. El uso del aire acondicionado está en crecimiento constante en los hogares mexicanos. En 1996, se utilizaban 1.9 millones de equipos de aire acondicionado en el 7.4% de los hogares mexicanos; en 2015 se registraron 7.1 millones de equipos instalados y distribuidos en el 14.3% de los hogares. La tasa de saturación de este equipo casi se duplicó en los últimos 20 años, mientras que el número de equipos por hogar pasó de 1.3 a 1.5 en el mismo período (CEPAL, 2018). Un elemento central que determina la cantidad de energía para confort térmico es la envolvente de la vivienda, es decir, el diseño y los materiales que componen muros, techos, ventanas y puertas (CEPAL, 2018). Una vivienda bien diseñada en orientación y con los elementos de envolvente adecuados puede tener mucho menores ganancias de calor y, por lo mismo, facturaciones eléctricas significativamente menores a lo largo de la vida útil de las construcciones (CEPAL, 2018). De acuerdo con Hernández et al. (2023), actualmente la eficiencia energética es el principal problema a resolver en la vivienda, debido a que la climatización interior es el factor que representa el mayor consumo de energía en el mundo.

En México se han generado normas oficiales de eficiencia energética en el sector residencial e industrial; empero, la aplicación de la normatividad no ha sido posible principalmente en el sector residencial debido a que los municipios no solicitan como requisito la aplicación de la normativa en cuestión (Alpuche, 2022).

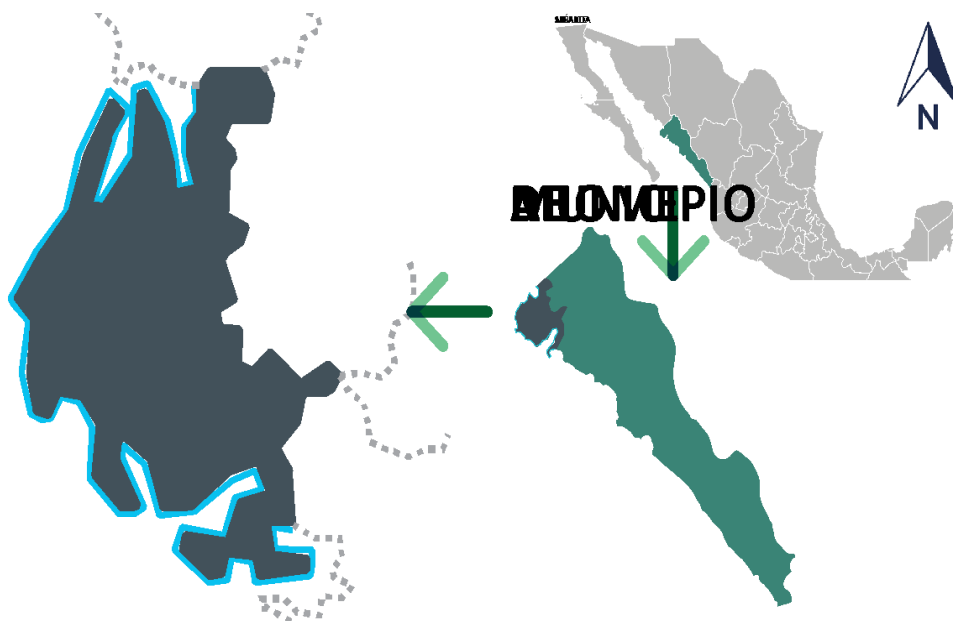
La implementación de normas de eficiencia energética para la envolvente de la vivienda NOM-020-ENER-2011 es indispensable para generar condiciones de confort térmico con un menor consumo de energía (Romero et al., 2020).

La NOM-020-ENER-2011 (NOM-020) es una norma mexicana de cumplimiento obligatorio que define las transferencias de calor aceptables para muros y techos en viviendas; es de carácter obligatorio; sin embargo, por diversas razones no se aplica en la construcción de las viviendas (Domínguez et al., 2018; Rodríguez, 2018; Martín-Domínguez et al., 2018, citados en Galindo, 2024). La CONUEE cuenta con una NOM-ENER de envolvente de edificios para uso residencial desde 2011, que incluye, de manera integral, techo, muros, ventanas y puertas. Sin embargo, su aplicación ha encontrado fuerte resistencia de desarrolladores de vivienda por el costo adicional en la construcción (CEPAL, 2018).

El municipio de Ahome se encuentra en la parte norte del estado de Sinaloa, con una superficie de 4,003.079 km²; está conformado por 339 localidades, 1 localidad urbana bien definida, 4 localidades con más de 5,000 habitantes, con un desarrollo de infraestructura rural-urbana, y el resto de las localidades (334) son de menor cantidad de habitantes y se encuentran en un ámbito rural. Cuenta con un clima cálido-seco.

Figura 1

Localización del municipio de Ahome, Sinaloa



Respecto al uso de suelo y vegetación, el 48.87% corresponde a la agricultura, el 2.45% es acuícola, el 26.24% a vegetación de matorral, manglar, vegetación de dunas costeras, pastizal y bosque, el 14.76% corresponde a cuerpos de agua, el 5.7% a NA y el 1.98% a zona urbana.

Se encuentra en un valle agrícola importante de la región; casi la mitad de su uso de suelo está destinado a la actividad primaria de la agricultura y solo el 1.98% a localidades urbanas, el resto es apto para el desarrollo de la ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza, actividades que se llevan a cabo en un ámbito rural, motivo de la existencia de un gran número de pequeñas localidades rurales dispersas en todo el municipio.

Objetivo de la investigación

El objetivo de la investigación consistió en determinar si los materiales utilizados en muros y losas de la vivienda rural desarrollada en las políticas públicas de vivienda del municipio de Ahome, denominada vivienda rural gubernamental, cumplen con la NOM-020-ENER-2011 y realizar propuestas de sistemas constructivos alternativos para mejorar su eficiencia energética.

