



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

División de Ciencias e Ingeniería

**Ahorro de energía a través de la geometría y de
la orientación de las techumbres**

TESIS RECEPCIONAL

Para obtener el Grado de

Ingeniero en Sistemas de Energía

PRESENTA

HIRAM DIAZ CARRASCO

DIRECTOR DE TESIS

DR. INOCENTE BOJÒRQUEZ BÀEZ

Chetumal, Quintana Roo, Noviembre de 2009



Universidad de Quintana Roo

**Ahorro de energía a través de la geometría
y de la orientación de las techumbres**

TESIS RECEPCIONAL

Para obtener el Grado de

Ingeniero en Sistemas de Energía

Presenta

Hiram Díaz Carrasco

Director de Tesis

Dr. Inocente Bojórquez Báez

RESUMEN

Toda edificación destinada a la vivienda debe enfocarse a proporcionar a sus usuarios condiciones saludables y de confort con el mínimo consumo energético. Este estudio tiene como objetivo el definir la orientación y geometría de techumbres óptimas para el ahorro de energía en la vivienda ubicada en el clima cálido húmedo. El trabajo expone un análisis de las ganancias de calor a través de los elementos de la envolvente; partiendo de una revisión bibliográfica sobre el tema para tratar de encontrar una metodología, aspecto que plenamente se logró; para el análisis se utilizó un prototipo de vivienda de 32 m² que corresponde a las soluciones utilizadas en la ciudad de Chetumal Quintana Roo, los cálculos se realizaron a través de ocho diferentes orientaciones (Norte, Noreste, Este, Sureste, Sur, Suroeste, Oeste y Noroeste), y cuatro ángulos de inclinación para losas planas (0°, 10°, 20° y 30°), el día de diseño fue el 21 de mayo; la herramienta utilizada fue el software "VIVE-2" diseñado en la Universidad de Quintana Roo. Los resultados mostraron que el Sistema con 0° de inclinación es el que mayor ganancia de calor presenta, el de menor es el de 10°, la orientación con menor ganancia es la Sur y la de mayor es la Noroeste.

INTRODUCCIÓN

Desde su aparición sobre la tierra, el hombre ha buscado la manera de prodigarse protección y abrigo, esto lo llevó a cabo primero mediante la utilización de las formaciones de cavernas en las rocas, después y a medida que evolucionaba fue diseñando y construyendo su lugar de refugio, adaptándolo a las condiciones climáticas que imperaban en la región.

La premisa fundamental de toda construcción destinada a la vivienda, ha sido la de **proporcionar condiciones saludables y confortables para los usuarios finales**.

Al diseñar edificios se debe considerar en todo momento el brindar confort a los usuarios. Los tiempos modernos imponen la necesidad de economizar energía por lo que las edificaciones deben ser construidas de forma que brinden el confort térmico requerido con el mínimo consumo energético, no tomar en cuenta lo anterior, conlleva a seguir levantando edificios con orientaciones y formas que no ayuden a minimizar el uso de recursos no renovables, con el consiguiente deterioro del ambiente.

En la mayoría de los casos, las ganancias de calor de las zonas habitables de una edificación, podrían reducirse significativamente mediante una mejor orientación de las construcciones en combinación con una geometría adecuada de este elemento de la envolvente.

MARCO TEORICO

Teniendo como base lo anteriormente expuesto, se revisa la bibliografía pertinente que permita el logro de los objetivos motivo de este estudio.

Aspectos jurídicos

La *Ley de fraccionamientos del Estado de Quintana Roo*, en ninguno de sus apartados hace mención alguna de la orientación que deban tener los lotes o los fraccionamientos.

Sin embargo, *el Reglamento de Construcción del Municipio de Othón P. Blanco*, se mete un poco más al respecto ya que en su Título Tercero Capítulo I Sección I Artículo 96, habla del bienestar térmico en interiores y menciona:

1. "Los techos y muros exteriores deberán satisfacer los requerimientos que se establecen en las normas técnicas complementarias sobre: El factor de ganancia solar (FGS) máximo permitido, transmitancia térmica (U) máxima - o resistencia térmica (R) mínima - y absorptividad solar (A) de las superficies expuestas y sobre las combinaciones permitidas de la A y U que den como resultado el mismo valor de FGS recomendado.

2. Con el fin de que la conductividad térmica de los materiales de construcción en techos y muros exteriores no aumente con la humedad y en consecuencia aumente el factor de ganancia solar (FGS) máximo permitido, el nivel de impermeabilidad exterior de techos y muros deberá corresponder al que se establece en las normas técnicas complementarias, según sea la precipitación pluvial total anual del municipio".

Aun y cuando el reglamento de construcción hace referencia a ciertas NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS, no proporciona la información correspondiente a las mismas.

Ley del Instituto de Fomento a la Vivienda y Regularización de la Propiedad del Estado de Quintana Roo tiene como una de sus funciones la de "Participar en la integración y la formulación de normas de diseño y construcción de la vivienda"; sin embargo no proporciona información relacionada con el presente trabajo.

La NOM-008-ENER-2001 presenta un método para el cálculo de la ganancia solar, ya que, afirma que la ganancia de calor en las paredes varía con la orientación.

Tudela (1982) menciona la orientación como uno de los factores que afectan las ganancias de calor en los elementos constructivos sin embargo no profundiza en el análisis.

Por su parte Lacomba, et al (1991), habla de hacer uso eficaz de la energía (en su acepción más amplia), tendiendo a la autosuficiencia energética de las edificaciones. Continúa diciendo que "es importante analizar los flujos de energía en una estructura, porque con ello se pueden controlar las condiciones térmicas de los espacios interiores y, por lo tanto, obtener condiciones de confort térmico, en las cuales el cuerpo ejerza un mínimo esfuerzo para mantener su equilibrio interno. De esta forma se propiciará el bienestar físico de los habitantes y les permitirá ser más eficientes y tener un óptimo desarrollo de sus actividades". Proporciona métodos para el cálculo de la ganancia solar y ejemplos gráficos de cómo afecta la orientación de la vivienda en la incidencia de los rayos solares sobre la misma.

Díaz y Morillón, (1999) establecen que, "es práctica común que los modelos de vivienda se apliquen en todo el territorio nacional, sin considerar las condiciones ambientales y orientación. La alta exposición al sol en los meses cálidos ocasiona enormes ganancias térmicas en la envolvente de las edificaciones, que se traducen en la disminución del confort para los habitantes y un aumento del consumo de energía eléctrica destinada al acondicionamiento interior"

Como parte de los resultados obtenidos en su trabajo, proporcionan los siguientes datos que hacen referencia a las ganancias de calor de la envolvente de una casa de interés social basada en el modelo tipo de construcción del INFONAVIT en la ciudad de Mérida Yucatán:

Tabla 1.- Ganancia de calor de una casa habitación del tipo de interés social, ubicada en la ciudad de Mérida, Yucatán.

CIUDAD	Q INFONAVIT (W)	Q NOM (W)
Mérida Yuc.	6253.73	4284.11

De la tabla anterior se puede apreciar que entre las ganancias de calor de la edificación y lo que especifica el proyecto de norma NOM-020-ENER-1998 existen 1969.62 unidades de diferencia, o sea, esta cantidad representa un 45.97 % arriba de lo que señala la NOM.

Morillón (2004). "Historia y práctica de la arquitectura bioclimática en México" en Instituto de ingeniería UNAM. en el capítulo denominado *impacto de la orientación en la vivienda*, demuestra a través de gráficos el comportamiento térmico de las fachadas al modificar su orientación.

Bueno (1994), cuando habla de la orientación de los edificios menciona que "la correcta orientación de un edificio cumple múltiples funciones, como son el aprovechamiento de la radiación solar, la protección del frío y de los vientos dominantes, el ahorro energético y el mayor confort térmico y lumínico sin gastos adicionales"

Crisóstomo y Morillón (2002), después de realizar un estudio en la ciudad de Chetumal Quintana Roo presentan las siguientes conclusiones: "las orientaciones Oeste, Noreste y Suroeste requieren total protección de la radiación solar, ya que estas fachadas reciben radiación durante toda la tarde. Esto es en el caso de que no existiera casa contigua que las proteja"

Chargoy y Chargoy (2002), concluyen que "la orientación mas adecuada para disminuir las ganancias térmicas por radiación y facilitar el flujo de vientos dominantes es la SE-NW", y para llegar a la determinación anterior, hacen mención de que utilizó un método gráfico para el calculo de radiación incidente sobre superficies no regulares.

Deffis y Molina (1988) mencionan que "en términos generales la orientación es el elemento más importante en la climatización de un edificio, ya que de esta dependerá la ganancia térmica a la que se encuentran expuestos sus muros y vanos." Continúa diciendo que "las fachadas Oriente y Poniente tienen asoleamiento profundo difícil de controlar mediante aleros la fachada sur tiene asoleamiento durante todo el día en invierno; sin embargo, mediante aleros fácilmente se puede controlar"

En lo que respecta a las formas construidas y ganancias de calor establecen:

- "los muros y las techumbre son elementos que ganan y almacenan calor. Además del tipo del material, su espesor y orientación, la forma del elemento constructivo incide en el volumen de la ganancia de calor", presenta cinco formas geométricas de techumbres: plana, dos aguas, cuatro aguas, bóveda de cañón y bóveda esférica, destacando que "la absorción de calor por radiación es mayor en las techumbres planas", y que, "cada 10° grados de inclinación del plano de la techumbre, representa de 10° a 15 % de menor ganancia de calor aproximadamente. En las techumbres curvas las ganancias de calor es menor debido a que la radiación solar es perpendicular a la bóveda en un solo punto".

Áreas exteriores

De la Paz, (2002) trata el tema de los exteriores de la siguiente manera: "las áreas pavimentadas (sin sombra) a barlovento, irradian calor, el cual es movido por el viento para agravar (caldear) las condiciones interiores. Para evitar lo anterior deben preverse áreas verdes que permitan que el viento se mueva desde esta zona sombreada y fresca hacia el interior de los espacios".

Deffis A. et.al¹. Toca el tema de los exteriores dando las siguientes recomendaciones: “la lotificación debe provocar que las casas y edificios queden aislados”, “las calles deben ser anchas con árboles frondosos de sombra”, “las plazas y plazuelas deben estar arboladas”.

En lo referente a los criterios de diseño urbano presenta lo siguiente:

- “Los mejores terrenos para este clima son los localizados en las partes altas, expuestos a los vientos dominantes. Las pendientes mas recomendables son hacia el Norte y el Oriente puesto que reciben menor cantidad de sol”
- “Las construcciones deberán estar separadas para evitar grandes superficies ocupadas por pavimentos y construcciones, ya que el concreto y el pavimento son materiales altamente refractarios que absorben gran cantidad de calor por lo que es recomendable baja densidad de construcción. Se deben proyectar lotes grandes con bajo porcentaje de ocupación”

Mitchell, J. y C de Rosa (2007), presentan un estudio enfocado a los conjuntos habitacionales de interés social, en el que se considera los escasos recursos de sus poseedores y la falta de confort térmico de las viviendas; en este estudio, los autores sostiene que “el análisis de las variables climáticas tiene por objeto proponer estrategias de optimización de los recursos naturales a través del diseño de la forma construida. Por consiguiente, la propuesta de mejoramiento del confort térmico del hábitat social a partir de “sobre costo cero”, posibilita su adopción por que el usuario la puede incorporar sin erogaciones adicionales.”

El estudio, basado en una metodología de simulación térmica y de cálculos analíticos los cuales proporcionan la cantidad de energía que resulta del cambio del comportamiento térmico, en función de la localización climática, la orientación de las viviendas, la distribución de las aberturas, la tipología de las viviendas y las componentes tecnológicas. Los autores, presentan las siguientes aseveraciones:

Localización climática.

- “No ha existido una correlación entre la localización climática y la respuesta arquitectónica tecnológica adecuada. La construcción de una misma tipología en sitios diferentes ha sido un hecho común, sin diferenciar las exigencias del propio lugar.

Orientación de las viviendas.

- “La ubicación de las viviendas está en estrecha relación con el plan de loteo que tiene criterios puramente especulativos de lograr el mayor número de lotes posibles.”

Los autores, en lo concerniente a la tipología de las viviendas, consideraron para su estudio una planta cuadrada a la que sometieron a variaciones en la proporción de la misma, lo cual se tradujo, en distintas relaciones de fachada y por ende, de superficie expuesta a la radiación solar. De lo

¹ *Op. cit*

anterior, estos investigadores, descubrieron importantes variaciones en las ganancias de calor del modelo utilizado.

Con lo antes expuesto, es posible ver que a pesar de su importancia, uno de los aspectos que poco análisis presenta la bibliografía consultada es la metodología para el análisis de las ganancias de calor a través de los elementos de la envolvente de la vivienda ubicada en el clima cálido húmedo, aunque la Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001 trata el tema, se refiere más bien a edificios no residenciales; algunos de los autores consultados proporcionan datos sobre recomendaciones para orientaciones considerando otros factores climáticos, y los que abordan el tema de las techumbres en el tipo de clima que nos ocupa, no especifican los criterios utilizados para emitir sus aseveraciones, por ello estas carencias permiten plantear lo siguiente

HIPÓTESIS

Es posible reducir las ganancias de calor en las edificaciones mediante una adecuada orientación y geometría de las techumbres.

Para comprobar esta hipótesis se plantearon los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL:

- Definir la orientación y geometría de techumbres óptimas para el ahorro de energía en la vivienda ubicada en el clima cálido húmedo.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Emitir recomendaciones para reducir las ganancias de calor en las viviendas de la ciudad de Chetumal Quintana Roo.
- Realizar una aportación al reglamento municipal de construcción en lo relativo a la óptima orientación y geometría de las techumbres en la ciudad de Chetumal Quintana Roo.

METODOLOGÍA

El presente trabajo se desarrolla utilizando los pasos proporcionados por el método científico, como a continuación se especifican:

1. Métodos empíricos

1.1. Hipotético – Deductivo.- Con base en la investigación realizada, se consideró la posibilidad de reducir las ganancias de calor mediante la modificación de la orientación y de los ángulos de inclinación de las techumbres.

1.2. Criterio de experto.- Se consideraron las recomendaciones de los diferentes autores

2. Métodos teóricos

- 2.1. **Análisis y síntesis.**- Del cálculo de las ganancias de calor por cada una de las orientaciones y ángulos propuestos, se generó una base de datos la cual permitió al sintetizar su información, determinar numéricamente la influencia que tiene la modificación de las variables sugeridas.
- 2.2. **Inducción- deducción.**- Con base en los análisis realizados se ideó una metodología para el estudio del comportamiento térmico de los elementos de la envolvente de una vivienda.
- 2.3. **Análisis matemático.**- Se desarrollaron los cálculos matemáticos necesarios para estar en posibilidad de determinar las ganancias de calor a través de los elementos de la envolvente durante el día.

RESULTADOS

Los resultados se dividen en lo siguiente:

Aportes Teórico

Determinación de la metodología para el cálculo de las ganancias de calor a través de los elementos de la envolvente.

Aportes Práctico

- Determinación del día más cálido del año en esta ubicación geográfica.
- Determinación de la hora de mayor captación de energía calorífica.
- Determinación de la orientación menos favorable para este tipo de vivienda.
- Determinación de la orientación más favorable para este tipo de vivienda.
- Determinación del ángulo de inclinación adecuado.

Contenido

Resumen.....	i
Introducción.....	ii
Marco Teórico.....	ii
Hipótesis.....	vi
Objetivo general.....	vi
Objetivos específicos.....	vi
Metodología.....	vi
Resultados.....	vii
Aportes teóricos.....	vii
Aportes prácticos.....	vii
Capítulo 1 Metodología.....	1
Capítulo 2 Cálculo de las ganancias térmicas.....	6
2.1 Sistema con losa plana y 0° de inclinación.....	6
2.2 Sistema con losa plana y 10° de inclinación.....	11
2.3 Sistema con losa plana y 20° de inclinación.....	15
2.4 Sistema con losa plana y 30° de inclinación.....	20
Capítulo 3 Análisis de datos.....	27
Capítulo 4 Conclusiones y Recomendaciones.....	48
Conclusiones.....	48
Recomendaciones.....	49
Referencias.....	50
Bibliografía.....	52
Anexo 1 Tablas, losas planas con 0° de inclinación.....	I
Anexo 2 Tablas, losas planas con 10° de inclinación.....	XVII
Anexo 3 Tablas, losas planas con 20° de inclinación.....	XXXIII
Anexo 4 Tablas, losas planas con 30° de inclinación.....	XLIX

CAPÍTULO 1

Metodología

Con el objeto de analizar la ganancia térmica a través de las techumbres de un prototipo de vivienda comúnmente utilizado en la región, se partió de la revisión bibliográfica para tratar de identificar una metodología que indicara recomendaciones para ello, también se revisaron normas y reglamentos que llevaran al mismo fin. Para el primer caso, se encontró que varios autores (Deffis, 1990; Vélez, 1992; King, 1994; Chávez, 1996; y Rodríguez, 2001) definen sus recomendaciones aunque ninguno de ellos especifica los criterios para determinar la mejor orientación o la geometría adecuada de las techumbres para disminuir la ganancia térmica hacia los espacios interiores. En cuanto a la normatividad, ninguna de las tratadas en el Marco Teórico especifican los criterios buscados, aunque la emitida por la CONAE, sí hace algunas recomendaciones, sólo se refiere a edificaciones no residenciales; por lo tanto, para definir los criterios de análisis del comportamiento térmico que conllevaría a las recomendaciones del diseño de una vivienda energéticamente eficiente a partir de la adecuada geometría de techumbres y de la orientación, se seleccionó el diseño de una vivienda de interés social que actualmente se comercializa en esta ciudad; el modelo representa un edificio de aproximadamente 32 m² de construcción, construido con bloques de hormigón de 0.15 m de espesor en sus muros y el sistema de vigueta y bovedilla en sus techos. El estudio partió del cálculo de las ganancias térmicas a través de los elementos de la envolvente (sin considerar puertas y ventanas) orientados a ocho distintas direcciones (*Norte, Noreste, Este, Sureste, Sur, Suroeste, Oeste y Noroeste*); en el segundo Capítulo el análisis se concretó al comportamiento de la vivienda con techumbre de geometría plana y 0°, 10°, 20° y 30° de inclinación respectivamente a través del día (de las 6 de la mañana a las 6 de la tarde); la región geográfica seleccionada fue la propia ciudad de Chetumal ubicada a 18° 30' 02" de latitud Norte y 88° 19' 39" longitud oeste.

Como primer paso, se tomaron las normales meteorológicas para la ciudad de Chetumal, como se especifica en la Tabla 1.1, que fueron la base a la vez, para el cálculo de los *Días Grado*¹ (Fernández J, 1983) (Szokolay, 1977) de enfriamiento y calefacción de acuerdo a las Ecuaciones. (1) y (2) respectivamente, cuyo comportamiento mensual se observa en la Tabla 1.2, que permitió definir el mes más crítico en cuanto a la temperatura, como se aprecia en la Figura 1.1, teniendo como resultado el mes de Mayo como el período más caliente del año.

$$D.G.ENFR = N(TM - (TN + 2.5)) \quad (1)$$

$$D.G.CALEF = N(TM - (TN - 2.5)) \quad (2)$$

Donde:

D.G. ENFR.= Días grado de enfriamiento.

D.G. CALEF.= Días grado de calefacción.

¹ Los Días Grado establecen los requerimientos de enfriamiento y/o calefacción en grados centígrados (°C), acumulados (Szokolay, 1977) en un mes, para entrar en una "Zona de Confort"

N = Número de días del mes.

TM = Temperatura media o promedio mensual.

TN = Temperatura neutra.

Para el cálculo de la temperatura neutra o temperatura de equilibrio se utilizó la Ecuación. (3) de acuerdo a la fórmula de Szokolay.

$$TN = 17.6 + 0.31 TA \quad (3)$$

Donde:

TN = Temperatura neutra.

TA = Temperatura media o promedio anual.

Tabla 1.1 Normales meteorológicas para la ciudad de Chetumal

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

NORMALES CLIMATOLÓGICAS 1971-2000

ESTADO DE: QUINTANA ROO

ESTACION: 00023032 CHETUMAL LATITUD: 18°30'02" N. LONGITUD: 088°19'39" W. ALTURA: 26.0 MSNM.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURA MAXIMA													
NORMAL	28.9	29.8	30.8	32.2	33.0	32.4	32.6	32.9	32.6	31.8	30.5	29.2	31.4
MAXIMA MENSUAL	29.9	31.6	31.9	33.4	34.6	34.3	34.4	34.8	34.8	33.1	32.6	30.5	
AÑO DE MAXIMA	1998	1998	1991	1997	1999	1995	2000	1997	1998	1994	1972	1993	
MAXIMA DIARIA	35.0	36.5	37.0	39.5	39.0	36.9	36.0	39.0	36.5	36.0	37.0	39.0	
FECHA MAXIMA DIARIA	04/1990	17/1971	26/1973	30/1988	19/1994	03/1995	20/1972	07/1975	15/1998	24/1975	10/1973	30/1994	
AÑOS CON DATOS	26	27	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27	
TEMPERATURA MEDIA													
NORMAL	23.8	24.5	26.3	27.9	28.9	28.7	28.5	28.6	28.3	27.2	25.8	24.3	26.9
AÑOS CON DATOS	26	27	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27	
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	18.8	19.3	21.7	23.6	24.7	25.0	24.5	24.2	24.0	22.5	21.2	19.5	22.4
MINIMA MENSUAL	16.1	16.1	19.1	20.4	22.2	23.3	23.3	23.0	23.0	20.7	19.1	17.4	
AÑO DE MINIMA	1978	1976	1986	1987	1992	1975	1984	1982	1976	1987	1999	1975	
MINIMA DIARIA	8.0	8.0	7.3	9.0	18.0	19.5	20.0	15.0	18.0	16.0	12.5	8.5	
FECHA MINIMA DIARIA	15/1978	14/1971	02/1986	08/1971	04/1992	20/1973	22/1971	30/1973	26/1975	31/1987	10/1991	26/1989	
AÑOS CON DATOS	26	27	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27	
PRECIPITACION													
NORMAL	80.6	31.3	25.8	53.2	97.4	205.8	149.3	146.7	193.9	162.4	104.7	76.3	1,327.4
MAXIMA MENSUAL	231.2	119.5	85.2	248.5	363.9	780.0	350.5	378.7	638.2	470.0	239.1	200.0	
AÑO DE MAXIMA	1994	1974	1986	1996	1986	1976	1972	2000	1982	1998	1999	1971	
MAXIMA DIARIA	100.0	94.0	66.5	101.9	276.8	360.0	150.0	120.4	220.0	134.2	160.0	53.0	
FECHA MAXIMA DIARIA	20/1975	25/1974	01/1975	01/1996	24/1986	24/1976	11/1985	20/1996	20/1982	10/1995	20/1971	25/1971	
AÑOS CON DATOS	26	27	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27	
EVAPORACION TOTAL													
NORMAL	101.5	129.0	185.0	206.4	213.9	169.0	170.3	164.3	138.7	127.6	102.3	95.7	1,803.7
AÑOS CON DATOS	24	24	23	24	25	25	26	26	25	25	25	25	
NUMERO DE DIAS CON													
LLUVIA													
NORMAL	9.5	5.1	3.5	4.0	7.4	13.3	13.3	13.6	15.2	14.1	11.9	10.6	121.5
AÑOS CON DATOS	26	27	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27	
NIEBLA													
NORMAL	0.7	0.6	0.4	0.3	0.0	0.0	0.2	0.3	0.6	0.4	0.6	0.6	4.7
AÑOS CON DATOS	26	27	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27	
GRANIZO													
NORMAL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AÑOS CON DATOS	26	27	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27	
TORRENTA E.													
NORMAL	0.3	0.0	0.1	0.4	0.5	1.5	1.5	1.3	1.6	0.6	0.3	0.0	8.1
AÑOS CON DATOS	26	27	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27	

Tabla 1.2 Días grado para la ciudad de Chetumal, Quintana Roo

DATOS		DÍAS GRADO PARA CHETUMAL QUINTANA ROO											
Tm anual	TN	Temperaturas promedio por mes											
27.55	26.1405	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
		23.8	24.5	26.3	27.9	28.9	28.7	28.5	28.6	28.3	27.2	25.8	24.3
		Días por mes											
		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Días grado de enfriamiento		-150.06	-115.93	-72.56	-22.22	8.04	1.78	-4.36	-1.26	-10.22	-44.66	-85.22	-134.56
Días grado de calefacción		4.94	24.07	82.44	127.79	163.04	151.79	150.64	153.74	139.79	110.34	64.78	20.44

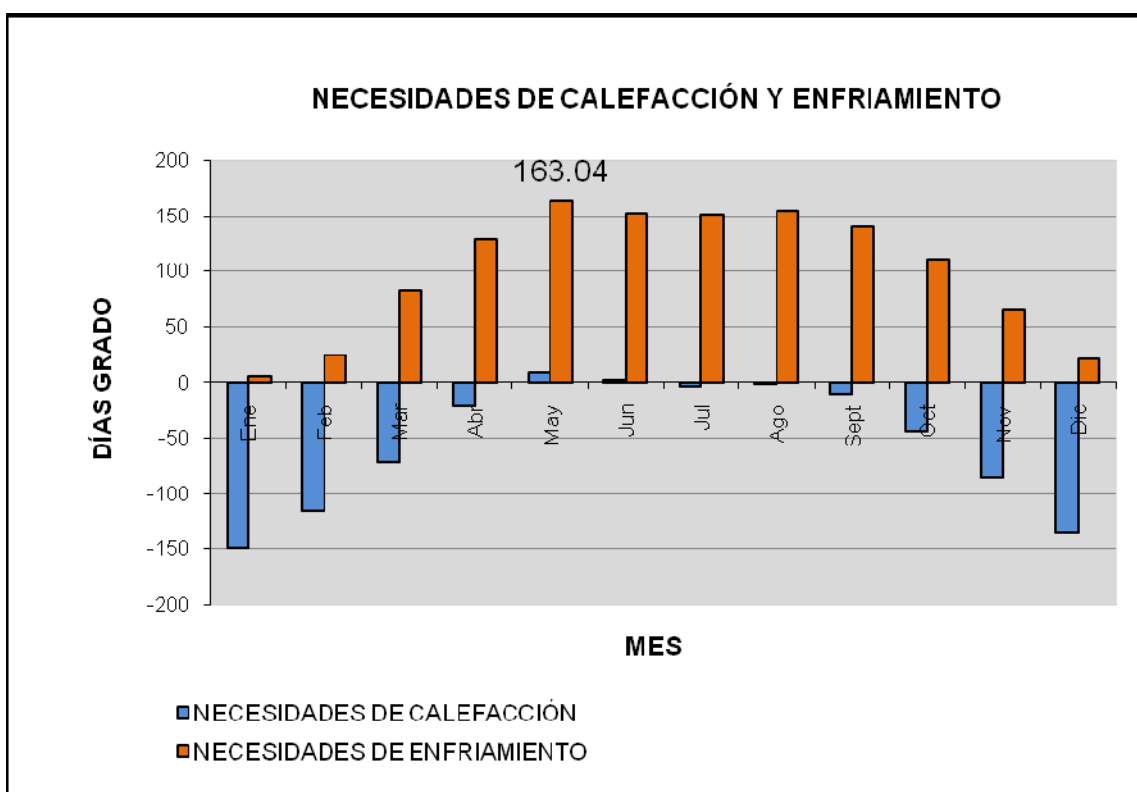


Figura 1.1 Necesidades de calefacción y enfriamiento basado en los días grado

Con la finalidad de determinar el período crítico de incidencia solar se utilizó la información proporcionada por la Tabla 1.3, concluyéndose que para los fines del presente estudio, se tomarían las ganancias caloríficas extremas (máximas y mínimas), registradas entre las 11 y las 15 horas.

Tabla 1.3 Estimación de temperaturas horarias mensuales

ESTIMACION DE TEMPERATURAS HORARIAS MEDIAS MENSUALES, A PARTIR DE MEDIAS EXTREMAS.												
Localidad	chetalumal	Lat. (x.x.x)	18.48	Long.(xxx.x)	88.3	Altitud (m)	9	ago	sep	oct	nov	dic
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul					
Temp max	29.9	31.6	31.9	33.4	34.6	34.3	34.4	34.8	34.8	33.1	32.6	30.5
Temp min	16.1	16.1	19.1	20.4	22.2	23.3	23.3	23	23	20.7	19.1	17.4
Temp med	23.8	24.5	26.3	27.9	28.9	28.7	28.5	28.6	28.3	27.2	25.8	24.3
Hora min	6.499	6.303	6.064	5.789	5.565	5.448	5.495	5.685	5.949	6.215	6.443	6.552
Hora max	13.909	13.803	12.894	13.459	13.155	13.358	12.745	13.185	13.539	13.385	13.943	13.802
Hora (TSV)												
00:00	19.7	20.0	22.2	23.3	24.9	25.6	25.7	25.6	25.8	23.8	22.6	20.9
01:00	19.0	19.3	21.6	22.8	24.4	25.2	25.2	25.1	25.2	23.2	21.9	20.2
02:00	18.5	18.7	21.1	22.3	23.9	24.8	24.8	24.7	24.8	22.7	21.4	19.7
03:00	18.0	18.2	20.7	21.9	23.6	24.5	24.5	24.4	24.4	22.3	20.9	19.2
04:00	17.6	17.7	20.4	21.6	23.3	24.3	24.3	24.1	24.2	22.0	20.6	18.9
05:00	17.3	17.4	20.1	21.4	23.1	24.1	24.1	23.9	23.9	21.7	20.3	18.6
06:00	17.1	17.1	19.9	20.4	22.3	23.5	23.5	23.1	23.0	21.5	20.0	18.3
07:00	16.3	16.6	19.9	21.7	24.0	25.1	25.0	24.4	23.9	21.2	19.4	17.6
08:00	18.2	19.1	22.3	24.4	26.7	27.6	27.5	26.9	26.2	23.3	21.3	19.3
09:00	21.3	22.7	25.3	27.5	29.6	30.1	30.1	29.7	29.0	26.2	24.4	22.2
10:00	24.5	26.2	28.0	30.1	32.0	32.2	32.2	32.1	31.5	29.0	27.5	25.2
11:00	27.1	28.9	30.1	32.0	33.6	33.5	33.6	33.7	33.3	31.1	30.0	27.7
12:00	28.9	30.7	31.4	33.1	34.4	34.2	34.3	34.6	34.4	32.5	31.6	29.4
13:00	29.7	31.5	31.8	33.4	34.5	34.2	34.3	34.8	34.8	33.0	32.4	30.3
14:00	29.8	31.4	31.7	33.0	34.1	33.8	33.9	34.4	34.6	33.0	32.5	30.4
15:00	29.3	30.8	31.1	32.3	33.4	33.1	33.2	33.7	33.9	32.4	32.0	30.0
16:00	28.4	29.7	30.1	31.3	32.3	32.2	32.3	32.8	33.0	31.5	31.1	29.2
17:00	27.3	28.4	29.0	30.1	31.2	31.2	31.3	31.7	32.0	30.5	30.0	28.1
18:00	26.1	27.0	27.8	28.9	30.1	30.2	30.3	30.6	30.9	29.3	28.8	26.9
19:00	24.8	25.6	26.6	27.7	29.0	29.2	29.3	29.6	29.8	28.2	27.5	25.7
20:00	23.6	24.2	25.5	26.6	27.9	28.3	28.4	28.6	28.8	27.1	26.3	24.5
21:00	22.4	23.0	24.5	25.6	27.0	27.5	27.5	27.7	27.9	26.1	25.2	23.4
22:00	21.4	21.8	23.6	24.8	26.2	26.8	26.8	26.9	27.1	25.2	24.2	22.5
23:00	20.5	20.8	22.8	24.0	25.5	26.1	26.2	26.2	26.4	24.4	23.3	21.6

En el presente estudio las aportaciones hechas por las losas y los muros son consideradas como un Sistema; para el cálculo de las ganancias de calor, se seleccionó el diseño de una vivienda de interés social que actualmente se comercializan en esta ciudad; el modelo representa un edificio de aproximadamente 32 m² de construcción, construido con bloques de hormigón de 0.15 m de espesor en sus muros y el sistema de vigueta y bovedilla en sus techos, los muros cuentan con un recubrimiento de aproximadamente 1.5 cm., de espesor en ambas caras elaborado a base de mortero de cemento:cal:polvo de piedra caliza; las losas presentan sobre la cara interior el mismo tipo de recubrimiento que el de los muros y en la cara exterior hormigón armado con malla electro soldada de 5 cm., de espesor. En los elementos estudiados no se consideran las áreas de los vanos. Así mismo, se excluyen las aportaciones que pudieran registrarse en las superficies de área destinada al baño, debido a las características especiales de los recubrimientos interiores (en el caso de los muros), y de que la losa de esta área, regularmente se encuentra sombreada por los depósitos de almacenamiento de agua y las estructuras diseñadas para su soporte. En el caso específico del pasillo que comunica a la recamará con el área de uso múltiple (estancia), en todos los casos se considero como una losa plana con 0° de inclinación. Las losas de la estancia y de la cocina, en todos los casos mantuvieron los mismos ángulos de inclinación pero en sentido opuesto, hecho que creo una pequeña diferencia de alturas entre ambas y por tanto un área de muro expuesta, esta área por las características del lugar donde se origina y por practicidad no fue considerada dentro del cálculo. Los datos necesarios para el cálculo de las ganancias de calor se agruparon de la manera siguiente:

Constantes

- Velocidad promedio del viento (0.5 m/s).
- Emitancia para materiales comunes (0.9).

- Absortancia ($\alpha = 0.65$ para losas; $\alpha = 0.6$ para muros).
- Ángulo de inclinación de muros ($S = 90^\circ$).

Variables

- Radiación incidente en la superficie terrestre según la hora del cálculo. Estos datos fueron tomados del trabajo desarrollado del modelo propuesto por Fernández y Estrada (1983) (Fernández J, 1983).
- Para el cálculo de la declinación solar se utilizó la ecuación de Cooper.

$$D = 23.45 \operatorname{sen} \left[\frac{360(n+284)}{365} \right] \quad (4)$$

Donde:

n = Número del día del año.

- El ángulo de altura solar (h) se calculó de acuerdo a la Ecuación. (5)

$$h = \operatorname{arc} \operatorname{sen} [(\operatorname{sen} L \times \operatorname{sen} D) + (\cos H \times \cos L \times \cos D)] \quad (5)$$

Donde:

h = Ángulo de altura solar.

L = Latitud del área de estudio.

D = Declinación solar.

H = Ángulo solar horario.

Donde:

$H = 15(12\text{-hora})$

- Acimut (Z)

$$Z = \operatorname{arc} \operatorname{cos} \left[\frac{(\operatorname{sen} h \times \operatorname{sen} L \times \operatorname{sen} D)}{(\cos D \times \cos L)} \right] \quad (6)$$

- Ángulo de inclinación del elemento constructivo ($0^\circ, 10^\circ, 20^\circ$ ó 30°)
- Ángulo "C" formado entre el acimut y la perpendicular al elemento constructivo
- Área de captación de energía
- El coeficiente de Conductividad térmica (k) de los elementos constructivos

Determinados los valores anteriores se procedió al cálculo de la ganancias térmicas que aporta cada elemento hacia el interior de los espacios, para lo cual se utilizó la herramienta computacional denominada "VIVE-2" diseñada en esta Universidad, que considera la energía radiante para cada superficie, las ganancias o pérdidas por conducción y los coeficientes de convección entre el aire y las superficies de la edificación; no incluye ganancias internas, ganancias o pérdidas por sistemas mecánicos, pérdidas por enfriamiento evaporativo.

CAPÍTULO 2

Cálculo de las ganancias térmicas.

Para la determinación de las ganancias térmicas a través de un sistema compuesto por dos de los elementos de la envolvente: techumbres y muros, se siguió la metodología propuesta en el capítulo 1, considerando el análisis de las ganancias de calor (Qs) de la vivienda prototipo a través del día; el cálculo se realizó para 8 orientaciones diferentes (Norte, Noreste, Este, Sureste, Sur, Suroeste, Oeste y Noroeste), así mismo, se analizaron las ganancias considerando diferente inclinaciones para las losas de la vivienda modelo (0°, 10°, 20° y 30°) para cada una de las orientaciones antes mencionadas. Los resultados del presente estudio, se encuentran dentro de la sección de anexos en forma de tablas y gráficos de barra; el resumen de los resultados obtenidos se presenta a través de los puntos 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4, quedando como siguen:

2.1 Sistema con losas planas y 0° de inclinación

En este apartado se presentan los valores obtenidos al efectuar los cálculos para conocer las ganancias de calor con esta inclinación. Al final se presentan tres Tablas, en la primera se resume la información expuesta; en la segunda, las ganancias de calor a través de las losas y, en la última, las ganancias a través de muros en horas seleccionadas.

La Tabla 2.1.1, concentra las ganancias mínimas y máximas del sistema compuesto, como se explica a continuación:

- Para la orientación Norte la mínima es de 2250.23 watts obteniéndose a las 15 hrs., y la máxima es de 2657.83 watts a las 13 hrs. (Figura 2.1.)

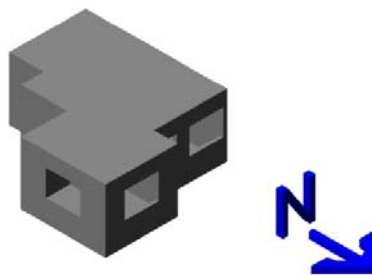


Figura 2.1. Dibujo del prototipo con losa plana y 0° de inclinación orientación Norte

- El prototipo orientado al Noreste presenta una ganancia mínima de 2240.85 watts a las 15 hrs., y una ganancia máxima de 2616.27 watts a las 13 hrs. (Figura 2.2)



Figura 2.11 Dibujo del prototipo con losa plana y 0° de inclinación orientación Noreste

- En el caso de la orientación Este la ganancia mínima es de 2080.30 watts a las 15 hrs., y la máxima es de 2565.20 watts a las 13 hrs. (Figura 2.3)

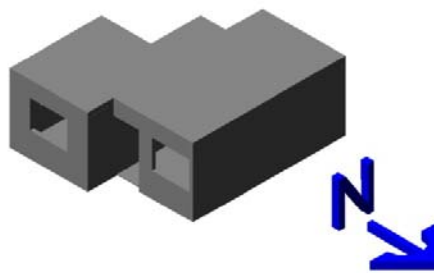


Figura 2.12 Dibujo del prototipo con losa plana y 0° de inclinación orientación Este

- La orientación Sureste obtiene su mínima ganancia que es de 2175.78 watts a las 15 hrs., y su máxima que es de 2690.19 watts a las 11 hrs. (Figura 2.4)



Figura 2.13 Dibujo del prototipo con losa plana y 0° de inclinación orientación Sureste

- El edificio orientado al Sur tiene un mínimo de 2162.71 watts a las 15 hrs., y un máximo de 2653.29 a las 11 hrs. (Figura 2.5)



Figura 2.14 Dibujo del prototipo con losa plana y 0° de inclinación orientación Sur

- Para la orientación Suroeste la ganancia mínima es de 2189.74 a las 15 hrs., y su ganancia máxima que es de 2589.47 la tiene a las 13 hrs. (Figura 2.6)



Figura 2.15 Dibujo del prototipo con losa plana y 0° de inclinación orientación Suroeste

- Para la orientación Oeste la ganancia mínima es de 2033.96 watts a las 15 hrs., y su ganancia máxima es de 2558.55 watts alcanzándola a las 11 hrs. (Figura 2.7)



Figura 2.16 Dibujo del prototipo con losa plana y 0° de inclinación orientación Oeste

- En el caso de la orientación Noroeste la ganancia mínima es de 2368.23 watts obteniéndose a las 15 hrs., y la máxima es de 2713.17 watts alcanzándola a las 14 hrs. (Figura 2.8)



Figura 2.17 Dibujo del prototipo con losa plana y 0° de inclinación orientación Noroeste

La Tabla 2.1.1 muestra en dos diferentes columnas las ganancias mínimas y máximas del sistema con losas planas y 0° de inclinación, resaltando los valores mínimos y máximos según la columna que corresponda.

Tabla 2.1.1 Sistema con losas planas y 0° de inclinación

ORIENTACIÓN	GANANCIAS DE CALOR SISTEMA CON LOSAS PLANAS Y 0° DE INCLINACIÓN			
	Mínimas (watts)	Hora	Máximas (watts)	Hora
Norte	2250.23	15	2657.83	13
Noreste	2240.85	15	2616.27	13
Este	2080.30	15	2565.20	13
Sureste	2175.78	15	2690.19	11
Sur	2162.71	15	2653.29	11
Suroeste	2189.74	15	2589.47	13
Oeste	2033.96	15	2558.55	11
Noroeste	2368.23	15	2713.17	14

Con la finalidad de facilitar la interpretación de la Tabla 2.1.1, se presentan en la Tabla 2.1.2 las aportaciones caloríficas mínimas y máximas de las losas al mismo tiempo que se muestra la hora en que son alcanzadas.

Tabla 2.1.2 Ganancias de calor a través de losas, sistema de losas planas y 0° de inclinación

ORIENTACIÓN	GANANCIAS DE CALOR A TRAVÉS DE LOSAS SISTEMA CON LOSAS PLANAS Y 0° DE INCLINACIÓN			
	Mínimas (watts)	Hora	Máximas (watts)	Hora
Norte	1538.82	15	2340.34	12
Noreste	1538.82	15	2340.34	12
Este	1538.82	15	2340.34	12
Sureste	1538.82	15	2340.34	12
Sur	1538.82	15	2340.34	12
Suroeste	1538.82	15	2340.34	12
Oeste	1538.82	15	2340.34	12
Noroeste	1538.82	15	2340.34	12

La Tabla 2.1.3, presenta las aportaciones de calor del elemento muro en las horas en las que el sistema alcanza su ganancia máxima, así como también muestra el porcentaje de aportación calorífica de este elemento a las horas indicadas.