METODOLOGÍA

Para evaluar la eficiencia energética y determinar si los modelos de acción de vivienda rural gubernamental entregados por las políticas públicas del municipio de Ahome cumplen con la norma NOM-020-ENER-2011, se realizó un análisis mediante la herramienta de cálculo de la NOM-020 de SENER-CONUEE, posteriormente a este modelo arquitectónico se realizaron propuestas en los sistemas constructivos de muros y losas para evaluarlos y determinar si generan mejora en el porcentaje de ahorro de energía en dichas propuestas, las evaluaciones se realizaron a los siguientes tipos de modelos:

Modelos A

Conformados por:

Modelo arquitectónico gubernamental actual (MAG-A).

Sistema constructivo actual (SC-A), en muros y losa.

Modelos B

Conformados por:

Modelo arquitectónico gubernamental actual (MAG-A).

Sistemas constructivos actuales (SC-A) en muros.

Sistema constructivo convencional propuesto (SC-C) en losa.

Modelos C

Conformados por:

Modelo arquitectónico gubernamental actual (MAG-A).

Sistema constructivo actual (SC-A) en losa

Sistemas constructivos convencionales propuesto (SC-C) o alternativo propuesto (SC-T) en muros.

Modelos D

Conformados por:

Modelo arquitectónico gubernamental actual (MAG-A).

Sistemas constructivos convencionales propuesto (SC-C) y alternativo propuesto (SC-T) en muros.

Sistema constructivo convencional propuesto (SC-C) en losa.

Modelos E

Conformados por:

Modelo arquitectónico gubernamental actual con protección solar en ventana (MAG-AP).

Sistema constructivo actual (SC-A), en muros y losa.

Modelos F

Conformados por:

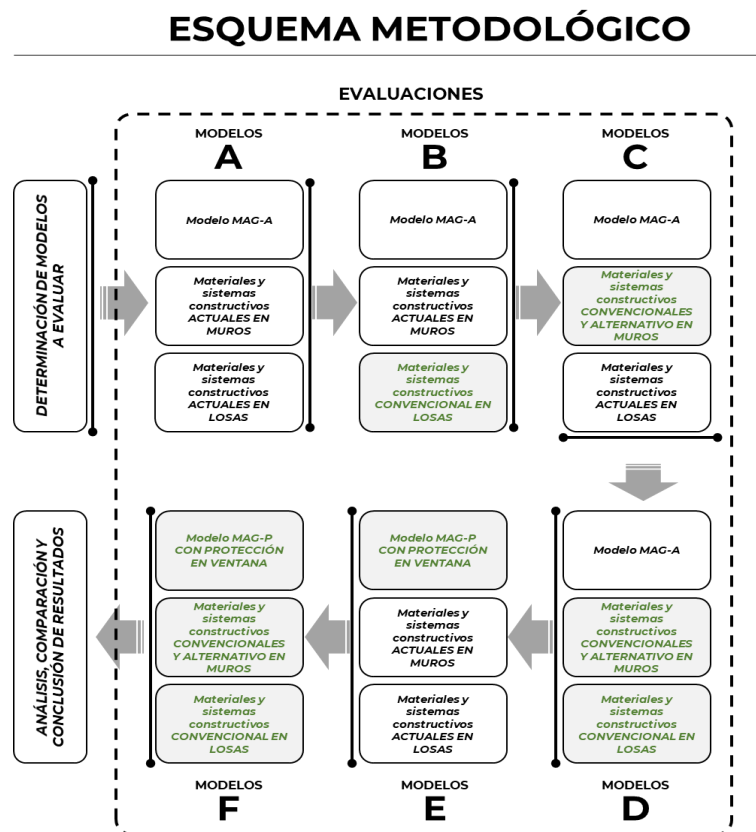
Modelo arquitectónico gubernamental actual con protección solar en ventana (MAG-AP).

Sistemas constructivos convencionales propuesto (SC-C) y alternativo propuesto (SC-T) en muros.

Sistema constructivo convencional propuesto (SC-C) en losa.

Figura 2

Esquema metodológico para la evaluación del modelo de acción de vivienda rural gubernamental y los diferentes modelos resultantes de la modificación de materiales y sistemas constructivos propuestos



Para la determinación de los modelos a evaluar se realizó en base a la información solicitada a través de la oficina de acceso a la información del H. Ayuntamiento de Ahome, donde se determinó que existen 2 modelos diferentes de acciones de vivienda rural gubernamental (MA-GA-01 y MA-GA-02) que se han entregado como apoyos en el periodo indicado, los dos modelos utilizan el mismo modelo

arquitectónico gubernamental MAG-A (figura1), la diferencia entre estos modelos son los diferentes sistemas constructivos en su envoltente (tabla 1, figura 2 y figura 3)