Tabla 2.1.3 Ganancias de calor a través de muros según hora seleccionada para sistema de losas planas y 0° de inclinación

ORIENTACIÓN	GANANCIAS DE CALOR A TRAVÉS DE MUROS SEGÚN HORA SELECCIONADA SISTEMA CON LOSAS PLANAS Y 0° DE INCLINACIÓN		
	Máxima (watts)	Hora	% de ganancia del muro respecto a ganancia máxima del sistema a la hora indicada
Norte	354.91	13	13.35
Noreste	373.12	13	14.26
Este	262.28	13	10.22
Sureste	380.60	11	14.14
Sur	350.37	11	13.20
Suroeste	346.32	13	13.37
Oeste	255.63	11	9.99
Noroeste	749.17	14	27.61

En la Tabla 2.1.1, se observa que la menor captación de calor en la columna correspondiente a ganancia mínima se obtiene cuando la vivienda se encuentra orientada al Oeste, y en la columna de ganancias máximas el valor más elevado se alcanza cuando el modelo se orientó hacia el Noroeste; para el caso específico de losas planas inclinadas 0°, se puede ver que la mayor captación de

energía calorífica la llevan a cabo las losas, lo anterior, queda de manifiesto al comparar las tablas 2.1.1 y 2.1.2, en donde se aprecia que en las 8 orientaciones analizadas las cantidades mínimas de calor captadas por el Sistema se obtuvieron a las 15 horas en todos los casos, hecho que coincide con la hora en la que los muros alcanzan el nivel máximo de ganancia.

Al comparar los valores máximos de la Tabla 2.1.1 con los de la Tabla 2.1.3 se ve que en las horas en las que el Sistema alcanza los valores máximos, las ganancias a través de los muros apenas representa el 14.51 % en promedio.

2.2 Sistema con losas planas y 10° de inclinación

Para el caso del análisis de la vivienda prototipo con losa de geometría plana y 10° de inclinación, se enlistan los resultados para las diferentes orientaciones; adicionalmente en las Tablas 2.2.1 y 2.2.2, se presentan las ganancias tanto del Sistema Compuesto como a través de las losas.

- Orientación Norte, ganancia mínima 1659.89 watts a las 15 hrs., ganancia máxima 2092.03 watts a las 13 hrs. (Figura 2.9)

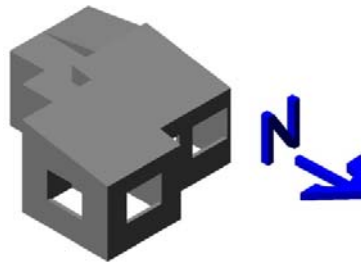


Figura 2.2 Dibujo del prototipo con losa plana y 10° de inclinación orientación Norte

- Para la orientación Noreste la ganancia mínima es de 908.83 watts a las 13 hrs., y su ganancia máxima es de 2235.66 watts a las 12 hrs. (Figura 2.10)



Figura 2.210 Dibujo del prototipo con losa plana y 10° de inclinación orientación Noreste

- Orientación Este, ganancia mínima 798.25 watts a las 13 hrs., ganancia máxima 2215.29 watts a las 12 hrs. (Figura.2.11)

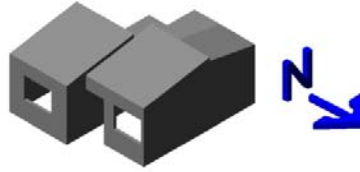


Figura 2.2 Dibujo del prototipo con losa plana y 10° de inclinación orientación Este

- En el caso de la orientación Sureste, la ganancia mínima es de 874.97 watts a las 13 hrs., y su ganancia máxima es de 2233.88 a las 12 hrs. (Figura 2.12)



Figura 2.212 Dibujo del prototipo de losa plana y 10° de inclinación orientación Sureste

- Orientación Sur, ganancia mínima 541.24 watts a las 12 hrs., y ganancia máxima 960.26 watts a las 14 hrs. (Figura 2.13)

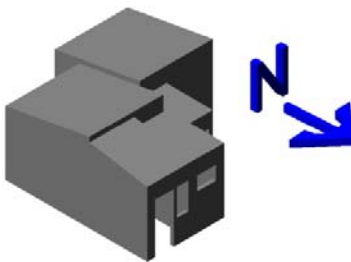


Figura 2.2 Dibujo del prototipo con losa plana y 10° de inclinación orientación Sur

- Para la orientación Suroeste, la ganancia mínima es de 881.01 watts a las 11 hrs., y la ganancia máxima es de 2212.56 a las 12 hrs. (Figura 2.14)



Figura 2.2 Dibujo del Prototipo con losa plana y 10° de inclinación orientación Suroeste

- Orientación Oeste, ganancia mínima 777.98 watts a las 11 hrs., y ganancia máxima 2212.50 watts a las 12 hrs. (Figura 2.15)



Figura 2.2 Dibujo del prototipo con losa plana y 10° de inclinación orientación Oeste

- La orientación Noroeste presenta una ganancia mínima de 874.77 watts a las 11 hrs., y una máxima de 2234.47 watts a las 14 hrs. (Figura 2.16)



Figura 2.216 Dibujo del prototipo con losa plana y 10° de inclinación orientación Noroeste

La Tabla 2.2.1, muestra las ganancias de calor en watts del Sistema con losas planas y 10° de inclinación, al igual que la hora en que se alcanzan estos valores.

Tabla 2.2.1. Sistema con losa plana y 10° de inclinación

ORIENTACIÓN	GANANCIAS DE CALOR SISTEMA CON LOSAS PLANAS Y 10° DE INCLINACIÓN			
	Mínimas (watts)	Hora	Máximas (watts)	Hora
Norte	1659.89	15	2092.03	13
Noreste	908.83	13	2235.66	12
Este	798.25	13	2215.29	12
Sureste	874.97	13	2233.88	12
Sur	541.24	12	960.26	14
Suroeste	881.01	11	2212.56	12
Oeste	777.98	11	2212.50	12
Noroeste	874.77	11	2234.47	14

La Tabla 2.2.2 muestra la captación de energía a través de las losas agrupándolas en ganancias mínimas y ganancias máximas. Tanto en la Tabla 2.2.1, como en la Tabla 2.2.2, se han resaltado de la columna de valores mínimos y máximos según corresponda.

Tabla 2.2.2. Ganancias de calor a través de losas, sistema de losas planas y 10° de inclinación

ORIENTACIÓN	GANANCIAS DE CALOR A TRAVÉS DE LOSAS SISTEMA CON LOSAS INCLINADAS 10°			
	Mínimas (watts)	Hora	Máximas (watts)	Hora
Norte	935.12	15	1829.75	12
Noreste	294.24	15	2177.02	12
Este	305.47	15	2172.12	12
Sureste	300.88	15	2167.45	12
Sur	283.14	15	516.89	12
Suroeste	495.59	11	2167.73	12
Oeste	485.89	11		12
Noroeste	492.08	11	2176.79	12

La Tabla 2.2.3, presenta las aportaciones caloríficas de los muros a las horas en las que el Sistema capta la mayor cantidad de energía durante del día; así mismo, muestra el porcentaje de aportación de este elemento respecto al Sistema a la hora indicada.

Tabla 2.2.3. Ganancias de calor a través de muros según hora seleccionada para sistema de losas planas y 10° de inclinación

ORIENTACIÓN	GANANCIAS DE CALOR A TRAVÉS DE MUROS SEGÚN HORA SELECCIONADA SISTEMA CON LOSAS PLANAS Y 10° DE INCLINACIÓN		
	Máxima (watts)	Hora	% de ganancia del muro respecto a ganancia máxima del sistema a la hora indicada
Norte	383.91	13	18.35
Noreste	58.64	12	2.62
Este	43.17	12	1.94
Sureste	66.43	12	2.97
Sur	559.60	14	58.27
Suroeste	44.83	12	2.02
Oeste	30.24	12	1.36
Noroeste	778.81	14	34.85

De la tabla 2.2.3, se observa que en promedio los muros aportan en las horas seleccionadas el 15.29 % de la energía total captada por el Sistema. De igual manera, nos permite ver que en el caso de la orientación Sur, a la hora en que el Sistema gana la mayor cantidad de energía posible –las 14:00 hrs- los muros reciben el 58.27 % del total.

2.3 Sistema con losas planas y 20° de inclinación

Al analizar el Sistema Compuesto con losas inclinadas 20° se obtuvieron los resultados que a continuación se enlistan; al igual que en los casos anteriores, al final, se presentan tres Tablas resumen, 2.3.1, 2.3.2 y 2.3.3, con la información en primer término, de las ganancias totales del Sistema, en segundo lugar se muestra las cantidades de energía captadas por las losas y en la tercera tabla se presenta la energía que los muros aportan en las hora en la que el Sistema obtiene los valores máximos.

- Orientación Norte: ganancia mínima 1740.42 watts a las 15 hrs., ganancia máxima 2134.23 watts a las 13 hrs. (Figura 2.17)

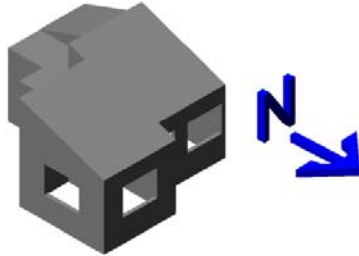


Figura 2.3 Dibujo del prototipo con losa plana y 20° de inclinación orientación Norte

- Orientación Noreste: ganancia mínima 963.82 watts a las 13 hrs., ganancia máxima 2215.69 a las 12 hrs. (Figura 2.18)



Figura 2.3 Dibujo del prototipo con losa plana y 20° de inclinación orientación Noreste

- Orientación Este: ganancia mínima 823.53 watts a las 13 hrs., ganancia máxima 2218.77 a las 12 hrs. (Figura 2.19)



Figura 2.3 Dibujo del prototipo con losa plana y 20° de inclinación orientación Este

- Orientación Sureste: ganancia mínima 928.67 watts a las 13 hrs., ganancia máxima 2276.81 watts a las 11 hrs. (Figura 2.20)



Figura 2.3 Dibujo del prototipo con losa plana y 20° de inclinación orientación Sureste

- Orientación Sur: ganancia mínima 547.32 watts a las 12 hrs., ganancia máxima 1007.90 watts a las 14 hrs. (Figura.2.21)

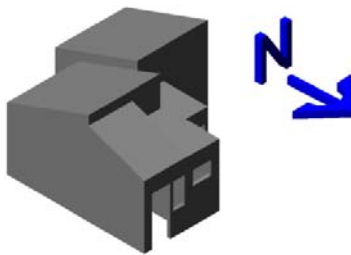


Figura 2.3 Dibujo del Prototipo con losa plana y 20° de inclinación orientación Sur

- Orientación Suroeste: ganancia mínima 940.25 watts a las 11 hrs., ganancia máxima 2211.92 a las 12 hrs. (Figura.2.22)



Figura 2.3 Dibujo del prototipo con losa plana y 20° de inclinación orientación Suroeste

- Orientación Oeste: ganancia mínima 818.82 watts a las 11 hrs., ganancia máxima 2225.58 watts a las 12 hrs. (Figura 2.23)



Figura 2.3 Dibujo del prototipo con losa plana y 20° de inclinación orientación Oeste

- Orientación Noroeste: ganancia mínima 921.79 watts a las 11 hrs., ganancia máxima 2364.92 watts a las 14 hrs. (Figura 2.24)



Figura 2.3 Dibujo del prototipo con losa plana y 20° de inclinación orientación Noroeste

La Tabla 2.3.1, muestra las ganancias de calor en watts del Sistema con losas planas y 20° de inclinación, estas se encuentran ordenadas por columnas en las que se presentan los valores mínimos y máximos, así como, las horas en que se alcanzan.

Tabla 2.3.1 Sistema con losa plana y 20° de inclinación

ORIENTACIÓN	GANANCIAS DE CALOR SISTEMA CON LOSAS INCLINADAS 20°			
	Mínimas (watts)	Hora	Máximas (watts)	Hora
Norte	1740.42	15	2134.23	13
Noreste	963.82	13	2215.69	12
Este	823.53	13	2218.77	12
Sureste	928.67	13	2276.81	11
Sur	547.32	12	1007.90	14
Suroeste	940.25	11	2211.92	12
Oeste	818.82	11	2225.58	12
Noroeste	921.79	11	2364.92	14

Mientras la Tabla 2.3.1 presenta las aportaciones caloríficas del Sistema compuesto, la Tabla 2.3.2 muestra las aportaciones mínimas y máximas de las losas, al igual que, la hora en que se alcanzan estos valores; también, se destacan los valores mínimos y máximos según corresponda a la columna.

Tabla 2.3.2. Ganancias de calor a través de losas, sistema de losas planas y 20° de inclinación

ORIENTACIÓN	GANANCIAS DE CALOR A TRAVÉS DE LOSAS SISTEMA CON LOSAS INCLINADAS 20°			
	Mínimas (watts)	Hora	Máximas (watts)	Hora
Norte	985.65	15	1838.50	12
Noreste	310.97	15	2181.47	12
Este	334.15	15	2171.84	12
Sureste	324.67	15	2162.21	12
Sur	288.07	15	518.65	12
Suroeste	507.78	11	2162.00	12
Oeste	488.13	11	2192.77	12
Noroeste	501.08	11	2181.47	12

La Tabla 2.3.3, permite ver el porcentaje de aportación de calor de los muros a la hora en que el Sistema alcanza los valores máximos.

Tabla 2.3.3. Ganancias de calor a través de muros según hora seleccionada para sistema de losas planas y 20° de inclinación

ORIENTACIÓN	GANANCIAS DE CALOR A TRAVÉS DE MUROS SEGÚN HORA SELECCIONADA SISTEMA CON LOSAS PLANAS Y 20° DE INCLINACIÓN		
	Máxima (watts)	Hora	% de ganancia del muro respecto ganancia máxima del sistema a la hora indicada
Norte	414.50	13	19.42
Noreste	34.22	11	1.54
Este	46.93	12	2.11
Sureste	495.88	11	21.77
Sur	603.56	14	59.88
Suroeste	49.71	12	2.24
Oeste	32.81	12	1.47
Noroeste	810.07	14	34.25

Como en el caso del Sistema con las inclinadas 10° , en éste, se aprecia que las orientaciones Noreste y Noroeste captan cantidades de energía cercanas a la máxima, la cual se presenta cuando el prototipo esta orientado hacia el Oeste. De igual forma se puede ver que la mayor captación de energía por parte de las losas se tiene a las 12:00 hrs.,

En la tabla 2.3.3 se aprecia el incremento de las aportaciones de energía al Sistema por parte de los muros, en este específico caso, los muros contribuyen en promedio con el 17.83 % de la energía calorífica del Sistema a la hora seleccionada -14:00 hrs. - y nuevamente, cuando el prototipo se orienta hacia el Sur, los muros captan el 59.88 % del calor total.

2.4 Sistema con losas planas y 30° de inclinación

Al analizar el prototipo con losas inclinadas 30° se obtuvieron los resultados enseguida descritos, mismos que se muestran organizados por columnas en la Tabla 2.4.1; adicionalmente se presentan las tablas 2.4.2 y 2.4.3 las cuales concentran los datos de las ganancias mínimas y máximas de las losas en primera instancia y, las ganancias de los muros en horas seleccionadas con la finalidad de facilitar el análisis de los resultados totales del Sistema.

- Orientación Norte: ganancia mínima 1832.97 watts a las 15 hrs., ganancia máxima 2182.33 watts a las 13 hrs. (Figura 2.24)

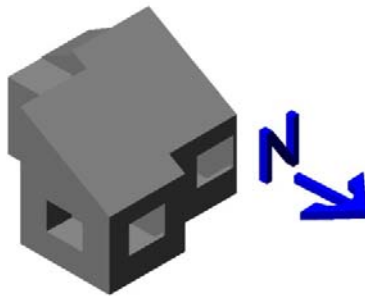


Figura 2.4 Dibujo del prototipo con losa plana y 30° de inclinación orientación Norte

- Orientación Noreste: ganancia mínima 1025.39 watts a las 13 hrs., ganancia máxima 2300.33 watts a las 11 hrs (Figura.2.25)

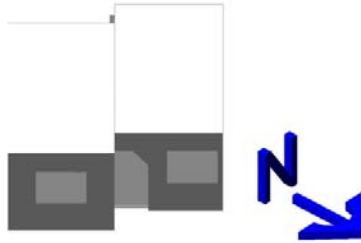


Figura 2.4 Dibujo del prototipo con losa plana y 30° de inclinación orientación Noreste

- Orientación Este: ganancia mínima 875.22 watts a las 13 hrs., ganancia máxima 2221.98 a las 12 hrs. (Figura.2.26)

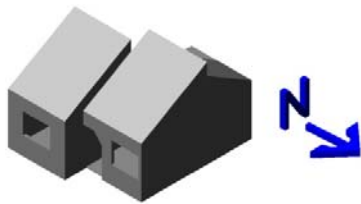


Figura 2.26 Dibujo del prototipo con losa plana y 30° de inclinación orientación Este

- Orientación Sureste: ganancia mínima 1005.83 watts a las 13 hrs., ganancia máxima 2354.53 watts a las 11 hrs. (Figura.2.27)



Figura 2.4 Dibujo del prototipo con losa plana y 30° de inclinación orientación Suroeste

- Orientación Sur: ganancia mínima 553.16 watts a las 12 hrs., ganancia máxima 1109.95 watts a las 14 hrs. (Figura.2.28)



Figura 2.4 Dibujo del prototipo con losa plana y 30° de inclinación orientación Sur

- Orientación Suroeste: ganancia mínima 1006.68 watts a las 11 hrs., ganancia máxima 2302.16 watts a las 14 hrs. (Figura 2.29)



Figura 2.4 Dibujo del prototipo con losa plana y 30° de inclinación orientación Suroeste

- Orientación Oeste: ganancia mínima 868.94 watts a las 11 hrs., ganancia máxima 2243.21 a las 12 hrs. (Figura 2.30)

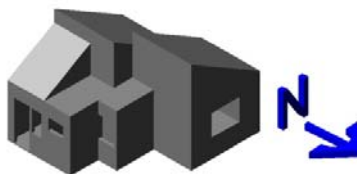


Figura 2.4 Dibujo del prototipo con losa plana y 30° de inclinación orientación Oeste

- Orientación Noroeste: ganancia mínima 997.85 watts a las 11 hrs., ganancia máxima 2513.60 watts a las 14 hrs. (Figura 2.31)



Figura 2.4 Dibujo del prototipo con losa plana y 30° de inclinación orientación Noroeste

La Tabla 2.4.1, muestra los valores mínimos y máximos de captación de energía calorífica del Sistema con losas planas con 30° de inclinación, así como la hora en que estos valores son alcanzados.

Tabla 2.4.1. Sistema con losa plana y 30° de inclinación

ORIENTACIÓN	GANANCIAS DE CALOR SISTEMA CON LOSAS INCLINADAS 30°			
	Mínimas (watts)	Hora	Máximas (watts)	Hora
Norte	1832.97	15	2182.33	13
Noreste	1025.39	13	2300.33	11
Este	875.22	13	2221.98	12
Sureste	1005.83	13	2354.53	11
Sur	553.16	12	1109.95	14
Suroeste	1006.88	11	2302.16	14
Oeste	868.94	11	2243.21	12
Noroeste	997.85	11	2513.60	14

La tabla 2.4.2 contiene los datos de las aportaciones máximas y mínimas por parte de las losas, así como, la hora en que se obtienen los valores antes mencionados.

Tabla 2.4.2. Ganancias de calor a través de losas, sistema de losas planas y 30° de inclinación

ORIENTACIÓN	GANANCIAS DE CALOR A TRAVÉS DE LOSAS SISTEMA CON LOSAS INCLINADAS 30°			
	Mínimas (watts)	Hora	Máximas (watts)	Hora
Norte	985.57	15	1848.78	12
Noreste	329.30	15	2186.07	12
Este	365.95	15	2170.77	12
Sureste	350.96	15	2155.48	12
Sur	489.75	11	519.55	12
Suroeste	520.81	11	2155.48	12
Oeste	489.75	11	2203.95	12
Noroeste	510.22	11	2186.07	12

De la Tabla 2.4.3, muestra los porcentajes de aportación de calor al Sistema en la hora en que éste alcanza los valores de captación máximos.

Tabla 2.4.3. Ganancias de calor a través de losas y muros según hora seleccionada para sistema de losas planas y 30° de inclinación

ORIENTACIÓN	GANANCIAS DE CALOR SEGÚN HORA SELECCIONADA SISTEMA CON LOSAS PLANAS Y 30° DE INCLINACIÓN		
	Máxima (watts)	Hora	% de ganancia del muro respecto ganancia máxima del sistema a la hora indicada
Norte	449.33	13	20.58
Noreste	420.00	11	18.25
Este	51.21	12	2.30
Sureste	524.44	11	22.27
Sur	702.26	14	63.45
Suroeste	711.84	14	30.92
Oeste	39.26	12	1.75
Noroeste	845.68	14	33.61

Los valores contenidos en la Tabla 2.4.1, muestran que la mayor ganancia de energía se tiene cuando la vivienda prototipo se orienta hacia el Noroeste. De la Tabla 2.4.2, destaca el hecho de que la mayor captación de energía por parte de las losas se tiene a las 12:00 hrs., en todas las orientaciones.

La Tabla 2.4.3, muestra la cantidad de energía captada por los muros en las horas en las que el Sistema capta la mayor cantidad de calor durante el día, lo que permiten mostrar a manera de porcentaje la aportación de este elemento al Sistema, aportación que, en promedio representa el 24.14 % del calor ganado por la vivienda.

En la búsqueda de una correlación entre el área de la vivienda y la ganancia de calor de los elementos de su envolvente, se presenta la Tabla 2.4.4 en la que se muestra la ganancia por metro cuadrado de vivienda; con el mismo propósito, se presentan los gráficos en donde se puede apreciar la de comportamiento al variar la inclinación de las techumbres.

Tabla 2.4.4 Ganancias de calor máximas para el sistema según ángulo de inclinación de las losas

Ganancia Máxima del Sistema según Ángulo de Inclinación de las Losas					
Ángulo de inclinación de las losas	Superficie de la vivienda	Ganancias		Orientación	Hora
		Máximas (Watts)	Por m2 de superficie de la vivienda		
0°	32	2713.17	84.78	Noroeste	14
10°	32	2234.47	69.82	Noroeste	14
20°	32	2364.92	73.9	Noroeste	14
30°	32	2513.6	78.55	Noroeste	14

La Tabla 2.4.4 permite ver que el Sistema obtiene la mayor cantidad de energía al orientarse hacia el Noroeste y que esto sucede a las 14 horas.

La Gráfica 2.1 muestra la tendencia en el comportamiento térmico de la vivienda mediante la comparación de la cantidad de energía que recibe el prototipo por m² de superficie construida, según la inclinación de las losas.



Gráfica 2.4 Comportamiento térmico de la vivienda al variar el ángulo de inclinación de las techumbres; las cantidades sobre la línea azul representan las ganancias máximas del sistema por m² en la orientación Noroeste.

Figura 2.2 Dibujo del prototipo con losa plana y 0° de inclinación orientación Noreste	7
Figura 2.3 Dibujo del prototipo con losa plana y 0° de inclinación orientación Este.....	7
Figura 2.4 Dibujo del prototipo con losa plana y 0° de inclinación orientación Sureste	7
Figura 2.5 Dibujo del prototipo con losa plana y 0° de inclinación orientación Sur	8
Figura 2.6 Dibujo del prototipo con losa plana y 0° de inclinación orientación Suroeste	8
Figura 2.7 Dibujo del prototipo con losa plana y 0° de inclinación orientación Oeste	8
Figura 2.8 Dibujo del prototipo con losa plana y 0° de inclinación orientación Noroeste	9
Tabla 2.1.1 Sistema con losas planas y 0° de inclinación.....	9
Tabla 2.1.2 Ganancias de calor a través de losas, sistema de losas planas y 0° de inclinación	10
Tabla 2.1.3 Ganancias de calor a través de muros según hora seleccionada para sistema de losas planas y 0° de inclinación	10
Tabla 2.2.1. Sistema con losa plana y 10° de inclinación	14
Tabla 2.2.2. Ganancias de calor a través de losas, sistema de losas planas y 10° de inclinación	14
Tabla 2.2.3. Ganancias de calor a través de muros según hora seleccionada para sistema de losas planas y 10° de inclinación	15
Tabla 2.3.1 Sistema con losa plana y 20° de inclinación	18
Tabla 2.3.2. Ganancias de calor a través de losas, sistema de losas planas y 20° de inclinación	19
Tabla 2.3.3. Ganancias de calor a través de muros según hora seleccionada para sistema de losas planas y 20° de inclinación	19
Tabla 2.4.1. Sistema con losa plana y 30° de inclinación	23
Tabla 2.4.2. Ganancias de calor a través de losas, sistema de losas planas y 30° de inclinación	24
Tabla 2.4.3. Ganancias de calor a través de losas y muros según hora seleccionada para sistema de losas planas y 30° de inclinación	24
Tabla 2.4.4 Ganancias de calor máximas para el sistema según ángulo de inclinación de las losas	25

CAPITULO 3

Análisis de datos

El presente apartado expone los hallazgos resultados de la revisión bibliográfica a la literatura relacionada, tanto la normativa, como la opinión emitida por expertos en el campo de estudio.

En primer término se presenta lo establecido en la reglamentación aplicable, así como las recomendaciones emitidas por las diferentes instituciones establecidas con la finalidad de orientar el desarrollo urbano del país, se enfatiza en este caso, en la normatividad relacionada con el tema de la vivienda del Estado de Quintana Roo y del municipio de Othón P. Blanco.

Como nota aclaratoria se especifica que en los documentos analizados en este apartado, las opiniones del autor aparecen en letras negritas.

3.1. *Comisión Nacional para la Vivienda. Recomendaciones para el ahorro de energía.*

Las "Recomendaciones para el ahorro de energía" son emitidas por la Comisión Nacional para la Vivienda (CONAVI), en este documento, se establecen directrices para el ahorro y uso eficiente de la energía para todo el país, al cual lo divide en regiones.

3.1.1. *Áreas de oportunidad para la eficiencia energética de la vivienda*

3.1.1.1. *Diseño de la vivienda nueva: arquitectura bioclimática.* En esta sección se emiten recomendaciones que consideran la orientación óptima, ventilación natural, materiales adecuados, control solar, entre otros aspectos.

El presente estudio coincide en lo planteado en el punto 3.1.1.1 ya que mediante el análisis de las ganancias de calor de la vivienda prototipo, se pretende emitir recomendaciones para la mejor orientación de las viviendas que se construyan en la ciudad de Chetumal y cuyo diseño sea igual al de este trabajo.

3.1.1.2. *Uso de tecnología para iluminación y climatización.* Este apartado afirma que "dos formas de disminuir el uso de energía para enfriar el ambiente son: aumentar el aislamiento de las casas y el uso de la energía solar pasiva mediante el diseño bioclimático y, el otro, es aumentar la eficiencia de los aparatos que se utilizan para ello.

Para fines prácticos, se considera que el diseño de la vivienda prototipo conjugado con la óptima orientación cumple con los criterios bioclimáticos.

3.1.1.3. *Adecuación bioclimática de la vivienda existente.* Aquí se menciona que "la elevación en el consumo de energía se relaciona con tres factores: el clima del lugar, la ineficiencia tecnológica y el diseño inadecuado de la vivienda, elementos que pueden presentarse

combinados o de manera individual”, de igual manera continua diciendo que “para ahorrar energía en los sistemas de climatización es necesario adecuar la envolvente de la vivienda, con la finalidad de mejorar su comportamiento térmico, lo cual puede lograrse con base en criterios bioclimáticos, como la ventilación natural, el control solar, el enfriamiento pasivo y el uso de material aislante...”(CONAVI, 2006: 27)

El estudio coincide en que un diseño adecuado afectará de manera determinante y positivamente el comportamiento térmico de la vivienda, generando con ello ahorros energéticos; sin embargo, a diferencia de la CONAVI que no dice la manera de determinar si un diseño es o no adecuado, en este trabajo se emiten opiniones basadas en los datos producto de los cálculos efectuados, así como, se propone una metodología susceptible de ser utilizada durante la etapa de diseño para comprobar las ganancias de calor de los elementos que conforman la envolvente, lo que permitiría desarrollar proyectos habitacionales a la medida.

3.1.2. *Recomendaciones bioclimáticas para el diseño de la vivienda por bioclima y ciudad.*

Aquí, el documento dice lo siguiente: “Ante cualquier condición climática, la vivienda debe intentar conseguir el máximo nivel de confortabilidad, lo cual implica el estudio de un fenómeno complejo en el que intervienen muchos parámetros y factores: el clima, el cual se puede entender como...el efecto a largo plazo de la radiación solar sobre la superficie y la atmósfera de la tierra en rotación” (CONAVI, 2006: 32).

Coincidiendo con lo expuesto por en el punto 3.1.2, el presente trabajo lleva a cabo un análisis de la cantidad de calor que ganan los elementos de la envolvente a través del día –de las 6:00 a las 18:00 hrs. -con la finalidad de determinar el efecto de la radiación solar sobre la vivienda, adentrándose en las particularidades de cada orientación y de las diferencias obtenidas debido a la geometría de los elementos de la envolvente (losas).

3.1.3. *Zonificación ecológica de México y sus características climáticas.*

Hace referencia al *Diseño de áreas verdes en desarrollos habitacionales (Conafovi, 2005)*, y ubica al espacio de estudio dentro de la zona ecológica 7 (selva cálida húmeda), en la cual en su sección denominada *diagnostico* dice: El confort se presenta en mayor porcentaje en los meses de noviembre a marzo a partir de las 9 de la mañana, aproximadamente, hasta las 22 horas. El frío aparece en los meses diciembre y enero (CONAVI, 2006: 38), con menor intensidad, adicionalmente menciona que los meses cálidos van de febrero a noviembre.

Mediante el análisis de los datos proporcionados por la comisión Nacional del Agua a través de las tablas denominadas "Normales Meteorológicas" y utilizando el concepto de "días grado" - como se presenta en el capítulo 1 en la sección correspondiente a Metodología - se llegó a la conclusión de que el 21 de mayo es el día más cálido del año, por lo cual se tomó como mes y día de diseño para el presente estudio. Así mismo, se comprobó que la mayor captación de calor por parte de los elementos de la envolvente se tiene entre las 11:00 y las 15:00 horas, por ello, se considera que la recomendación es muy abierta.

- 3.1.4. En su apartado *Recomendaciones bioclimáticas para el clima cálido húmedo*, en la parte correspondiente a *orientación de la vivienda*, recomienda orientar la vivienda hacia el Sureste al igual que su fachada más larga y, evitar la orientación Norte-Sur (CONAVI, 2006:



53). (Figura 3.1)

Figura 3.1 Orientación adecuada de la fachada más larga Fuente: CONAVI, 2006

De acuerdo con los datos obtenidos en el presente estudio, se puede decir que el confort térmico en el interior de la vivienda dependerá de las ganancias de calor a través de los elementos de la envolvente las cuales estarán determinadas por factores como: el diseño de la vivienda, la orientación y la geometría de los elementos de la envolvente. Lo anterior es posible aseverarlo debido a que los resultados del análisis realizado difieren de las recomendaciones emitidas por la CONAVI, siendo que para el presente caso, la orientación Sur es la que menor ganancia de calor presentó en los cuatro sistemas estudiados, seguida en orden ascendente por las ganancias obtenidas en la orientación Norte; paradójicamente, al orientar la vivienda hacia el Sureste, las ganancias de calor obtenidas se ubicaron en el segundo lugar, y cuando la fachada más larga se situó hacia el Sureste no se obtuvo la ganancia mínima.

En cuanto a los techos, recomienda que sean techos inclinados a diferentes niveles y que la altura entre piso y techo debe ser de 2.7 metros como mínimo (CONAVI, 2006: 54). (Figura 3.2)

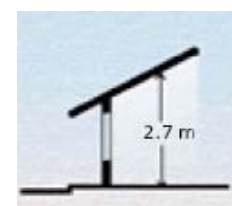


Figura 3.2 altura mínima recomendada. Fuente: CONAVI: 2006

Los datos obtenidos del presente estudio indican que, si bien, es cierto que la losa con geometría plana y 0° de inclinación demostró ser la que mayor cantidad de calor captó, también es cierto que el problema no se resuelve únicamente inclinando las losas, ya que los cálculos realizados demostraron que el Sistema (losa y muro), con losas planas y 10° de inclinación resultó ser el que menor captación de calor tuvo, igual quedó de manifiesto que a medida que aumentaba la inclinación de las losas se incrementaba la ganancia de calor de la vivienda; en primer término queda claro que mientras la inclinación de la losa se acerca a la Latitud del lugar donde se ubica, los rayos solares incidirán sobre la

superficie con un menor ángulo de inclinación, con lo cual aumentará la temperatura de la misma; en otro sentido se determinó que al elevar la inclinación de las losas, el Sistema aumentaba el área de captación total de energía, es decir, al incrementarse el ángulo de inclinación de las losas el área de las mismas aumentaba al igual que el área de los muros que las sostienen, hecho que queda demostrado con los datos obtenidos del análisis realizado a la vivienda prototipo con losas planas y 30° de inclinación. Cabe hacer mención que la altura mínima de la losa del caso de estudio es de 2.60 m., lo cual significa que, al aumentar en 10 centímetros la altura interior de la vivienda como lo recomienda la CONAVI, también aumentara en 3.8 % la captación de energía a través de los muros.

3.2. *Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001, eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales.*

Esta norma aún y cuando se refiere a la misma temática no es aplicable al caso específico de este estudio; sin embargo, se cita el anteproyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER, que no obstante de estar en proyecto, la metodología utilizada en el presente trabajo coincide con los términos y definiciones en este documento.

3.2.1. *Objetivo.* Esta norma limita las ganancias de calor de las edificaciones a través de su envolvente con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento.

El presente estudio busca determinar la geometría adecuada en las techumbres, así como, la óptima orientación de la vivienda para disminuir las ganancias de calor a través de la envolvente de la vivienda.

3.2.2. *Método de prueba (Cálculo de presupuesto energético)*

3.2.2.1. Cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio proyectado.

Las ganancias de calor a través de la envolvente del edificio proyectado, es la suma de la ganancia de calor por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar, es decir:

$$\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$$

Donde:

Φ_p es la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio proyectado, según el inciso en *W*;

Φ_{pc} es la ganancia de calor por conducción a través de las partes opacas y transparentes de la envolvente del edificio proyectado, determinada según el inciso 3.2.2.1.1, en W;

Φ_{ps} es la ganancia de calor por radiación solar a través de las partes transparentes de la envolvente del edificio proyectado, determinada según el inciso (3.2.2.1.2) en W;

3.2.2.1.1. *Ganancias de calor por conducción.*- es la suma de ganancias de calor a través de cada una de las componentes, de acuerdo con su orientación, y utilizando la siguiente ecuación:

$$\Phi_{pc} = \sum_{i=1}^6 \Phi_{pci}$$

Donde:

i son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur, 5 es oeste y 6 es superficie inferior.

Cualquier porción de la envolvente directamente en contacto sobre la tierra se considera que tiene una ganancia de calor cero. Sin embargo, si el edificio residencial proyectado tiene ganancia de calor a través del piso, éste debe considerarse como una superficie inferior, y su ganancia de calor debe sumarse a la del resto de la envolvente.

La ganancia de calor por conducción a través de la componente con orientación i , se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\Phi_{pci} = \sum_{j=1}^n [k_j \times A_j \times (t_{si} - t)]$$

En donde:

Φ_{pci} es la ganancia de calor por conducción a través de la componente con orientación i , en W;

j son las diferentes porciones que forman la parte de la componente de la envolvente. Cada porción tendrá un coeficiente global de transferencia de calor. Por ejemplo, una porción típica de una parte opaca de una pared, es un muro formado por un repellado o aplanado exterior, tabique y un repellado interior, o un repellado exterior, una placa de poliestireno expandido y un tapiz plástico en el interior;

K_j es el coeficiente global de transferencia de calor de cada porción determinado según el Apéndice B, en $W/m^2 K$;

A_{ij} es el área de la porción j con orientación i , en m^2 ;

t_{ei} es el valor de la temperatura equivalente promedio, para la orientación i , determinada según la Tabla 1, en $^{\circ}C$;

t es el valor de la temperatura interior del edificio residencial que se obtiene de la tabla 1 en $^{\circ}C$.

3.2.2.1.2. *Ganancias de calor por radiación.*- Es la suma de la ganancia por radiación a través de cada una de las partes transparentes, la cual se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\Phi_{ps} = \sum_{i=1}^5 \Phi_{pst}$$

Donde:

i Son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es Norte, 3 es Este, 4 es Sur, 5 es Oeste;
La ganancia de calor por radiación solar a través de la componente con orientación i se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\Phi_{pst} = \sum_{j=1}^m [A_{ij} \times CS \times FG_1 \times SE_{ij}]$$

Donde:

Φ_{pst} Es la ganancia de calor por radiación solar a través de las porciones transparentes de la envolvente del edificio proyectado, en W ;

j Son las diferentes porciones transparentes que forman la parte de la componente de la envolvente. Cada porción tendrá un coeficiente de sombreado, un coeficiente de ganancia de calor solar y un factor de corrección por sombreado exterior. Una porción típica de una porción transparente es una pared de vidrio, o con bloques de vidrio.

A_{ij} Es el área de la porción transparente j con orientación i , en m^2 ;

CS_j Es el coeficiente de sombreado del vidrio de cada porción transparente, según la especificación del fabricante, con valor adimensional entre cero y uno;

FG_j Es la ganancia de calor solar por orientación determinada según la Tabla 1 del Apéndice A (de la NOM-008-ENER-2001), en W/m²;

SE_{ij} Es el factor de corrección por sombreado exterior para cada porción transparente, determinado de acuerdo a las Tablas 2, 3, 4 y 5 según corresponda (de la NOM-008-ENER-2001), con valor adimensional entre cero y uno;

El software utilizado para la elaboración de los cálculos presentados en el estudio, esta basado en la metodología propuesta por la NOM-008-ENER-2001, para el cálculo de la ganancia de calor por conducción, tomando en consideración que la componente opaca de la envolvente denominada muro, está formada por acabos exterior e interior a base de mortero con características similares y block hueco de hormigón; así mismo, sus losas están conformadas por vigueta, bovedilla y una capa exterior de hormigón de 5 cms., de espesor, con acabado interior de 1.5 cms.

3.3. Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-020-ENER, “eficiencia energética en edificaciones”, envolvente de edificios residenciales.

La presente Norma es totalmente aplicable aún y cuando es un anteproyecto, por ello, se hace referencia a los conceptos y metodología coincidente con el presente trabajo.

3.3.1. Objetivo

Esta norma limita la ganancia de calor de los edificios residenciales a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento

3.3.2. Campo de aplicación

Esta norma aplica a todos los edificios nuevos de uso residencial y las ampliaciones. Si el uso del edificio dentro del campo de aplicación de esta norma, constituye el 90 por ciento o más del área construida, esta norma aplica a la totalidad del edificio.

3.3.3. Método de prueba (Cálculo de presupuesto energético)

A continuación se describe el método de cálculo para la envolvente de los edificios residenciales proyectado y de referencia, o presupuesto energético (3.3.3.1).

3.3.3.1. Cálculo del presupuesto energético

A continuación se describe los cálculos de la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio residencial proyectado y del edificio residencial de referencia.

3.3.3.1.1. Cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio residencial proyectado.

Las ganancias de calor a través de la envolvente del edificio residencial proyectado, es la suma de la ganancia de calor por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar.

$$\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$$

Donde:

Φ_p es la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio residencial proyectado, en W;

Φ_{pc} es la ganancia de calor por conducción a través de las partes opacas y no opacas de la envolvente del edificio residencial proyectado, determinada según el inciso (...1) en W;

Φ_{ps} es la ganancia de calor por radiación solar a través de las partes no opacas de la envolvente del edificio residencial proyectado, determinada según el inciso (...2) en W;

3.3.3.1.1.1. Ganancias de calor por conducción.- es la suma de ganancias de calor a través de cada una de las componentes, de acuerdo con su orientación, y utilizando la siguiente ecuación:

$$\Phi_{pc} = \sum_{j=1}^6 \Phi_{pcj}$$

Donde:

i son las diferentes orientaciones: 1 es techo, 2 es norte, 3 es este, 4 es sur, 5 es oeste y 6 es superficie inferior.

Cualquier porción de la envolvente con directamente sobre la tierra se considera que tiene una ganancia de calor cero. Sin embargo, si el edificio residencial proyectado

tiene ganancia de calor a través del piso, éste debe considerarse como una superficie inferior, y su ganancia de calor debe sumarse a la del resto de la envolvente.

La ganancia de calor por conducción a través de la componente con orientación i , se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\Phi_{pci} = \sum_{j=1}^n [k_j \times A_{ij} \times (t_{ei} - t)]$$

Donde:

Φ_{pci} es la ganancia de calor por conducción a través de la componente con orientación i , en W;

j son las diferentes porciones que forman la parte de la componente de la envolvente. Cada porción tendrá un coeficiente global de transferencia de calor. Por ejemplo, una porción típica de una parte opaca de una pared, es un muro formado por un repellado o aplanado exterior, tabique y un repellado interior, o un repellado exterior, una placa de poliestireno expandido y un tapiz plástico en el interior;

K_j es el coeficiente global de transferencia de calor de cada porción determinado según el Apéndice B, en $W/m^2 K$;

A_{ij} es el área de la porción j con orientación i , en m^2 ;

t_{ei} es el valor de la temperatura equivalente promedio, para la orientación i , determinada según la Tabla 1, en $^{\circ}C$;

t es el valor de la temperatura interior del edificio residencial que se obtiene de la tabla 1 en $^{\circ}C$.

3.3.3.2. Orientación.

Debido a que la ganancia de calor a través de las paredes varía con la orientación, se establecen en esta norma las siguientes convenciones:

Norte: cuyo plano normal esta orientado desde 45 al Oeste y menos de 45 al Este del Norte verdadero.

Este: cuyo plano normal esta orientado desde 45 al Norte y menos de 45 al Sur del Este verdadero.

Sur: cuyo plano normal esta orientado desde 45 al Este y menos de 45 al Oeste del Sur verdadero.

Oeste: cuyo plano normal esta orientado desde 45 al Sur y menos de 45 al Norte del Oeste verdadero.