Figura 3

Modelo arquitectónico gubernamental MAG

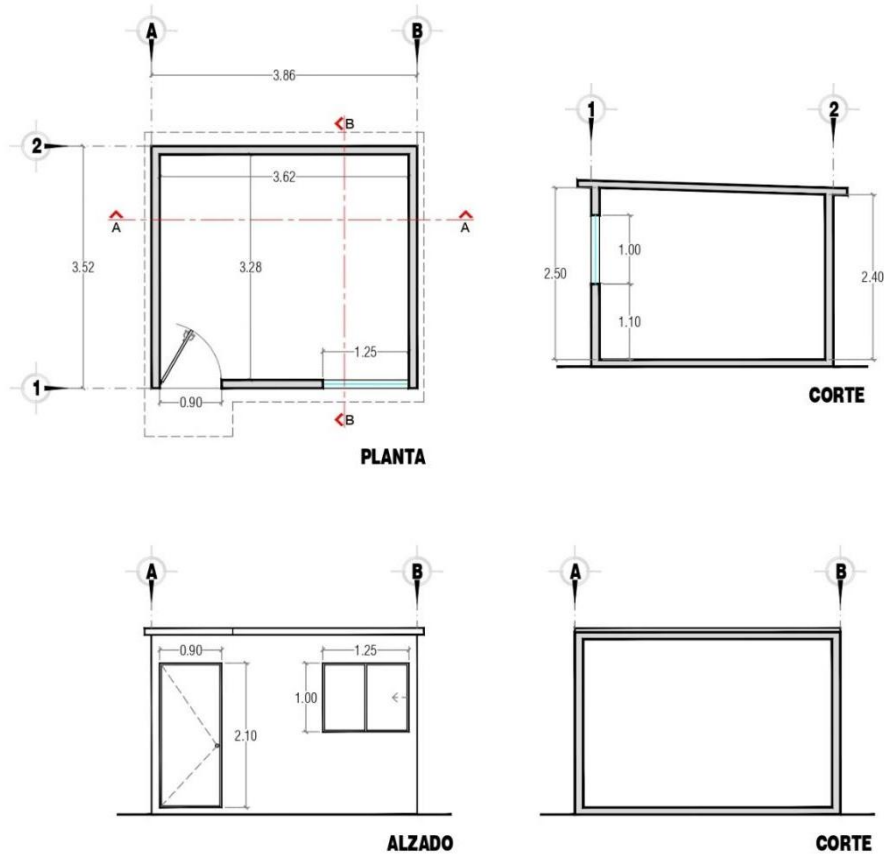


Figura 4

Modelo MA-GA-01, modelo arquitectónico gubernamental MAG y sistema constructivo en muros de block hueco de concreto y losa de concreto armado



Figura 5

Modelo MA-GA-02, modelo arquitectónico gubernamental MAG y sistema constructivo en muros y losa de concreto armado



La conformación de los modelos A, están constituidos con el modelo arquitectónico gubernamental actual MAG-A, con los 2 sistemas constructivos actuales SC-A en muros y losas (TABLA 1)

Tabla 1

Modelos MAG-A con sistemas constructivos actuales SC-A

Modelos A	Sistema Constructivo			
	Muro		Losa	
	Material	Espesor	Material	Espesor
MA-GA-01	Block hueco de concreto (Block)	0.10m	Concreto armado solido (Concreto)	0.10m
MA-GA-02	Concreto armado solido (Concreto)	0.10m	Concreto armado solido (Concreto)	0.10m

Los modelos B, están constituidos con el modelo arquitectónico gubernamental actual MAG-A, con los 2 sistemas constructivos actuales SC-A en muros y la propuesta de cambio en losa por el sistema constructivo convencional SC-C de vigueta y bovedilla. (tabla 2).

Tabla 2

Modelos MAG-A con propuestas de cambios de materiales y sistemas constructivos en LOSA

Modelos B	Sistema Constructivo			
	Muro		Losa	
	Material	Espesor	Material	Espesor
MB-GA-01	Block hueco de concreto (Block)	0.12m	Vigueta y Bovedilla (V y B)	0.15m
MB-GA-02	Concreto armado solido (Concreto)	0.12m	Vigueta y Bovedilla (V y B)	0.15m

Los modelos C, tienen como base el modelo arquitectónico gubernamental actual MAG-A y el sistema constructivo actual SC-A en losa, reemplazando el sistema constructivo en muros con sistemas constructivos convencionales SC-C de la región, como lo son el tabique macizo de barro cocido de 14cms y tabique de jal de 14cms y el sistema constructivo alternativo SC-T. (tabla 3).

Tabla 3

Modelos MAG-A con propuestas de cambios de materiales y sistemas constructivos en MUROS

Modelos C	Sistema Constructivo			
	Muro		Losa	
	Material	Espesor	Material	Espesor
MC-GA-03	Tabique rojo cocido (Ladrillo)	0.14m	Concreto armado solido (Concreto)	0.10m
MC-GA-04	Bloque de jal (Jal)	0.14m	Concreto armado solido (Concreto)	0.10m
MC-GA-05	Bloque de tierra comprimida (BTC)	0.20m	Concreto armado solido (Concreto)	0.10m

La conformación de los modelos D, utilizan como base el modelo arquitectónico gubernamental actual MAG-A, el sistema constructivo convencional SC-C de vigueta y bovedilla en losa, así como el sistema constructivo convencionales SC-C en muros como lo son el tabique macizo de barro cocido de 14cms y tabique de jal de 14cms y el sistema constructivo alternativo SC-T de bloque de tierra comprimida BTC. (tabla 4).

Tabla 4

Modelos MAG-A con propuestas de cambios de materiales y sistemas constructivos en MUROS y LOSAS

Modelos D	Sistema Constructivo			
	Muro		Losa	
	Material	Espesor	Material	Espesor
MD-GA-06	Tabique rojo cocido (Ladrillo)	0.14m	Vigueta y Bovedilla (V y B)	0.15m
MD-GA-07	Bloque de jal (Jal)	0.14m	Vigueta y Bovedilla (V y B)	0.15m
MD-GA-08	Bloque de tierra comprimida (BTC)	0.20m	Vigueta y Bovedilla (V y B)	0.15m

En los modelos E, se utiliza como base el modelo arquitectónico gubernamental actual con inclusión de alero para provocar sombra total en la ventana MAG-AP, dejando los 2 sistemas constructivos actuales SC-A en muros y losas. (tabla 5).

Tabla 5

Modelos MAG-AP con sistemas constructivos actuales SC-A

Modelos E	Sistema Constructivo			
	Muro		Losas	
	Material	Espesor	Material	Espesor
ME-GAP-01	Block hueco de concreto (Block)	0.10m	Concreto armado solido (Concreto)	0.10m
ME-GAP-02	Concreto armado solido (Concreto)	0.10m	Concreto armado solido (Concreto)	0.10m

La base de los modelos F es el modelo arquitectónico gubernamental actual con inclusión de alero para provocar sombra total en la ventana MAG-AP, con las propuestas de cambio de sistemas constructivos convencionales y alternativos propuestos en muros y losas. (tabla 6).