Coincidiendo en el hecho de que las ganancias de calor varían con la orientación, se decidió efectuar cálculos en ocho diferentes orientaciones:

Norte: cuyo plano normal esta orientado directamente hacia el Norte verdadero.

Noreste: cuyo plano normal esta orientado a 45° tanto del Norte como del Este verdaderos.

Este: cuyo plano normal esta orientado directamente hacia el Este verdadero.

Sureste: cuyo plano normal esta orientado a 45° tanto del Este como del Sur verdaderos.

Sur: cuyo plano normal esta orientado directamente hacia el Sur verdadero.

Suroeste: cuyo plano normal esta orientado a 45° tanto del Sur como del Oeste verdaderos.

Oeste: cuyo plano normal esta orientado directamente hacia el Oeste verdadero.

Noroeste: cuyo plano normal esta orientado a 45° tanto del Oeste como del Norte verdaderos.

3.4. *Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.*

Aún y cuando esta Ley tiene como objeto el aprovechamiento sustentable de la energía en todos sus procesos (incluyendo el consumo), no plantea medida alguna que permita disminuir las ganancias de calor en las viviendas, dejando a lado un importante sector de demanda energética.

3.5. *Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente del Estado de Quintana Roo*

Esta ley se toma en consideración ya que como parte de sus objetivos se encuentra la corrección de los desequilibrios que afectan la calidad de vida de la población y que plantea la necesidad de tomar en cuenta el diseño y la construcción de las viviendas, como a continuación se describe:

3.5.1. Artículo 27.- Para la regulación ecológica de los asentamientos humanos, las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Estatal y los Municipios considerarán los siguientes criterios específicos:

3.5.1.1. La política ecológica en los asentamientos humanos requiere, para ser eficaz, de una estrecha vinculación con la planeación urbana y con el diseño y construcción de la vivienda;

3.5.1.2. La política ecológica debe buscar la corrección de aquellos desequilibrios que deterioran la calidad de vida de la población, y a la vez prevé las tendencias de crecimiento de los asentamientos humanos orientándolos hacia zonas aptas para este uso, a fin de mantener una relación suficiente entre la base de recursos y la población y cuidar de los factores ecológicos y ambientales que son parte integrante de la calidad de vida; y

3.5.2. Artículo 30.- El programa estatal de vivienda y las acciones que se comprendan en esta materia, promoverán

3.5.2.1. Inciso II. El aprovechamiento óptimo de la energía solar, tanto para uso doméstico como para el uso industrial;

3.5.2.2. Inciso III. Los diseños que faciliten la ventilación natural;

3.5.2.3. Inciso IV. El uso de materiales de construcción apropiados al medio ambiente y a las tradiciones regionales

Esta Ley considera necesario tomar en cuenta el diseño y la construcción de las viviendas, sin embargo, evita emitir recomendación alguna que permita determinar cual es el diseño adecuado y cuales serán las medidas a tomar para el aprovechamiento óptimo de la energía solar que permitan incrementar la calidad de vida de la población, delegando la responsabilidad a las entidades encargadas del desarrollo urbano en el Estado.

3.6. *La Ley de Fraccionamientos del Estado de Quintana Roo.*

3.6.1 Capítulo III. De las Características de los Lotes

3.6.1.1. Artículo 14.- Las características mínimas que deberán cumplir los lotes en los fraccionamientos habitacionales urbanos son:

3.6.1.2. I. Fraccionamientos Habitacionales Urbanos de Tipo residencial :

Los lotes no podrán tener un frente menor de 12 metros ni una superficie menor de 300 metros cuadrados.

Se destinará a espacios libres, como mínimo el 30% de la superficie total de cada lote, y Las construcciones deberán remeterse cuando menos 4 metros del alineamiento.

3.6.1.3. II. Fraccionamientos Habitacionales Urbanos de Tipo Medio :

Los lotes no podrán tener un frente menor de 10 metros ni una superficie menor de 200 metros cuadrados.

Se destinará a espacios libres, como mínimo el 20% de la superficie total de cada lote, y las construcciones deberán remeterse cuando menos 2 metros del alineamiento.

3.6.1.4. III. Fraccionamientos Habitacionales Urbanos de Tipo Interés Social y 77 o popular :

Los lotes no podrán tener un frente menor de 7.20 metros, ni una superficie menor de 110 metros cuadrados.

Se destinará a espacios libres, como mínimo el 20% de la superficie total de cada lote, y Las construcciones deberán remeterse cuando menos 2 metros del alineamiento.

Para el caso de los lotes para el desarrollo de unidades habitacionales de interés social, la Ley de Fraccionamiento de Estado de Quintana Roo establece los criterios que se deberán tomar en cuenta a la hora de solicitar la autorización para fraccionar un predio, dentro de estos criterios, no considera la importancia de la orientación de los lotes, lo cual, como los datos del presente estudio demuestran, tienen una enorme influencia en las cantidades de calor que las viviendas captan.

3.7. *Reglamento de Desarrollo Urbano y Seguridad Estructural para el Municipio de Othón P. Blanco.*

Entre los objetivos del presente estudio se encuentra el realizar una aportación a este Reglamento en el caso específico de la construcción de viviendas de interés social, por ello, es menester presentar la revisión hecha al mismo haciendo notar las coincidencias, las discrepancias y las omisiones.

3.7.1. Título Tercero Construcción

3.7.1.1. Capítulo I, de los procedimientos constructivos

3.7.1.1.1. Sección I, albañilería, acabados y fachadas.

3.7.1.1.1.1. Artículo 96. NORMAS MÍNIMAS. Los techos y muros de exteriores de locales habitables en general deberán garantizar mínimas aceptables de bienestar térmico en interiores. Para cumplir con esta disposición, deberán observarse los siguientes requisitos:

3.7.1.1.1.2. Los techos y muros exteriores deberán satisfacer los requerimientos que se establecen en las normas técnicas complementarias sobre: El factor de ganancia solar (FGS) máximo permitido, transmitancia térmica (U) máxima – o resistencia térmica (R) mínima y absorbidad solar (A) de las superficies expuestas y sobre las combustiones permitidas de la A y U que den como resultado el mismo valor de FGS recomendado.

3.7.1.1.1.3. Con el fin de que la conductividad térmica de los materiales de construcción en techos y muros exteriores no aumente con la humedad y en *consecuencia aumente con la humedad* (sic) y en consecuencia aumente el factor de ganancia solar (FGS) máximo permitido, el nivel de impermeabilidad exterior de techos y muros deberá corresponder al que se establece en las normas técnicas complementarias, según sea la precipitación pluvial total anual del municipio.

En su artículo 96, el reglamento acepta la existencia de condiciones mínimas aceptables de bienestar térmico en el interior de las edificaciones, sin mencionar cuales son estas, así mismo, menciona la existencia de *normas técnicas complementarias* en las cuales se establecen los requerimientos que deberán cumplir los techos y muros sobre el Factor de Ganancia Solar, y ya que el tema en cuestión es el de las ganancias de calor a través de estos elementos de la envolvente, se hace obligatoria la revisión de estas normas, lo cual no fue posible debido a que no se encuentran en el reglamento, ni se hace mención de documento alguno susceptible de ser tomado en consideración para subsanar esta deficiencia. De igual manera, se hace imposible dejar de observar que aún y cuando se conociera el multicitado *Factor de Ganancia Solar máximo permitido*, el reglamento no establece una metodología que permita llevar a cabo un análisis para determinar si se cumple o no con esos parámetros.

El trabajo que se presenta, considera las cargas térmicas como ganancias de calor de los elementos de la envolvente, es decir, la cantidad de energía que captan los muros y las losas de las techumbres, tomando en consideración las características de los materiales utilizados en la región, los cuales son utilizados para la construcción de las viviendas de interés social (como el caso de la vivienda prototipo). Así mismo, se analizan 4 diferentes diseños de techumbres en 8 orientaciones distintas; adicionalmente, el desarrollo del trabajo presenta una propuesta metodológica para la evaluación de las cantidades de energía que captará una edificación, la cual de llegar reproducirse, facilitaría la toma de decisiones a la hora de diseñar una vivienda o cualquier otro tipo de construcción en esta latitud.

3.8. *Manual de Saneamiento vivienda, agua y desechos elaborado por la Secretaria de Salubridad y Asistencia.*

El documento presenta mediante la figura 3.8.1 la forma en que considera deberá ser orientada la vivienda construida en las zonas con clima cálido húmedo, el cual acorde con Köeppen es la clasificación del clima de la ciudad de Chetumal.

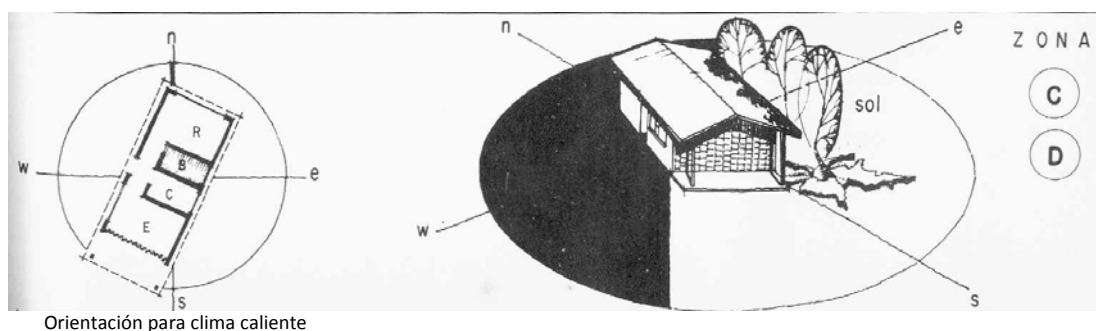


Figura 3.3 Representación gráfica de la orientación adecuada en zonas cálidas húmedas.

Fuente: Manual de saneamiento vivienda, agua y desechos

Los datos aportados por el presente estudio, demuestran que seguir la propuesta del Manual de Saneamiento no sería lo apropiado, al menos en cuanto a la captación de energía, y debido a que no es el objetivo del presente estudio el análisis del efecto del viento sobre la vivienda se omite comentarios adicionales.

A continuación, se presentan sólo dos hallazgos producto de la revisión bibliográfica de trabajos desarrollados por expertos en la materia, que representan ejemplos sobre el tema tratado.

3.9. *La casa ecológica autosuficiente*

Los autores Deffis y Molina (1988) plantean lo que abajo se describe:

3.9.1. Conceptos básicos sobre la transmisión de calor

3.9.1.1. Radiación: consiste en la incidencia directa e indirecta de partículas luminosas. Se recibe por exposición directa o reflejada de la fuente de calor.

3.9.1.2. Conducción: es el paso de calor a través de las moléculas de un material sólido. Los materiales tienen distintas resistencias al paso del calor. Entre más duros y pesados, transmiten más calor (el concreto). Los más suaves o porosos oponen a su paso (tezontle o madera).

3.9.1.3. Convección: es el transporte del calor mediante el movimiento de un fluido, aire, agua, etc.

El control de la suma de los tres fenómenos mediante un diseño adecuado, dará como resultado la comodidad térmica o climática. Por el contrario, la falta de cuidado en el diseño de estos aspectos, motiva incomodidades que pueden afectar las actividades que se llevan a cabo en el interior de una construcción.

3.9.2. Tipos de ganancia de calor.

3.9.2.1. Ganancia directa: es aquella que se obtiene mediante la incidencia de la radiación solar o incandescente. Este tipo de ganancia se controla fácilmente mediante la interposición de un elemento opaco entre la fuente luminosa y el receptor.

3.9.2.2. Ganancia indirecta: es la que emiten los cuerpos calientes no incandescentes.

3.9.2.3. Ganancia aislada: se recibe por medio de un elemento colector ubicado en el exterior de una construcción. A partir de este se transmite al interior mediante convección natural o circulación forzada.

Las ganancias directa o indirecta son las responsables de la falta de comodidad bioclimática en obras arquitectónicas en las que predomina el vidrio en las fachadas.

3.9.3. Conductividad e inercia térmica. La conductividad térmica indica la cantidad de calor que pasa por una superficie en cierta unidad de tiempo y por cada grado de temperatura.

La inercia térmica indica el tiempo que tarda en fluir el calor almacenado en un muro o una techumbre.

Tabla 3.9.3.1. Conductividad e inercia térmica de algunos materiales

CONDUCTIVIDAD E INERCIA TÉRMICA DE ALGUNOS MATERIALES		
Material	Conductividad	Inercia
Aire	0.021	5.45
Agua	0.50	61.8
Ladrillo	0.63	31.5
Piedra	1.56	21.8
Concreto	1.3 – 1.5	30.1
Tezontle	0.16	-----
Adobe	0.50 – 0.70	-----
Tierra seca	0.50	1.54
Madera seca	0.10 – 0.18	58.0
Madera prensada	0.07	72
Corcho	0.037	67
Vidrio	1.25	46
Fibra de vidrio	0.03	-----

Fuente: la casa ecológica autosuficiente

Haciendo referencia al texto en comento, el presente estudio únicamente considera las ganancias directas provenientes de la incidencia de la radiación solar sobre los elementos de la envolvente.

3.9.4. Orientación y asoleamiento (conceptos referidos al hemisferio Norte)

En términos generales la orientación es el elemento más importante en la climatización de un edificio, ya que de esta dependerá la ganancia térmica a la que se encuentran expuestos sus muros y vanos.

Tabla 3.9.4.1. Tiempo de asoleamiento diario

TIEMPO DE ASOLEAMIENTO DIARIO		
Fachada	Asoleamiento	Promedio
Sur	12	Horas
Este y Oeste	6	Horas
Norte	0	Horas(*)
Sureste y Suroeste	9	Horas
Noreste y Noroeste	3	Horas

Fuente: la casa ecológica autosuficiente

(*) Dependiendo de la latitud, la insolación es mínima.

La investigación desarrollada, coincide con el autor, en que la orientación representa uno de los factores más importantes a considerar a la hora de diseñar una vivienda, sin embargo, difiere con los datos expuestos en la tabla 3.9.4.1, ya que el análisis de los resultados muestran que sobre la fachada norte también inciden los rayos solares, lo cual se puede comprobar por simple inspección en la figura 3.9.4.2 al comparar las curvas correspondientes a los meses de mayo, junio y julio.

Las fachadas oriente y poniente tienen asoleamiento profundo difícil de controlar mediante aleros. Requiere de elementos adicionales: celosías o quebrasoles para evitar su incidencia en climas cálidos.

La fachada Sur tiene asoleamiento durante todo el día en invierno; sin embargo, mediante aleros fácilmente se puede controlar la penetración solar. (Fig.3.9.4.1)

Como se puede observar en la figura 3.9.4.2, la curva que describe el recorrido del sol durante el día en invierno, difiere de la imagen presentada en la figura 3.9.4.1 la cual representa la conceptualización del autor del texto que se analiza.

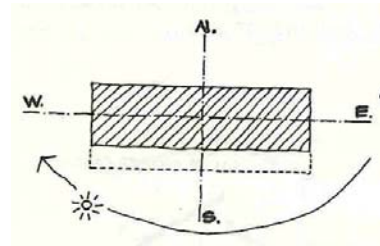


Figura 3.4 Recorrido del sol durante el día en invierno

Fuente: La ecológica autosuficiente

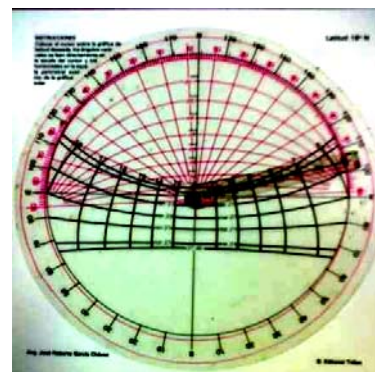


Figura 3.5 Estereógrafo

En este esquema se pueden apreciar las trayectorias aparentes del Sol y la forma en que influye en el asoleamiento de las fachadas Sur y Norte. (Fig.3.9.4.3)

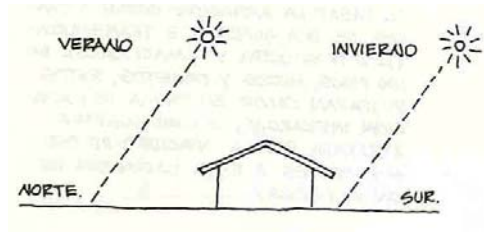


Figura 3.6 Trayectoria aparente del Sol en verano e invierno

Fuente: La ecológica autosuficiente

3.9.5. Formas construidas y ganancias de calor

La absorción de calor por radiación es mayor en las techumbres planas.

Cada 10° de inclinación del plano de la techumbre, representa de 10 a 15 % de menor ganancia de calor por radiación aproximadamente. (Fig. 3.9.5.1)

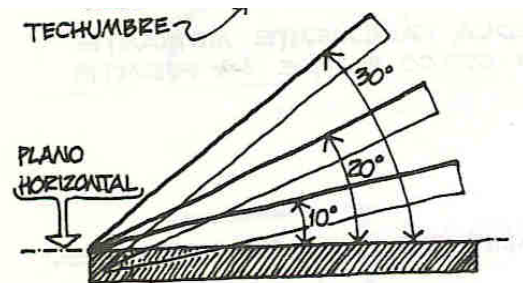


Figura 3.7 Inclinaciones propuestas para las techumbres planas

Fuente: La casa ecológica autosuficiente

Mediante el análisis llevado a cabo a los resultados de la investigación, se constató la importancia que tiene la inclinación de las techumbres planas respecto de la variación de la cantidad de calor que reciben, no obstante, difiere

del texto en cuanto a los porcentajes de reducción en las ganancias que el autor afirma tener al ir elevando el ángulo de las mismas; acorde con la investigación, en el mejor de los casos el porcentaje de reducción fue del orden de los 7.95 % al pasar de 0° a 10° de inclinación en todas las orientaciones analizadas, ya que al cambiar la inclinación de 10° a 20°, la ganancia disminuyó en tan sólo 0.41 %, y al llegar a los 30° la reducción fue de 0.78 %; en síntesis, la disminución total al pasar de 0° a 30° de inclinación fue de 9.05 % y, este fenómeno únicamente se presenta en las orientaciones Sureste y Suroeste; posterior a la disminución de energía calorífica resultado de la variación en la inclinación de 0° a 10°, las orientaciones Norte, Noreste, Este y Noroeste experimentaron un ligero incremento en la ganancia de calor al cambiar de 10° a 20° y, al variar el ángulo de inclinación de 20° a 30° nuevamente se eleva este valor, con lo que la disminución total en estas orientaciones se reduce de 7.95 % a 7.20 % aproximadamente.

En las techumbres la ganancia de calor por conducción es menor debido a que la radiación solar es perpendicular a la bóveda en un solo punto. En los muros acontece otro tanto.

Los muros y las techumbres de una construcción son elementos que ganan y almacenan calor. Además del tipo de material, su espesor y orientación, la forma del elemento constructivo incide en el volumen de la ganancia de calor.

Disminución de ganancia de calor según la forma:

Plana.

Los rayos solares pueden ser perpendiculares a toda la superficie

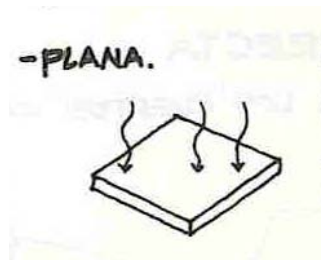


Figura 3.8 Losa plana 0° de inclinación

Fuente: La casa ecológica autosuficiente

Dos aguas

Puede ser solo la mitad

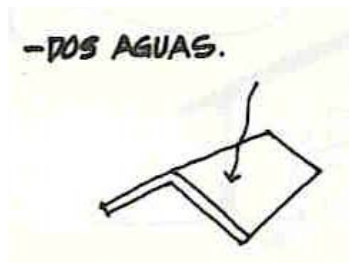


Figura 3.9 Losa plana a dos aguas

Fuente: La ecológica autosuficiente

Cuatro aguas
Puede ser solo una cuarta parte



Figura 3.10 Losa plana a cuatro aguas

Fuente: La ecológica autosuficiente

Bóveda de cañón
Son perpendiculares solo una línea en cada bóveda.



Figura 3.11 Losa en forma de bóveda de cañón

Fuente: La ecológica autosuficiente

Bóveda esférica
Son perpendiculares solo a un punto de la esfera.



Figura3.12 losa con geometría esférica

Fuente: La ecológica autosuficiente

La investigación desarrollada se enfocó de manera exclusiva al análisis de las losas planas, variando su inclinación y la orientación de las mismas, sin embargo, esto permite ver que la disminución de las ganancias no se da en el sentido que el autor propone, ya que estas varían de acuerdo con la geometría (forma) y la orientación, además de que si la incidencia de los rayos solares se da de manera perpendicular sobre un área en particular, esto no impide que las aéreas adyacentes capten energía con un ángulo diferente.

3.9.6. Uso racional de la energía eléctrica

En las regiones de clima cálido donde un mal entendido ahorro en la construcción de las viviendas "prototipo" de interés social dada su reducida área cubierta y los materiales usados, la aportación de calor es muy intensa. Es fácil comprender al ver estos "prototipos" construidos en el sureste (Fig.3.9.6.1), o en el noroeste de nuestro país, que los usuarios en verano no soportan el calor en su interior e instalan sistemas de refrigeración, que demandan gran cantidad de energía eléctrica.