Tabla 6

Modelos MAG-AP con propuestas de cambio de sistemas constructivos en MUROS y LOSAS

Modelos D	Sistema Constructivo			
	Muro		Losas	
	Material	Espesor	Material	Espesor
MF-GAP-01	Block hueco de concreto (Block)	0.12m	Vigueta y Bovedilla (V y B)	0.15m
MF-GAP-02	Concreto armado solido (Concreto)	0.12m	Vigueta y Bovedilla (V y B)	0.15m
MF-GAP-03	Tabique rojo cocido (Ladrillo)	0.14m	Concreto armado solido (Concreto)	0.10m
MF-GAP-04	Bloque de jal (Jal)	0.14m	Concreto armado solido (Concreto)	0.10m
MF-GAP-05	Bloque de tierra comprimida (BTC)	0.20m	Concreto armado solido (Concreto)	0.10m
MF-GAP-06	Tabique rojo cocido (Ladrillo)	0.14m	Vigueta y Bovedilla (V y B)	0.15m
MF-GAP-07	Bloque de jal (Jal)	0.14m	Vigueta y Bovedilla (V y B)	0.15m
MF-GAP-08	Bloque de tierra comprimida (BTC)	0.20m	Vigueta y Bovedilla (V y B)	0.15m

El análisis de la eficiencia energética de las diferentes propuestas de modelos a evaluar para determinar si cumplen con la NOM-020-ENER-2011 los modelos arquitectónicos (MAG) de las acciones de vivienda rural gubernamental del municipio de Ahome entregados en el periodo de estudio, se realizaron a través de la herramienta de cálculo NOM-020 de SENER-CONUEE. (Figura 6).

Figura 6

Herramienta de cálculo NOM-020 de SENER-CONUEE



Fuente: (<https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/herramienta-calculo-nom-020-ener-2001>).

En la herramienta de cálculo NOM-020, en el apartado de la envolvente muros, no se encuentra habilitado el sistema constructivo tabique rojo cocido de 14cms, block de jal de 14cms y el bloque de tierra comprimida (BTC), por lo que se agregaron estos sistemas constructivos en dicha herramienta con los datos de la conductividad térmica determinada en investigaciones similares. (Figura 7 y Tabla 7)

Figura 7

Ventana para habilitar un nuevo sistema constructivo homogéneo en la herramienta de cálculo NOM-020

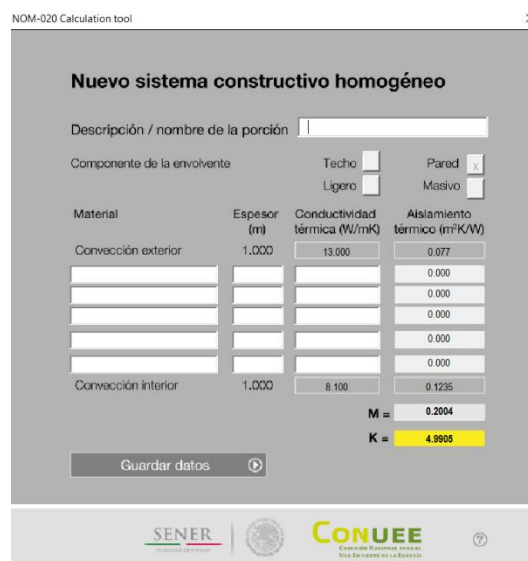


Tabla 7

Nuevos sistemas constructivos agregados a la herramienta de cálculo NOM-020

Sistema constructivo	Espesor	Conductividad térmica
Tabique rojo cocido	0.14m	0.872
Block de jal	0.14m	0.46
Bloque de tierra comprimido (BTC)	0.20m	0.81

Posteriormente, se determinó la orientación más crítica para la ubicación de la ciudad de Los Mochis, municipio de Ahome, Sinaloa, debido a que la evaluación de los modelos resultantes solo se analizó en la orientación más favorable y desfavorable para esta zona. Para ello se realizó la simulación de los modelos de acción de vivienda rural gubernamental que se han entregado en el periodo de estudio MA-GA-01 y MA-GA-02 en la herramienta de cálculo NOM-020 de las orientaciones norte, sur, este y oeste, obteniendo en los resultados que en los dos prototipos evaluados la orientación más favorable es la norte y la desfavorable es la oeste, basados en el porcentaje de ahorro de energía que presentaron los resultados.

Tabla 8

Resultados de la herramienta de cálculo NOM-020 para determinar las orientaciones a analizar

Modelo	Orientación	Ganancia total (w)		Ahorro de energía (%)
		Edificio de referencia	Edificio proyectado	
AVR-G-01	Norte	1010.45	2131.98	-111.0
AVR-G-01	Sur	1010.45	2131.98	-111.0
AVR-G-01	Este	1022.86	2242.13	-119.2
AVR-G-01	Oeste	948.77	2237.14	-135.8
AVR-G-02	Norte	1010.45	2340.29	-131.6
AVR-G-02	Sur	1010.45	2421.86	-139.7
AVR-G-02	Este	1022.86	2446.15	-139.1
AVR-G-02	Oeste	948.77	2439.22	-157.1

Una vez determinados los diferentes modelos, se realizó la evaluación de cada uno de ellos a través de la herramienta de cálculo NOM-020 de SENER-CONUEE, considerando para el cálculo la ubicación de la ciudad de Los Mochis, municipio de Ahome, Sinaloa, las propuestas de cambios de materiales y sistemas constructivos definidos, sombreado y cambio de cristal en ventanas, así como las orientaciones norte y oeste.

RESULTADOS

Los resultados de la Evaluación A, realizada en la herramienta de cálculo NOM-020 para el modelo arquitectónico gubernamental actual (MAG-A), con los 2 sistemas constructivos actuales (SC-A) en muros y losas son los siguientes:

Tabla 9

Resultados de los modelos MAG-A entregados en las acciones de vivienda rural gubernamental en el municipio de Ahome en el periodo de estudio

Modelos A	Sistema constructivo				Ganancia total (w)		Ahorro de energía (%)	Cumple	
	Muros	e (M)	Losas	e (M)	Edificio referencia	Edificio proyectado		SI	NO
Orientación norte									
MA-GA-01	Block hueco	0.12	Concreto	0.10	1010.45	2131.98	-110.0		X
MA-GA-02	Concreto	0.12	Concreto	0.10	1010.45	2340.29	-131.6		X
Orientación oeste									
MA-GA-01	Block hueco	0.12	Concreto	0.10	1054.51	2265.83	-114.9		X
MA-GA-02	Concreto	0.12	Concreto	0.10	1054.51	2473.72	-134.6		X

El análisis de los modelos MA-GA-01 y MA-GA-02 arrojan resultados no favorables de acuerdo con la NOM-020-ENER-2011, tanto en la orientación norte y oeste, siendo el modelo MA-GA-01 el más desfavorable, que es el construido con muro y losa de concreto armado.

Los resultados de la Evaluación B, del modelo arquitectónico gubernamental actual (MAG-A), con los 2 sistemas constructivos actuales (SC-A) en muros y la propuesta de cambio en losa por el sistema constructivo convencional (SC-C) de vigueta y bovedilla son:

Tabla 10

Resultados de los modelos MAG con propuestas de cambios de materiales y sistemas constructivos en losa

Modelos B	Sistema constructivo				Ganancia total (w)		Ahorro de energía (%)	Cumple	
	Muros	e (M)	Losas	e (M)	Edificio referencia	Edificio proyectado		SI	NO
Orientación norte									
MB-GA-01	Block	0.12	V y B	0.15	1010.45	1249.04	-23.6		X
MB-GA-02	Concreto	0.12	V y B	0.15	1010.45	1457.35	-44.2		X
Orientación oeste									
MB-GA-01	Block	0.12	V y B	0.15	1054.51	1382.88	-31.1		X
MB-GA-02	Concreto	0.12	V y B	0.15	1054.51	1590.78	-50.9		X

En los modelos MB-GA-01 y MB-GA-02 con los cambios de losa de concreto de 10cms de espesor por losa de vigueta y bovedilla indican que los dos modelos continúan sin cumplir con la NOM-020-ENER-2011, tanto en la orientación norte y oeste.

Los resultados de la Evaluación C, del modelo arquitectónico gubernamental actual (MAG-A), con propuestas de cambio de sistemas constructivos convencionales (SC-C) y alternativo (SC-T) en muros y el sistema constructivo actual (SC-A) en losa son:

Tabla 11

Resultados de los modelos MAG con propuestas de cambios de materiales y sistemas constructivos en muros

Modelos C	Sistema constructivo				Ganancia total (w)		Ahorro de energía (%)	Cumple	
	Muros	e (M)	Losa	e (M)	Edificio referencia	Edificio proyectado		SI	NO
Orientación norte									
MC-GA-03	Ladrillo	0.14	Concreto	0.10	1010.45	2056.11	-103.5		X
MC-GA-04	Jal	0.14	Concreto	1.10	1010.45	1785.05	-76.7		X
MC-GA-05	BTC	0.20	Concreto	0.10	1010.45	1872.42	-85.3		X
Orientación oeste									
MC-GA-03	Ladrillo	0.14	Concreto	0.10	1054.51	2190.12	-107.7		X
MC-GA-04	Jal	0.14	Concreto	1.10	1054.51	1919.61	-82.0		X
MC-GA-05	BTC	0.20	Concreto	0.10	1054.51	2006.80	-90.3		X

En el modelo MC-GA-03 donde se realizó solo el cambio en muros con un sistema constructivo convencional (SC-C) como tabique rojo cocido de 14 cm de espesor y dejando el sistema constructivo actual (SC-A) de concreto armado de 10 cm de espesor en losa, no fue suficiente para cumplir con la norma, y adicionando cambio de orientación a la más favorable como es la norte, también el resultado fue el incumplimiento de la norma.

En el modelo MC-GA-04 donde se realizó solo el cambio en muros con un sistema constructivo convencional (SC-C) como block de jal de 14 cm de espesor y dejando el sistema constructivo actual (SC-A) de concreto armado de 10 cm de espesor en losa, no fue suficiente para cumplir con la norma, y adicionando cambio de orientación a norte, también el resultado fue el incumplimiento de la norma.

En el modelo MC-GA-05 donde se realizó solo el cambio en muros con un sistema constructivo convencional (SC-C) como el bloque BTC de 20 cm de espesor y dejando el sistema constructivo actual (SC-A) de concreto armado de 10 cm de espesor en losa, no fue suficiente para cumplir con la norma, y adicionando cambio de orientación a norte, también el resultado fue el incumplimiento de la norma.

Los resultados de la Evaluación D, del modelo arquitectónico gubernamental actual (MAG-A), con las propuestas de cambio de materiales y sistemas constructivos en los muros y losas de la envolvente son:

Tabla 12

Resultados de los modelos MAG-A con propuestas de cambios de materiales y sistemas constructivos en muros y losas

Resultados de la herramienta de cálculo NOM-020									
Modelos D	Sistema constructivo				Ganancia total (w)		Ahorro de energía (%)	Cumple	
	Muros	e (M)	Losa	e (M)	Edificio referencia	Edificio proyectado		SI	NO
Orientación norte									
MD-GA-06	Tabique	0.14	V y B		1010.45	1173.16	-16.1		X
MD-GA-07	Jal	0.14	V y B		1010.45	902.10	10.7	X	
MD-GA-08	BTC	0.20	V y B		1010.45	989.45	2.1	X	
Orientación oeste									
MD-GA-06	Tabique	0.14	V y B	0.15	1054.51	1307.17	-24.0		X

MD-GA-07	Jal	0.14	V y B	0.15	1054.51	1036.66	1.7	X	
MD-GA-08	BTC	0.20	V y B	0.15	1054.51	1123.85	-6.6		X

En el modelo MD-GA-06 se realizó el cambio en muros con un sistema constructivo convencional (SC-C) como tabique rojo cocido de 14 cm de espesor, se le agrego el cambio de losa con un sistema constructivo convencional (SC-C) de vigueta y bovedilla y adicionando cambio de orientación a la más favorable como es la norte, también el resultado sigue siendo insatisfactorio.