Para el acondicionamiento climático de bajo costo, conviene elegir una orientación adecuada tomar en los vientos dominantes para posibles ventilaciones cruzadas, una adecuada altura de piso a techo, una distribución interior que permita aereamiento, techos lo suficientemente volados para sombrear los muros o ventanas...

El presente trabajo realiza un análisis de las ganancias de calor a través de la envolvente del edificio en ocho distintas orientaciones y cuatro diferentes inclinaciones de las losas, tomando en consideración las áreas de sombra provocadas por el diseño propio de la construcción, los resultados, muestran que para el caso específico de la vivienda prototipo, la orientación en la que menor cantidad de energía se captaba era la Sur, la cual en conjunto con un sistema de losas de geometría plana y 10° de inclinación lograba disminuir aún más la radiación solar incidente.

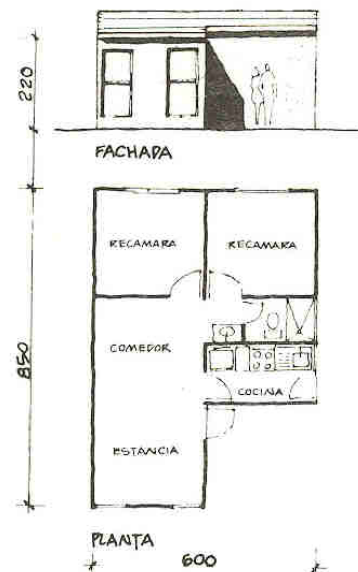


Figura 3.13 Diseño para casa de interés social para el Sureste del país.

Fuente: La casa ecológica autosuficiente

3.10. Acondicionamiento bioclimático.

King, D., plantea que la fachada más larga debe estar orientada hacia el eje eólico y en la Fig. 3.10.1., muestra a la fachada principal orientada hacia el Sureste.



Figura 3.14 Orientación de la fachada principal

Fuente: Acondicionamiento bioclimático

Así mismo, sugiere que el tipo de techo para esta región del país debe ser inclinado a diferentes niveles (Fig. 3.10.2), hecho que coincide con la propuesta del estudio.

Al igual que otros autores, King dice que la altura mínima de la techumbre deberá ser de 2.70 m.

El caso de estudio, analiza el efecto que tiene el variar la inclinación de las techumbres y la orientación sobre la ganancia de calor de la vivienda, no se abordó el tema de la ventilación, ni el del comportamiento del aire en el interior del prototipo, por lo que no se cuenta con datos respecto a la altura adecuada para interiores.



Figura 3.15 Conceptualización de la forma en que se deben construir las losas en esta región

Fuente: acondicionamiento bioclimático

CAPITULO 4

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Se debe evitar el generalizar las recomendaciones para la orientación de las viviendas a ser edificadas.
- Para estar en posibilidad de definir la mejor orientación de una vivienda por edificar, se debe llevar a cabo un análisis de las ganancias de calor de los elementos de su envolvente, tomando en consideración las diferentes orientaciones.
- El período crítico de incidencia solar, se encuentra comprendido entre las 11:00 y las 15:00 horas.
- Es recomendable analizar a la vivienda como un sistema compuesto (muros y losas)
- El análisis realizado al prototipo arrojó que el sistema que mayor energía calorífica capta, es el que cuenta con losas planas y 0° de inclinación.
- El hecho de variar la inclinación de las losas no asegura la disminución de las ganancias de calor de la vivienda.
- Al analizar el prototipo, el sistema que menor ganancia obtuvo en las ocho orientaciones propuestas, fue el que contaba con 10° de inclinación en sus losas.
- Para el caso de estudio, las ganancias máximas se obtienen al orientar al prototipo hacia el Noroeste.
- Las 14 horas es el momento de mayor captación de energía calorífica.
- Para el caso en el que la vivienda se orienta hacia el Noroeste, a la hora de mayor captación, las losas reciben en promedio el 67.42 % de la energía radiante que recibe el edificio.
- Para el caso de estudio, las ganancias mínimas se obtienen al orientar al prototipo hacia el Sur.
- Cuando el prototipo se orienta hacia el Sur, las ganancias de calor por parte de las losas, a la hora de mayor captación, representa el 52.10 % del total de la energía que recibe el modelo.
- El ángulo con que inciden los rayos solares sobre las superficies guarda una relación directa con la ganancia de calor del elemento, mientras menor sea el ángulo de incidencia, menor será la ganancia de calor.
- La inclinación de las losas determinará el ángulo con que incidan los rayos solares en ella, mientras más cercano sea el ángulo de inclinación de la losa a la declinación del lugar, mayor será el ángulo de incidencia de los rayos solares.
- El diseño de la vivienda determina el área que estará expuesta a la radiación solar, y los ángulos con ésta incidirá sobre los elementos de su envolvente.
- La orientación en conjunto con el diseño de la vivienda, influirá de manera determinante, en cuanto a la cantidad de calor que gane el edificio.

Recomendaciones

- Si sé esta en posibilidad de definir la orientación de los lotes, se deberán revisar las condiciones locales, con la finalidad de realizar el trazo más adecuado al diseño de las viviendas.
- Las viviendas con un diseño igual al del presente estudio, deberán construirse orientando su fachada principal hacia el Sur.
- Evitar en la medida de lo posible las losas planas con 0° de inclinación.
- Al construir cualquier tipo de edificación las losas planas deberán contar con una inclinación de 10°.
- Se deberá procura dividir las losas para estar en posibilidad de variar la orientación de las mismas de manera independiente.

REFERENCIAS

- Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología. *Ley De Fraccionamientos Del Estado De Quintana Roo*
- Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología. *Reglamento de Construcción del Municipio de Othón P. Blanco*
- Instituto de Vivienda de Q. Roo. *Ley Del Instituto De Fomento a La Vivienda y Regularización De La Propiedad Del Estado De Quintana Roo*
- Tudela, F. *Ecodiseño*. Ed. UAM. México, 1982
- Lacomba R., et al. *Manual De Arquitectura Solar*. Ed. Trillas, México, 1991
- Díaz R., Morillón D. *Comportamiento Térmico De La Vivienda De Interés Social En Diferentes Regiones Climáticas Del País*. En: Vigésima Tercera Semana Nacional de Energía Solar, paginas 143-147. Ed. Asociación Nacional de Energía Solar A.C. México, 1999. **Memorias**
- Morillón, D. *Historia Y Práctica La Arquitectura Bioclimática En México*, en Instituto de Ingeniería UNAM [En línea]. México, disponible en <http://www.funtener.org/pdfs/mori.pdf> [accesado el 23 de abril de 2007] documento. UNAM. Instituto de Ingeniería.
- Bueno M. *El Gran Libro De La Casa Sana*. Ed. Roca. México, 1994 Pag.173
- Crisóstomo A, Morillon D. *Recomendaciones Para El Diseño Del Control Solar*. En: Vigésima Sexta Semana de Energía Solar, paginas 151-154. Asociación Nacional de Energía Solar A.C. México, 2002. **Memorias**
- Chargoy, P. Chargoy E. *Prototipo Urbano De Vivienda De Interés Social Para Un Sistema Subtropical Húmedo*. En: Vigésima Sexta Semana de Energía Solar, paginas 93-97. Asociación Nacional de Energía Solar A.C. México, 2002. **Memorias**
- Deffis, A. y Molina. S. *La Casa Ecológica Autosuficiente (Climas Cálido Y Tropical)*. Impresos de Alba. México, 1988 Pag.42-119
- De la Paz G. *Protección Solar Vs Sentido Común En La Arquitectura Cubana: Propuesta Para La Formación Del Arquitecto*. En: Vigésima Sexta Semana de Energía Solar, paginas 131-135. Asociación Nacional de Energía Solar A.C. México, 2002. **Memorias**

- Mitchell, J.y de Rosa (2007) *Propuesta de mejoramiento de las Condiciones de Confort Térmico Interior del Habilidad Social a partir de Sobre Costo Cero*.En: documento Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda, Instituto de Ciencia Humanas Sociales y Ambientales. [En línea]. Mendoza, disponible en <http://www.cricyt.edu.ar/lahv/atm/index.php?action=downloadfile&filename=vivasa.pdf&directory=vivienda%20social> [Accesado el 19 de noviembre de 2007].

BIBLIOGRAFIA

- Adams, R., (1987) *Calor Solar En Su Casa*. Madrid, Ed. Paraninfo.
- Brown, G., (1994) *Sol, Luz y Viento Estrategias Para El Diseño Arquitectónico*. México, Ed. Trillas.
- Bueno, M., (1994) *El Gran Libro De La Casa Sana*. México, Ed. Roca.
- Chargoy, P. y E. Chargoy, (2002) "Prototipo Urbano De Vivienda De Interés Social Para Un Sistema Subtropical Húmedo" En Vigésima Sexta Semana de Energía Solar, México, Asociación Nacional de Energía Solar A.C. **Memorias**
- Crisóstomo, A. y D. Morillon (2002) "Recomendaciones Para El Diseño Del Control Solar" en Vigésima Sexta Semana de Energía Solar, México, Asociación Nacional de Energía Solar A.C. **Memorias**
- D.I.S., S.S.A. (1982) *Manual de Saneamiento vivienda, agua y desechos*. México, Ed. Limusa.
- De la Paz, G.(2002) "Protección Solar Vs Sentido Común en la Arquitectura Cubana: Propuesta para la Formación del Arquitecto" en Vigésima Sexta Semana de Energía Solar, México, Asociación Nacional de Energía Solar A.C. **Memorias**
- Deffis, A. y S. Molina, (1988) *La Casa Ecológica Autosuficiente (Climas Calido Y Tropical)*. México. Impresos de Alba.
- Díaz, R. y D. Morillón (1999) "Comportamiento Térmico De La Vivienda De Interés Social En Diferentes Regiones Climáticas Del País" en Vigésima Tercera Semana Nacional de Energía Solar, México, Ed. Asociación Nacional de Energía Solar A.C. **Memorias**
- King, D. (1994) *Acondicionamiento bioclimático*. México, Universidad Autónoma Metropolitana.
- Lacomba, R. et al., (1995) *Manual De Arquitectura Solar*. México, Ed. Trillas.
- Ley De Fraccionamientos Del Estado De Quintana Roo.
- Ley De Salud Del Estado De Quintana Roo
- Ley Del Instituto De Fomento A La Vivienda Y Regularización De La Propiedad Del Estado De Quintana Roo.

- Mitchell, J. y C de Rosa (2007) "Propuesta de mejoramiento de las Condiciones de Confort Térmico Interior del Habilidad Social a partir de Sobre Costo Cero" en documento Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda, Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales. [En línea]. Mendoza, disponible en <http://www.cricyt.edu.ar/lahv/atm/index.php?action=downloadfile&filename=vivasa.pdf&directory=vivienda%20social> [Accesado el día 19 de noviembre de 2007]
- NOM -020-ENER
- NOM-008-ENER-2001.
- Porter, T. (1988) *El Color Ambiental (Aplicaciones En Arquitectura)*. México, Ed. Trillas.
- Puppo, E. (1999) *Sol Y Diseño Índice Térmico Relativo*. Madrid, Ed. Marcombo.
- Rodríguez, M. (2001) *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*. México, Ed. Limusa
- Tudela, F. (1982) *Ecodiseño*. México, Ed. UAM.
- Vélez, R. (1992) *La Ecología en el Diseño Arquitectónico*. México, Ed. Trillas.

Anexos

Anexo A 1 Tablas de Losas planas con 0° de inclinación.

Anexo A 2 Tablas de Losas planas con 10° de inclinación.

Anexo A 3 Tablas de Losas planas con 20° de inclinación.

Anexo A 4 Tablas de Losas planas con 30° de inclinación.

Anexo A1

Tabla A.1.1 Losa plana con 0° de inclinación, fachada principal orientada al Norte

Ganancias de calor (Qs)											PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros
Losa plana con 0° de inclinación, fachada principal orientada al Norte													
LOSA PLANA	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''			
55.71	0	0	0	0.70	3.53	12.57	8.59	0	0	0	06:00	86.61	30.90
505.14	0	0	0	1.40	24.47	107.88	73.75	0	0	0	07:00	758.43	253.29
1051.04	0	0	0	2.70	36.25	205.40	140.42	0	0	0	08:00	1521.16	470.12
1579.81	0	0	0	3.80	35.58	252.21	172.34	0	0	0	09:00	2148.43	568.62
2016.33	0	0	0	20.66	26.88	227.61	155.53	0	0	0	10:00	2541.51	525.18
2302.92	0	0	0	13.38	17.40	134.57	91.95	0	0	0	11:00	2615.89	312.97
2402.69	0	0	0	10.32	13.43	0	0	0	0	0	12:00	2426.44	23.75
2302.92	114.94	160.92	48.27	13.38	17.40	0	0	0	0	0	13:00	2657.83	354.91
2016.33	194.41	272.18	81.65	20.66	26.88	0	0	0	0	0	14:00	2612.11	595.78
1579.81	215.42	301.59	90.48	27.35	35.58	0	0	0	0	0	15:00	2250.23	670.42
1051.04	175.53	245.74	73.72	27.87	36.25	0	0	0	0	0	16:00	1610.15	559.11
505.14	94.09	131.73	39.52	18.81	24.47	0	0	0	0	0	17:00	813.76	308.62
55.71	10.74	15.04	4.51	2.72	3.53	0	0	0	0	0	18:00	92.25	36.54

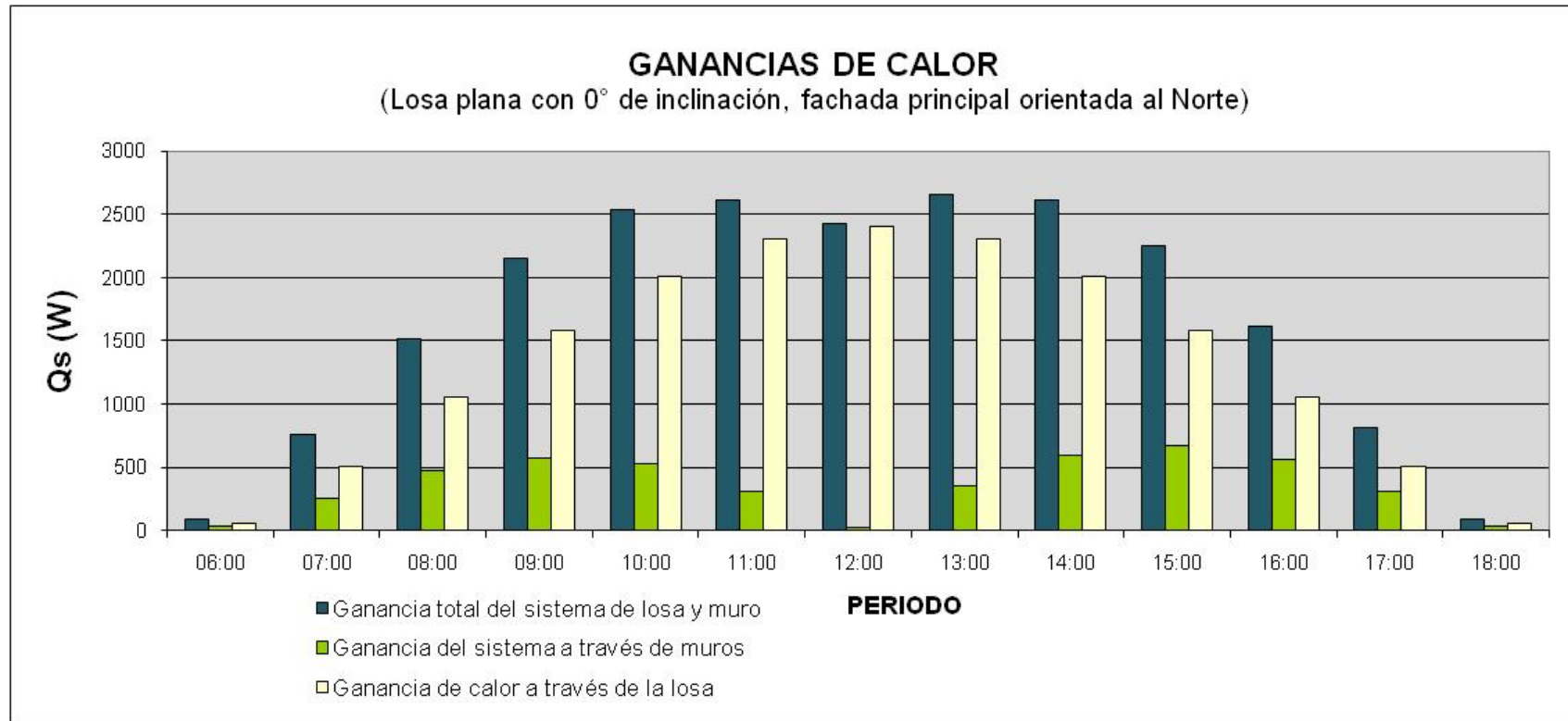


Figura A.1.1 Grafica de comportamiento, ganancia de calor Losca plana 0° de inclinación, fachada principal orientada al Norte

Anexo A1

Tabla A.1.2 Losa plana con 0° de inclinación, fachada principal orientada al Noreste

Ganancias de calor (Qs)											PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros
Losa plana con 0° de inclinación, fachada principal orientada al Noreste													
LOSA PLANA	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''			
54.27	0	0	0	7.48	9.72	5.82	3.98	0	0	0	06:00	91.29	37.02
492.03	0	0	0	61.92	80.56	56.59	38.67	0	0	0	07:00	812.23	320.20
1023.77	0	0	0	110.41	143.64	113.74	77.72	0	0	0	08:00	1616.22	592.45
1538.82	0	0	0	130.65	169.98	147.36	100.69	0	0	0	09:00	2261.34	722.52
1964.00	0	0	0	115.07	149.71	137.54	93.98	0	0	0	10:00	2613.40	649.40
2243.15	0	0	0	68.85	89.58	80.00	54.67	0	0	0	11:00	2607.85	364.70
2340.34	9.98	13.98	4.19	7.34	9.55						12:00	2396.46	56.12
2243.15	94.22	131.91	39.57	0	0	0	0	54.67	16.93	26.39	13:00	2616.27	373.12
1964.00	157.47	220.45	66.14	0	0	0	0	93.98	29.10	45.36	14:00	2592.72	628.72
1538.82	178.79	250.30	75.09	0	0	0	0	100.69	31.18	48.60	15:00	2240.85	702.03
1023.77	151.08	211.51	63.45	0	0	0	0	77.72	24.06	37.52	16:00	1602.53	578.76
492.03	84.73	118.62	35.59	0	0	0	0	38.67	11.97	18.66	17:00	806.95	314.92
54.27	10.22	14.31	4.29	0	0	0	0	3.98	1.23	1.92	18:00	90.91	36.64

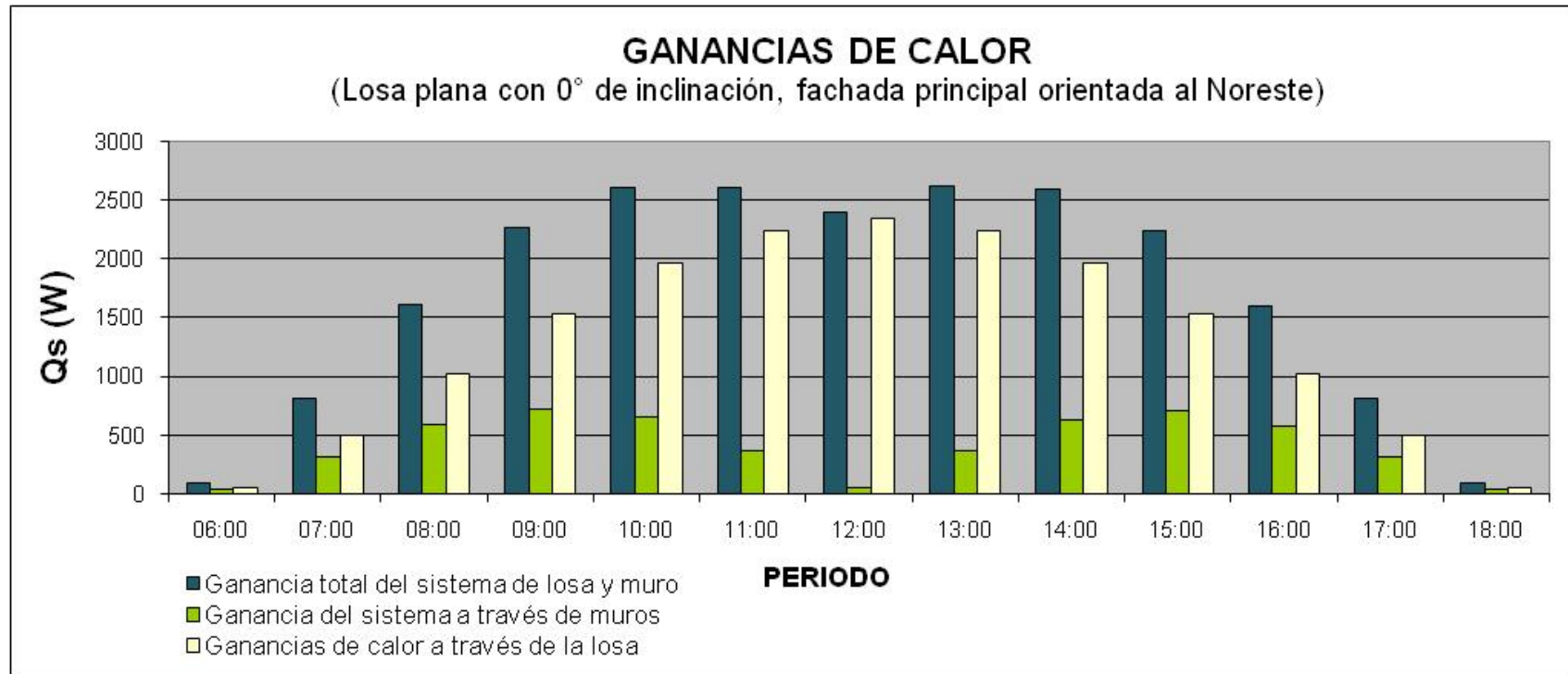


Figura A.1.2 Grafica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 0° de inclinación, fachada principal orientada al Noreste

Anexo A1

Tabla A.1.3 Losa plana con 0° de inclinación, fachada principal orientada al Este.