En el modelo MD-GA-07 se realizó el cambio en muros con un sistema constructivo convencional (SC-C) como block de jal de 14 cm de espesor, se le agrego el cambio de losa con un sistema constructivo convencional (SC-C) de vigueta y bovedilla y cumple satisfactoriamente con la norma en las dos orientaciones principales para el estudio, norte y oeste.

En el modelo MD-GA-08 se realizó el cambio en muros con un sistema constructivo convencional (SC-C) como el bloque BTC de 20 cm de espesor, se le agrego el cambio de losa con un sistema constructivo convencional (SC-C) de vigueta y bovedilla, cumple satisfactoriamente con la norma en la orientación norte y al oeste el resultado sigue siendo insatisfactorio.

Los resultados de la Evaluación E, del modelo arquitectónico gubernamental actual con protección solar (MAG-AP) con los 2 sistemas constructivos actuales (SC-A) en muros y losas, agregando sombras en la ventana son:

Tabla 13

Resultados de los modelos MAG-AP

Resultados de la herramienta de cálculo NOM-020									
Modelos E	Sistema constructivo				Ganancia total (w)		Ahorro de energía (%)	Cumple	
	Muros	e (M)	Losa	e (M)	Edificio referencia	Edificio proyectado		SI	NO
Orientación norte									
MA-GA-01	Block	0.12	Concreto	0.10	1010.45	2108.95	-108.7		X
MA-GA-02	Concreto	0.12	Concreto	0.10	1010.45	2317.27	-129.3		x
Orientación oeste									
MA-GA-01	Block	0.12	Concreto	0.10	1054.51	2189.10	-107.6		X
MA-GA-02	Concreto	0.12	Concreto	0.10	1054.51	2396.99	-127.3		X

En los modelos MA-GA-01 y MA-GA-02, con los 2 sistemas constructivos actuales en muros y losas se le agrego al modelo arquitectónico MAG el sombreado total en ventana por medio de aleros, continuando el resultado insatisfactorio en el cumplimiento de la norma en las orientaciones norte y oeste.

Los resultados de la Evaluación F, del modelo arquitectónico gubernamental actual con protección solar (MAG-AP) con las propuestas de cambio de sistemas constructivos en muros y losas de la envolvente, agregando sombras en la ventana son:

Tabla 14

Resultados de los modelos MAG con propuestas de cambios de materiales y sistemas constructivos en muros y losas, así como sombras en ventanas

Resultados de la herramienta de cálculo NOM-020									
Modelos F	Sistema constructivo				Ganancia total (w)		Ahorro de energía (%)	Cumple	
	Muros	e (M)	Losas	e (M)	Edificio referencia	Edificio proyectado		SI	NO
Orientación norte									
MF-GA-01	Block	0.12	V y B	0.15	1010.45	1226.00	-21.3		X
MF-GA-02	Concreto	0.12	V y B	0.15	1010.45	1434.32	-41.9		X
MF-GA-03	Ladrillo	0.14	Concreto	0.10	1010.45	2033.09	-101.2		X
MF-GA-04	Jal	0.14	Concreto	0.10	1010.45	1762.03	-74.4		X
MF-GA-05	BTC	0.20	Concreto	0.10	1010.45	1849.40	-83.0		X
MF-GA-06	Ladrillo	0.14	V y B	0.15	1010.45	1150.14	-13.8		X
MF-GA-07	Jal	0.14	V y B	0.15	1010.45	879.08	13.0	X	
MF-GA-08	BTC	0.20	V y B	0.15	1010.45	966.44	4.4	X	
Orientación oeste									
MF-GA-01	Block	0.12	V y B	0.15	1054.51	1306.15	-23.9		X
MF-GA-02	Concreto	0.12	V y B	0.15	1054.51	1514.04	-43.6		X
MF-GA-03	Ladrillo	0.14	Concreto	0.10	1054.51	2113.39	-100.4		X
MF-GA-04	Jal	0.14	Concreto	0.10	1054.51	1842.88	-74.8		X
MF-GA-05	BTC	0.20	Concreto	0.10	1054.51	1930.07	-83.0		X
MF-GA-06	Ladrillo	0.14	V y B	0.15	1054.51	1230.44	-16.7		X
MF-GA-07	Jal	0.14	V y B	0.15	1054.51	959.93	9.00	X	
MF-GA-08	BTC	0.20	V y B	0.15	1054.51	1047.12	0.7	X	

En los modelos MF-GA-01, MF-GA-02, MF-GA-03, MF-GA-04, MF-GA-05 y MF-GA-06 con los cambios realizados en los sistemas constructivos en muros y losas, se le agrego al modelo arquitectónico MAG el sombreado total en ventana por medio de aleros, resultando insatisfactorio el cumplimiento de la norma en las orientaciones norte y oeste.

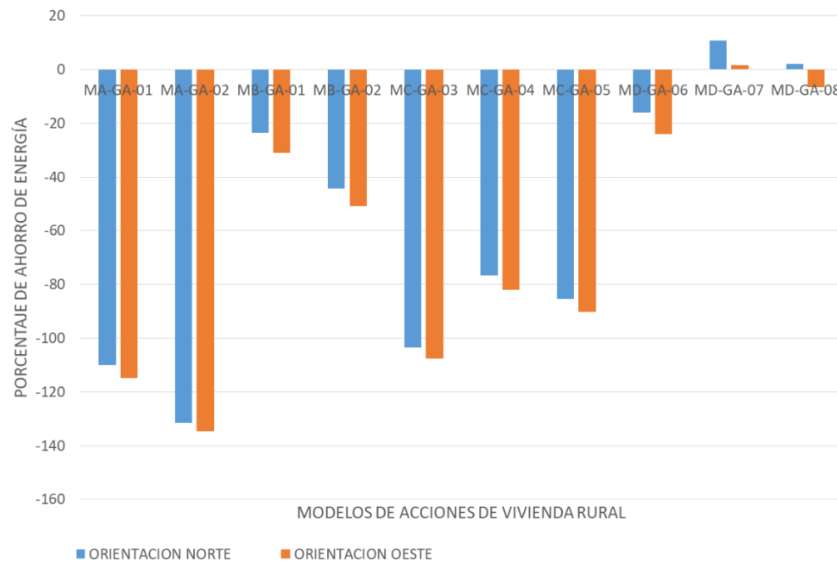
El modelo MF-GA-08, con los cambios realizados en los sistemas constructivos en muros y losas, donde no cumplía con la norma en la orientación oeste y si la cumplía en la orientación norte, se le agregó al modelo arquitectónico MAG el sombreado total en ventana por medio de aleros, resultando satisfactorio el cumplimiento de la norma en las orientaciones norte y oeste.

En el modelo MF-GA-07 donde se realizó el cambio en muros con un sistema alternativo como el block de jal de 14 cm de espesor y en la losa con un sistema convencional de vigueta y bovedilla, fue suficiente para cumplir con la norma en las dos orientaciones analizadas y adicionando sombra en ventana, este modelo mejoró el porcentaje de ahorro de energía.

Gráfico 1

Porcentaje de ahorro de energía en el modelo arquitectónico gubernamental actual (MAG-A) con las variantes de sistemas constructivos

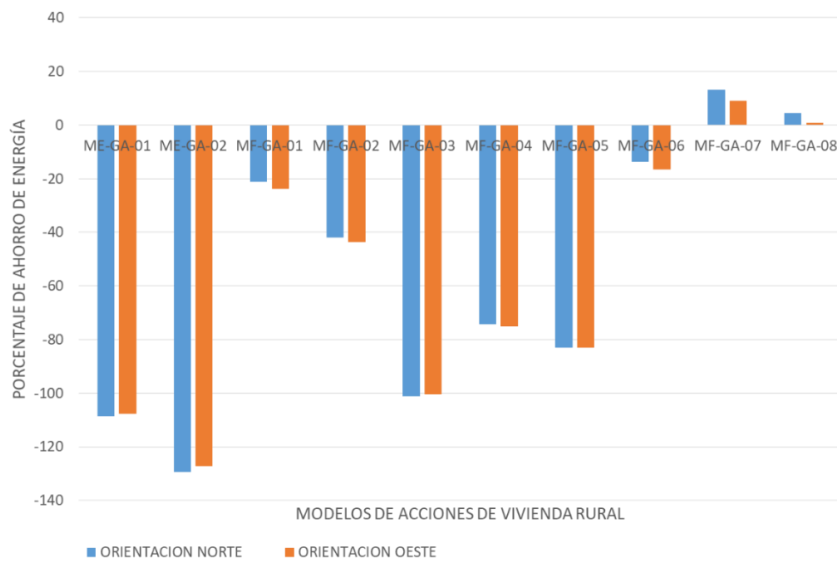
Gráfico 2



Porcentaje de ahorro de energía en el modelo arquitectónico gubernamental actual modificado con alero en ventana (MAG-AP) y las variantes de sistemas constructivos

CONCLUSIÓN

Los resultados del estudio demuestran que en los modelos arquitectónicos actuales MAG-A, entregados en el periodo de estudio como apoyos de acciones de vivienda rural gubernamental en las



políticas públicas del municipio, los sistemas constructivos utilizados en los modelos MA-GA-01 y MA-GA-02, en cualquier orientación (norte, sur, este y oeste), no cumplen satisfactoriamente con la norma NOM-020-ENER-2011 de aplicación obligatoria para la envolvente de edificios residenciales. El primer modelo, que está constituido en la envolvente por muros de block hueco de concreto y losa de concreto armado, presenta un porcentaje de ahorro de energía negativo de -110.0% en la orientación norte y -114.9% en la orientación oeste. En el segundo modelo, constituido por muros y losa de concreto armado, se arrojan los porcentajes de -131.6% en la orientación norte y -134.6% en la orientación oeste, siendo el modelo MA-GA-01 el que obtiene el mejor resultado.

Los modelos arquitectónicos actuales MAG-A, con el cambio de losa de concreto armado por vigueta y bovedilla, al modificar los sistemas constructivos actuales, dan como resultado los modelos MB-GA-01 y MB-GA-02. Se comprueba que existe una mejora en los resultados, pero todavía con un porcentaje negativo de ahorro. En la orientación más desfavorable, como la oeste, en el primer modelo existe una reducción de -114.9% a -31.1%, y en el segundo, de -134.6% a -50.9%. Sin embargo, no es suficiente para cumplir con la norma, lo que nos indica que es necesario aplicar otras propuestas que permitan incrementar el porcentaje de ahorro.

En los modelos arquitectónicos actuales MAG-A se realizaron modificaciones de los sistemas constructivos, cambiando los muros de block hueco de concreto y concreto armado por propuestas en muros de sistemas constructivos convencionales utilizados en el municipio, como el tabique rojo cocido y block de jal, y con el sistema constructivo alternativo propuesto de bloque BTC, dejando en la losa el sistema utilizado actualmente, que es el de concreto armado. Esto nos da como resultado los modelos MC-GA-03, MC-GA-04 y MC-GA-05, que arrojan resultados negativos en porcentaje, al igual que los anteriores modelos. Los porcentajes en la orientación oeste son -107.7%, -82.0% y -90.3% sucesivamente, comparados con el mejor modelo de acción de vivienda actual entregado en el periodo de estudio (MA-GA-01) de -114.9%. Estos cambios de sistemas, solo en muros, también generan una mejora en el porcentaje, pero en menor medida que la propuesta de cambio solo en la losa.