Ganancias de calor (Qs)											PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros
Losa plana con 0° de inclinación, fachada principal orientada al Este													
LOSA PLANA	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Post)	MURO 4 (Post)'	MURO 4 (Post)''			
55.71	3.71	5.20	1.56	7.85	10.21	0	0	0	0	0	06:00	86.06	30.35
505.14	25.73	36.03	10.81	68.76	89.40	0	0	0	0	0	07:00	748.39	243.25
1051.04	38.13	53.38	16.02	128.27	166.89	0	0	0	0	0	08:00	1472.26	421.22
1579.81	37.42	52.39	15.72	157.42	204.82	0	0	0	0	0	09:00	2065.76	485.95
2016.33	28.28	39.59	11.88	142.07	184.84	0	0	0	0	0	10:00	2436.73	420.40
2302.92	18.30	25.63	7.69	83.99	109.28	0	0	0	0	0	11:00	2556.71	253.79
2402.69	14.12	19.77	5.93	0	0	0	0	0	0	0	12:00	2442.51	39.82
2302.92	18.30	25.63	7.69	0	0	0	0	91.95	28.47	44.38	13:00	2565.20	262.28
2016.33	28.28	39.59	11.88	0	0	0	0	155.53	48.15	75.07	14:00	2452.41	436.08
1579.81	37.42	52.39	15.72	0	0	0	0	172.43	53.36	83.19	15:00	2080.30	500.49
1051.04	38.13	53.38	16.02	0	0	0	0	140.42	43.48	67.78	16:00	1480.33	429.29
505.14	25.73	36.03	10.81	0	0	0	0	75.27	23.31	36.33	17:00	750.21	245.07
55.71	3.71	5.20	1.56	0	0	0	0	8.59	2.67	4.15	18:00	85.92	30.21

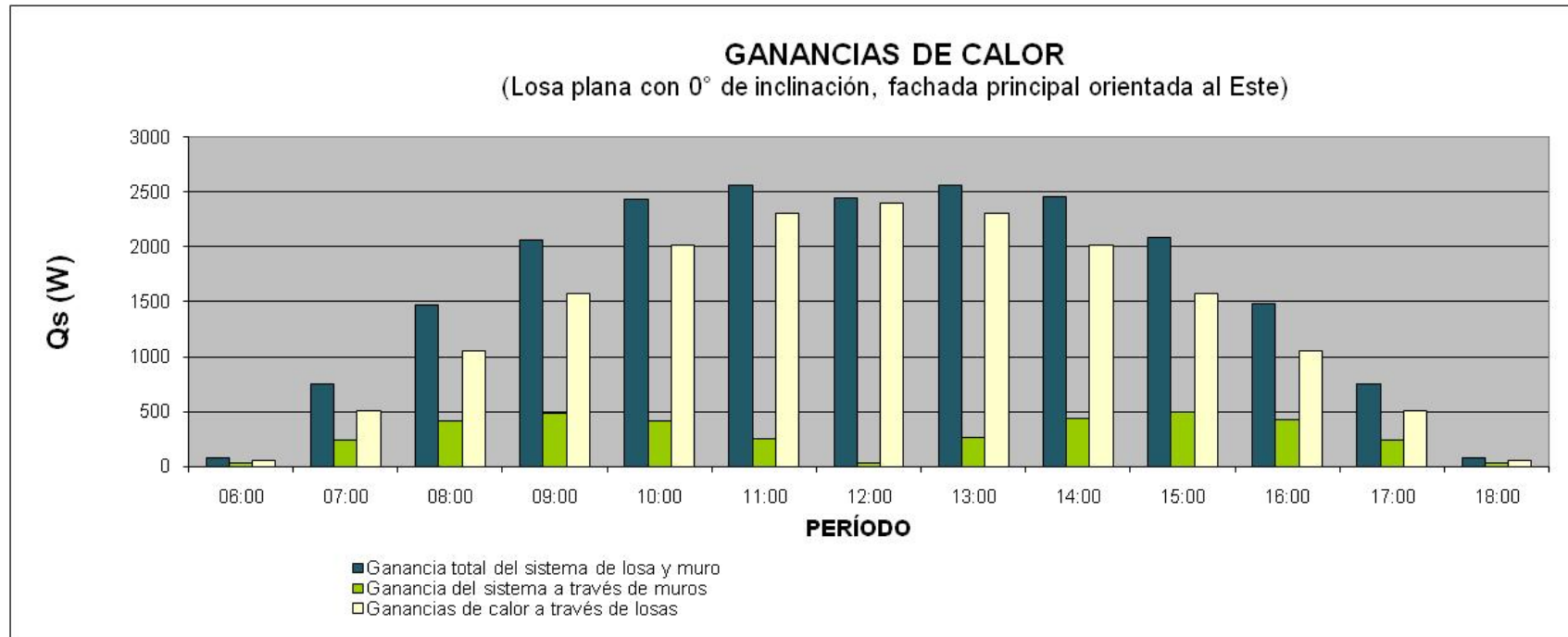


Figura A.1. 3 Grafica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 0° de inclinación, fachada principal orientada al Este

Anexo A1

Tabla A.1.4 Losa plana con 0° de inclinación, fachada principal orientada al Sureste.

Ganancias de calor (Qs)											PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros
Losa plana con 0° de inclinación, fachada principal orientada al Sureste													
LOSA PLANA	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''			
54.27	10.22	14.31	4.29	3.63	4.72	0	0	0	0	0	06:00	96.32	37.17
492.03	84.73	118.62	35.59	35.34	45.93	0	0	0	0	0	07:00	859.30	320.21
1023.77	151.08	211.51	63.45	71.03	92.37	0	0	0	0	0	08:00	1707.71	589.44
1538.82	178.79	250.30	75.09	91.98	119.67	0	0	0	0	0	09:00	2377.05	715.83
1964.00	157.47	220.45	66.14	85.85	111.69	0	0	0	0	0	10:00	2717.14	641.60
2243.15	94.22	131.91	39.57	49.93	64.97	0	0	0	0	0	11:00	2690.19	380.60
2340.34	9.98	13.98	4.19	0	0	0	0	7.99	2.47	3.86	12:00	2401.35	61.01
2243.15	0	0	0	0	0	79.96	54.67	75.37	23.34	36.38	13:00	2583.68	340.53
1964.00	0	0	0	0	0	137.47	93.98	125.97	39.00	60.81	14:00	2539.85	575.85
1538.82	0	0	0	0	0	147.36	100.69	143.03	44.28	69.04	15:00	2175.78	636.96
1023.77	0	0	0	0	0	113.75	77.72	120.86	37.42	58.34	16:00	1539.43	515.66
492.03	0	0	0	0	0	56.59	38.67	67.78	20.99	32.72	17:00	766.16	274.13
54.27	0	0	0	0	0	5.82	3.98	3.98	1.23	1.92	18:00	77.75	23.48

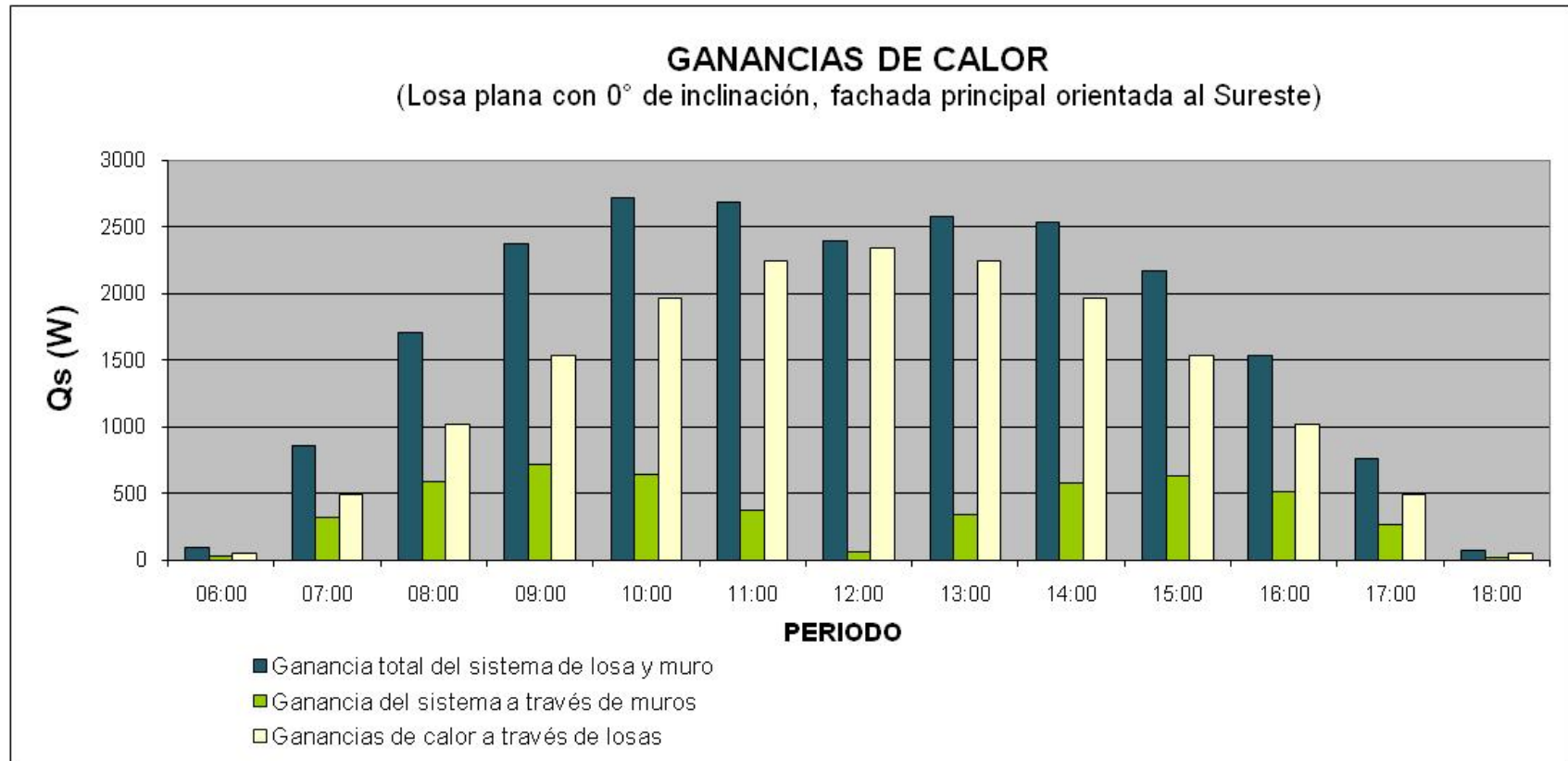


Figura A.1.4 Grafica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 0° de inclinación, fachada principal orientada al Sureste

Anexo A1

Tabla A.1. 5 Losa plana con 0° de inclinación, fachada principal orientada al Sur

Ganancias de calor (Qs)											PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros
Losa plana con 0° de inclinación, fachada principal orientada al Sur													
LOSA PLANA	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Lat)	MURO 2' (Lat)	MURO 3 (Post)	MURO 3 (Post)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''			
55.71	10.74	15.04	4.51	0	0	0	0	2.97	0.92	1.43	06:00	91.32	35.61
505.14	94.04	131.73	39.52	0	0	0	0	20.59	6.39	9.94	07:00	807.35	302.21
1051.04	175.53	245.74	73.72	0	0	0	0	30.51	9.44	14.72	08:00	1600.70	549.66
1579.81	215.42	301.59	90.48	0	0	0	0	29.94	9.27	14.45	09:00	2240.96	661.15
2016.33	194.41	272.18	81.65	0	0	0	0	22.62	7.00	10.92	10:00	2605.11	588.78
2302.92	114.94	160.92	48.27	0	0	0	0	14.64	4.53	7.07	11:00	2653.29	350.37
2402.69	0	0	0	0	0	0	0	11.30	3.50	5.45	12:00	2422.94	20.25
2302.92	0	0	0	0	0	134.50	91.95	14.64	4.53	7.07	13:00	2611.28	308.36
2016.33	0	0	0	0	0	227.61	155.53	22.62	7.00	10.92	14:00	2534.51	518.18
1579.81	0	0	0	0	0	252.21	172.34	29.94	9.27	14.45	15:00	2162.71	582.90
1051.04	0	0	0	0	0	205.50	140.42	30.51	9.44	14.72	16:00	1536.98	485.94
505.14	0	0	0	0	0	110.16	75.27	20.59	6.39	9.94	17:00	773.28	268.14
55.71	0	0	0	0	0	12.57	8.59	2.97	0.92	1.43	18:00	87.70	31.99

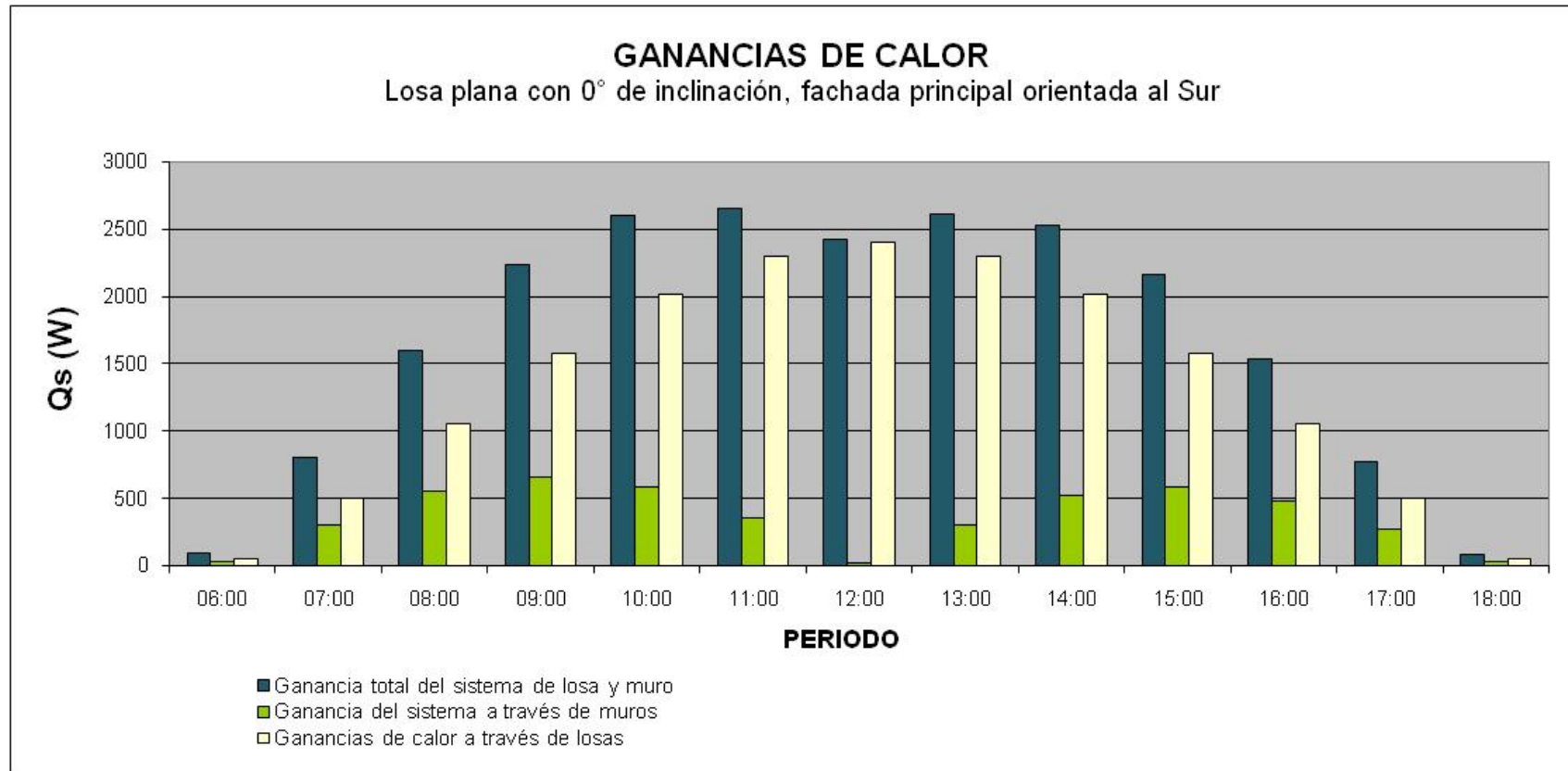


Figura A.1. 5 Grafica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 0° de inclinación, fachada principal orientada al Sur

Anexo A1

Tabla A.1.6 Losa plana con 0° de inclinación, fachada principal orientada al Suroeste

Ganancias de calor (Qs)											PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros
Losa plana con 0° de inclinación, fachada principal orientada al Suroeste													
LOSA PLANA	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''			
54.27	4.97	6.96	0	0	0	0	0	4.26	2.53	3.95	06:00	78.36	24.09
492.03	48.34	67.67	0	0	0	0	0	32.58	20.99	32.72	07:00	706.04	214.01
1023.77	97.15	136.02	0	0	0	0	0	43.57	37.42	58.34	08:00	1417.13	393.36
1538.82	125.87	176.21	0	0	0	0	0	34.38	44.28	69.04	09:00	2013.28	474.46
1964.00	117.48	164.47	0	0	0	0	0	15.14	39.00	60.81	10:00	2382.64	418.64
2243.15	68.33	95.66	0	0	0	0	0	75.37	23.34	36.38	11:00	2555.23	312.08
2340.34	0	0	0	0	0	11.68	7.99	7.99	2.47	3.86	12:00	2380.56	40.22
2243.15	0	0	0	49.93	64.97	110.25	75.37	0	0	0	13:00	2589.47	346.32
1964.00	0	0	0	85.85	111.69	184.36	125.97	0	0	0	14:00	2548.42	584.42
1538.82	0	0	0	91.98	119.67	209.32	143.03	0	0	0	15:00	2189.74	650.92
1023.77	0	0	0	71.00	92.37	176.88	120.86	0	0	0	16:00	1558.35	534.58
492.03	0	0	0	35.32	45.96	99.20	67.78	0	0	0	17:00	781.52	289.49
54.27	0	0	0	3.63	4.73	11.97	8.18	0	0	0	18:00	87.80	33.53