Con la combinación de propuestas de cambio de sistemas constructivos, tanto en muros como en losas, en los modelos arquitectónicos actuales MAG-A, se generaron los modelos MD-GA-06, MD-GA-07 y MD-GA-08, con sistemas constructivos convencionales en muros de la envolvente utilizados en el municipio de Ahome, como lo son el tabique rojo cocido y el block de jal, así como también la propuesta de sistema constructivo alternativo como el bloque de BTC para los muros. En todos los modelos se utilizará el sistema constructivo de vigueta y bovedilla en la losa de la envolvente, obteniendo mejores resultados. En los sistemas de muros con block de jal y bloque de BTC ya se obtienen porcentajes positivos en la orientación norte, y el de block de jal también obtiene resultado positivo en la orientación oeste, cumpliendo con la norma para estos modelos.

Se demuestra que solo en los modelos MD-GA-07, a base de block de jal y vigueta y bovedilla, y el modelo MD-GA-08, a base de bloque BTC y vigueta y bovedilla, cumplen con la norma en la orientación norte y solo el modelo MD-GA-07 también la cumple en la orientación oeste.

Al modificar el modelo arquitectónico actual MAG-A, colocándole aleros para provocar el sombreado total en la ventana y manteniendo las propuestas anteriores de modificación de sistema constructivo en muros y losas de la envolvente, se generaron los modelos ME-GA-01, ME-GA-02, MF-GA-01, MF-GA-02, MF-GA-03, MF-GA-04, MF-GA-05, MF-GA-06, MF-GA-07 y MF-GA-08, donde solo dos modelos tuvieron resultados positivos en las dos orientaciones, norte y oeste. Los modelos son los que utilizan el sistema de block de jal y vigueta y bovedilla, y el sistema de bloque de BTC y vigueta y bovedilla.

En el resto de los modelos (ME-GA-01, ME-GA-02, MF-GA-01, MF-GA-02, MF-GA-03, MF-GA-04, MF-GA-05 y MF-GA-06), se demuestra que, al analizarlos, además de aplicar la sombra en ventanas, en

cualquier orientación no cumplen con la norma, por lo que para estos materiales y sistemas constructivos es necesario complementar con otras acciones.

Esto demuestra que no es suficiente la utilización de materiales y sistemas constructivos de conductividad térmica baja en muros. Es necesario, por lo menos, utilizarlos en losas y sombrear las áreas de ventanas para lograr cumplir con la norma de eficiencia energética.

REFERENCIAS

Alpuche Cruz, M. G. (2022). Experiencia docente en el área de la eficiencia energética de edificaciones-casos de estudio en Sonora, México. *Entrópico* 2022, 0. <https://doi.org/10.33413/eau.2022.224>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), (2018). Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México, Publicación de las Naciones Unidas, Impreso en Naciones Unidas, Ciudad de México 2018-012 S.18-00496. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/361298d9-554f-42d0-83b4-d38bb03dae88/content>

Domínguez, IR; Rodríguez-Muñoz, NA; Romero-Pérez, CK; Nájera-Trejo, M.; Ortega-Ávila, N. Análisis de los supuestos metodológicos de la NOM-020-ENER-2011—Norma Mexicana de Edificaciones Residenciales. *Entornos* 2018 , 5 , 118.

Galindo-Borbón, C., Borbón-Almada, A., Ochoa-de-la-Torre, J. M. ., & Marincic-Lovriha, I. . (2024). Análisis costo-beneficio de estrategias para eficiencia energética en vivienda, aplicando la normatividad vigente en el Noroeste de México. *Hábitat Sustentable*, 14(2), 32–47. <https://doi.org/10.22320/07190700.2024.14.02.03>

Hernández Chavela, Martin, Ceja Soto, Flavio Roberto, & Marroquín de Jesús, Ángel. (2023). EL TAPANCO EN VIVIENDAS VERNÁCULAS DE QUERÉTARO, MÉXICO. USO Y EFICIENCIA HIGROTÉRMICA. *Revista hábitat sustentable*, 13(1), 108-119. <https://dx.doi.org/10.22320/07190700.2023.13.01.09>

NOM-020-ENER-2011 (2011). “Eficiencia energética en edificaciones-Envolvente de edificios para uso habitacional”, Diario Oficial de la Federación, Gobierno Federal, México.

ROMERO-MORENO, Ramona, BOJÓRQUEZ-MORALES, Gonzalo, LUNA-LEÓN, Aníbal and REYESBARAJAS, Karmina. (2020). Energy efficiency in mass-built housing and demonstrative bioclimatic models in a hot-dry climate zone. *Journal Architecture and Design*. 4-11:1-8. DOI: 10.35429/JAD.2020.11.4.1.8

Secretaría de Energía. Herramienta Cálculo NOM-020-ENER-2002. 2002. Disponible en línea: <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/herramienta-calculo-nom-020-ener-2001>

Secretaría de Energía. NORMA Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia Energética en Edificaciones. —Envolvente de Edificios para uso Habitacional, en Apéndice A, Tabla 1 ; SEGOB: Ciudad de México, México, 2011.

Sotelo Salas, C., Esparza López, C., & Escobar Del Pozo, C. (2019). Comportamiento Térmico de fachada ventilada opaca en clima cálido seco extremo. *Revista de Arquitectura y Diseño*, Vol.3(No.10), 20–28. <https://doi.org/10.35429/jad.2019.10.3.20.28>

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 