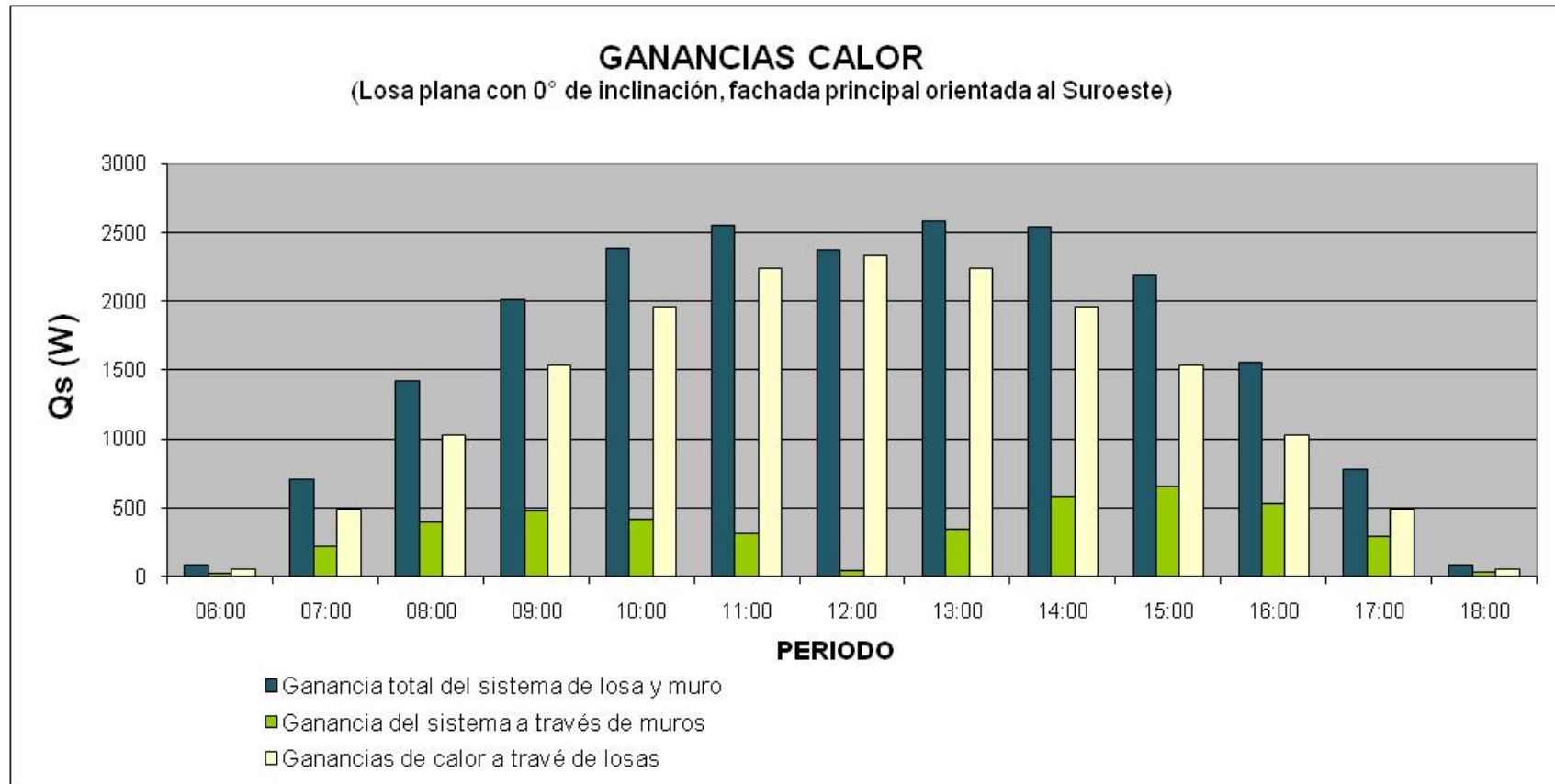


Figura A.1. 6 Grafica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 0° de inclinación, fachada principal orientada al Suroeste

Anexo A1

Tabla A.1. 7 Losa plana con 0° de inclinación, fachada principal orientada al Oeste

Ganancias de calor (Qs)											PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros
Losa plana con 0° de inclinación, fachada principal orientada al Oeste													
LOSA PLANA	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Post)	MURO 2' (Post)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Front)	MURO 4 (Front)'	MURO 4 (Front)''			
55.71	0	0	0	0	0	4.35	2.97	8.59	2.67	4.15	06:00	84.59	28.88
505.14	0	0	0	0	0	30.11	20.59	75.27	23.31	36.33	07:00	740.86	235.72
1051.04	0	0	0	0	0	44.62	30.51	140.42	43.48	67.78	08:00	1466.46	415.42
1579.81	0	0	0	0	0	43.79	29.94	172.34	53.36	83.19	09:00	2066.59	486.78
2016.33	0	0	0	0	0	33.10	22.62	155.53	48.15	75.07	10:00	2442.12	425.79
2302.92	0	0	0	0	0	21.43	14.64	91.95	28.47	44.38	11:00	2558.55	255.63
2402.69	0	0	0	0	0	16.53	11.30	0	0	0	12:00	2430.52	27.83
2302.92	0	0	0	83.99	109.28	21.43	14.64	0	0	0	13:00	2541.16	238.24
2016.33	0	0	0	142.07	184.84	33.10	22.62	0	0	0	14:00	2412.70	396.37
1579.81	0	0	0	157.42	204.82	43.79	29.94	0	0	0	15:00	2033.96	454.15
1051.04	0	0	0	128.35	166.89	44.62	30.51	0	0	0	16:00	1439.94	388.90
505.14	0	0	0	68.79	89.40	30.11	20.59	0	0	0	17:00	726.55	221.41
55.71	0	0	0	7.85	10.21	4.35	2.97	0	0	0	18:00	82.91	27.20

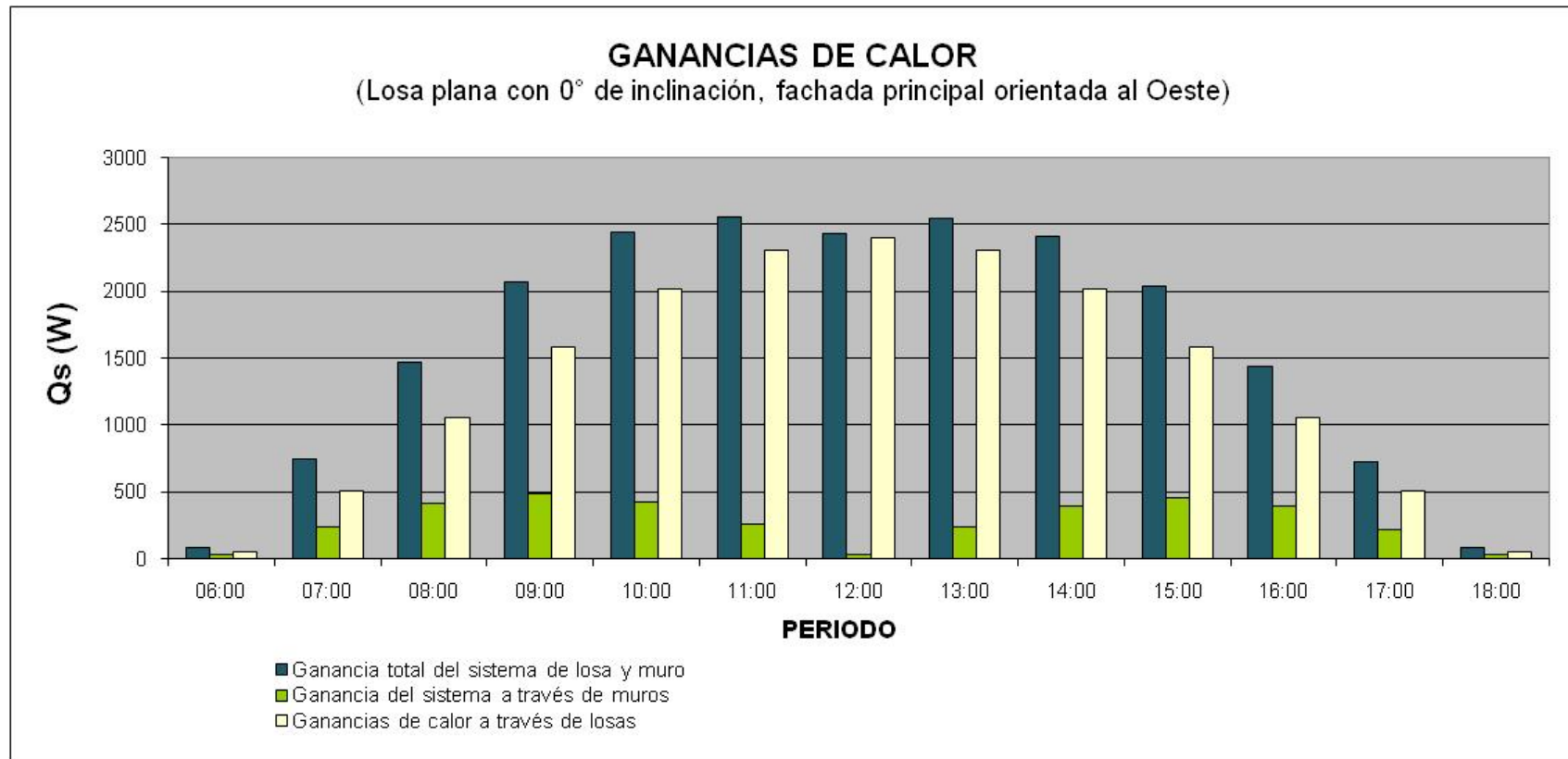


Figura A.1.7 Grafica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 0° de inclinación, fachada principal orientada al Oeste

Anexo A1

Tabla A.1.8 Losa plana con 0° de inclinación, fachada principal orientada al Noroeste

Ganancias de calor (Qs)											PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros
Losa plana con 0° de inclinación, fachada principal orientada al Noroeste													
LOSA PLANA	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''			
54.27	0	0	0	0	0	11.96	8.18	3.98	1.23	1.92	06:00	88.56	34.29
492.03	0	0	0	0	0	99.15	67.78	38.67	11.97	18.67	07:00	788.81	296.78
1023.77	0	0	0	0	0	176.88	120.86	77.72	24.06	37.52	08:00	1571.08	547.31
1538.82	0	0	0	0	0	209.32	143.03	100.69	31.18	48.68	09:00	2208.88	670.06
1964.00	0	0	0	0	0	184.36	125.97	93.98	29.10	45.36	10:00	2566.21	602.21
2243.15	0	0	0	0	0	110.31	75.37	54.67	16.93	26.39	11:00	2589.89	346.74
2340.34	0	0	0	7.30	9.49	11.69	7.99	0	0	0	12:00	2390.50	50.16
2243.15	68.33	95.96	28.70	68.85	89.52	0	0	0	0	0	13:00	2686.11	442.96
1964.00	117.48	164.47	49.34	115.07	149.71	0	0	0	0	0	14:00	2713.17	749.17
1538.82	125.87	176.21	52.86	130.65	169.98	0	0	0	0	0	15:00	2368.23	829.41
1023.77	97.15	136.02	40.80	110.41	143.64	0	0	0	0	0	16:00	1698.73	674.96
492.03	48.34	67.67	20.30	61.92	80.56	0	0	0	0	0	17:00	853.28	361.25
54.27	4.97	6.96	2.09	7.47	9.72	0	0	0	0	0	18:00	95.52	41.25

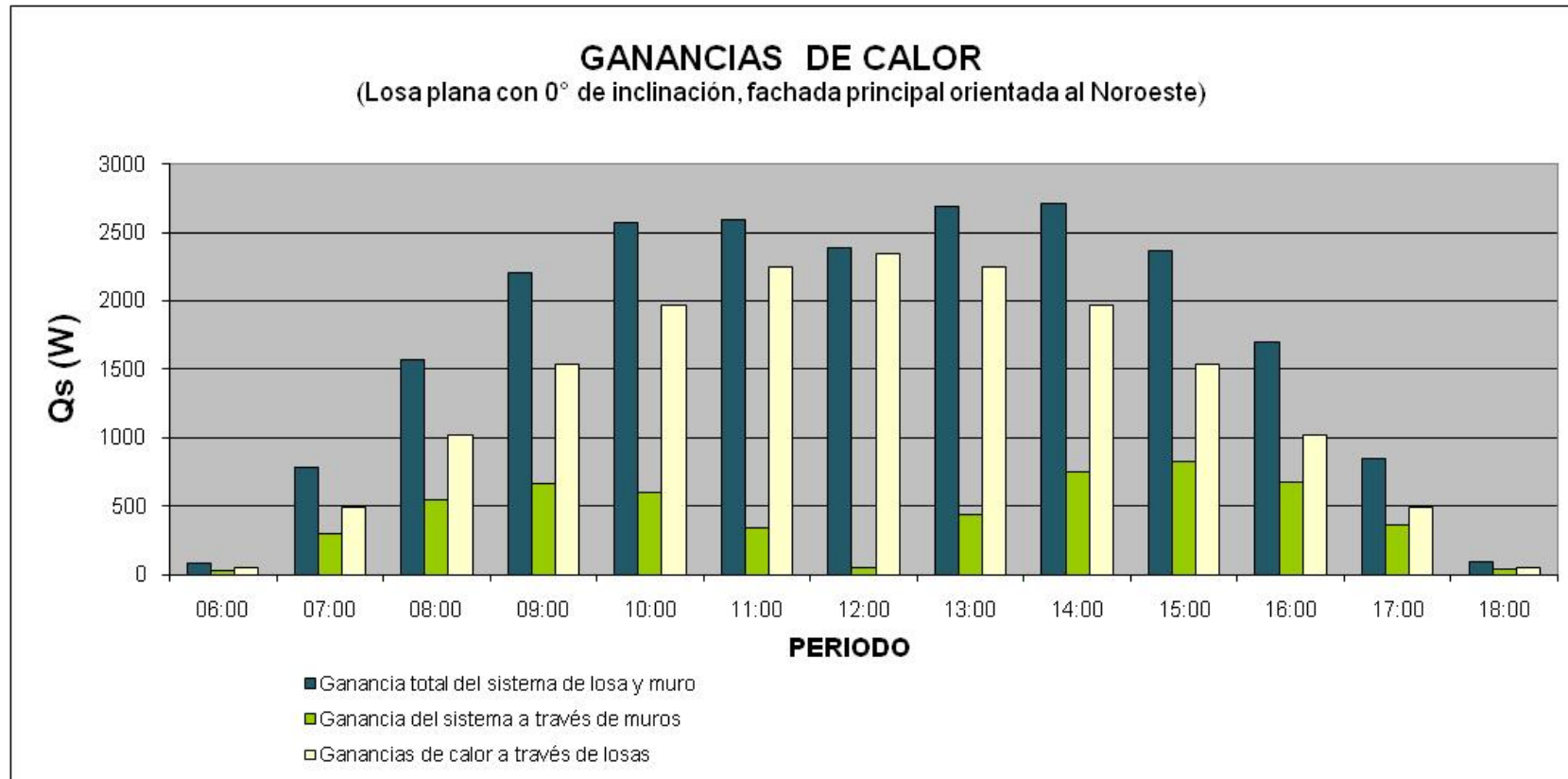


Figura A.1.8 Grafica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 0° de inclinación, fachada principal orientada al Noroeste

Anexo A2

Tabla A.2.1. Losa plana con 10° de inclinación, fachada principal orientada al Norte

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 10° de inclinación, fachada principal orientada al Norte																
LOSAS ORIENTADAS AL NORTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL SUR (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
6.35	0	3.81	0	0	0	0.70	3.53	14.41	8.59	0	0	0	06:00	42.90	32.74	10.16
133.70	0	34.56	0	0	0	1.40	24.47	126.23	75.27	0	0	0	07:00	441.42	312.72	168.26
424.17	0	71.91	0	0	0	37.00	36.25	235.48	140.42	0	0	0	08:00	1030.58	553.84	496.08
827.04	0	108.08	0	0	0	3.80	35.58	289.00	172.34	0	0	0	09:00	1540.53	595.22	935.12
1241.13	0	137.95	0	0	0	20.66	26.88	260.81	155.53	0	0	0	10:00	1937.46	519.55	1379.08
1550.57	0	157.55	0	0	0	13.38	17.40	154.20	91.95	0	0	0	11:00	2040.72	276.93	1708.12
1665.37	0	164.38	0	0	0	10.32	13.43	0	0	0	0	0	12:00	1853.50	23.75	1829.75
1550.57	0	157.55	124.67	180.19	48.27	13.38	17.40	0	0	0	0	0	13:00	2092.03	383.91	1708.12
1241.13	0	137.95	210.85	304.78	81.65	20.66	26.88	0	0	0	0	0	14:00	2023.90	644.82	1379.08
827.04	0	108.08	233.65	337.71	90.48	27.35	35.58	0	0	0	0	0	15:00	1659.89	724.77	935.12
424.17	0	71.91	190.38	275.18	73.72	27.87	36.25	0	0	0	0	0	16:00	1099.48	603.40	496.08
133.70	0	34.56	102.05	147.51	39.52	18.81	24.47	0	0	0	0	0	17:00	500.62	332.36	168.26
6.35	0	3.81	11.65	16.84	4.51	2.72	3.53	0	0	0	0	0	18:00	49.41	39.25	10.16

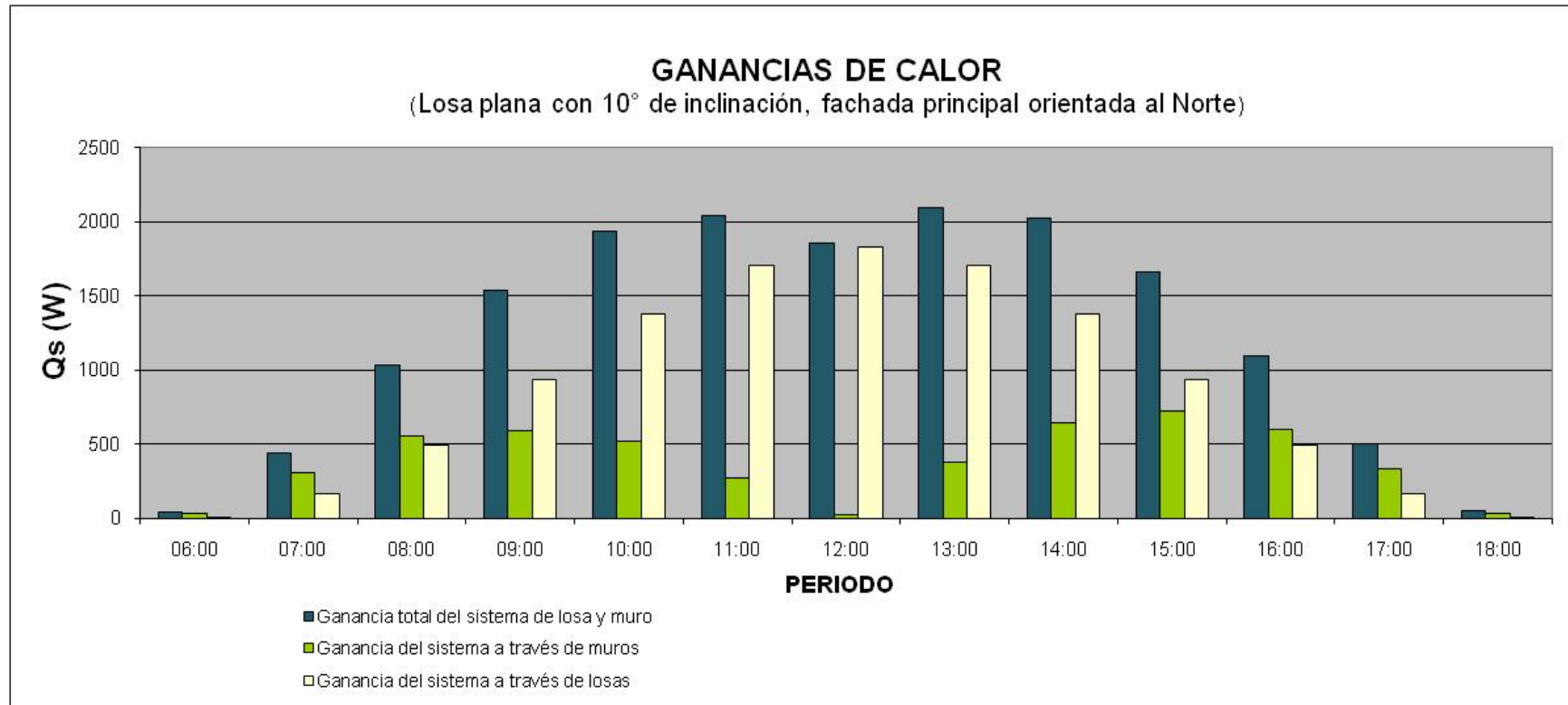


Figura A.2.1. Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 10° de inclinación, fachada principal orientada al Norte

Anexo A2

Tabla A.2.2. Losa plana con 10° de inclinación, fachada principal orientada al Noreste

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 10° de inclinación, fachada principal orientada al Noreste																
LOSAS ORIENTADAS AL NORESTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL SUROESTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
10.21	0	3.81	0	0	0	7.48	9.72	6.67	3.98	0	0	0	06:00	51.89	37.87	14.02
168.27	0	34.56	0	0	0	61.92	80.56	64.84	38.67	0	0	0	07:00	531.28	328.45	202.83
491.11	0	71.91	0	0	0	110.41	143.64	130.34	77.72	0	0	0	08:00	1172.07	609.05	563.02
910.96	0	108.08	0	0	0	130.65	169.98	168.85	100.69	0	0	0	09:00	1763.05	744.01	1019.04
1317.89	0	137.95	0	0	0	115.07	149.71	157.60	93.98	0	0	0	10:00	2125.30	669.46	1455.84
1595.99	0	157.55	0	0	0	68.85	89.58	91.67	54.67	0	0	0	11:00	2129.91	376.37	1753.54
1663.15	349.49	164.38	10.83	15.65	4.19	7.34	9.55	0	0	0	0	0	12:00	2235.66	58.64	2177.02
0	334.53	157.55	102.19	147.71	39.57	0	0	0	0	74.53	16.93	26.39	13:00	908.83	416.75	492.08
0	273.90	137.95	170.79	246.86	66.14	0	0	0	0	128.14	29.10	45.36	14:00	1114.46	702.61	411.85
0	186.16	108.08	193.91	280.28	75.09	0	0	0	0	137.29	31.18	48.60	15:00	1077.97	783.73	294.24
0	97.19	71.91	163.86	236.85	63.45	0	0	0	0	105.97	24.06	37.52	16:00	814.23	645.13	169.10
0	31.05	34.56	91.90	132.83	35.59	0	0	0	0	52.72	11.97	18.66	17:00	415.96	350.35	65.61
0	1.50	3.81	11.09	16.03	4.29	0	0	0	0	5.42	1.23	1.92	18:00	45.98	40.67	5.31

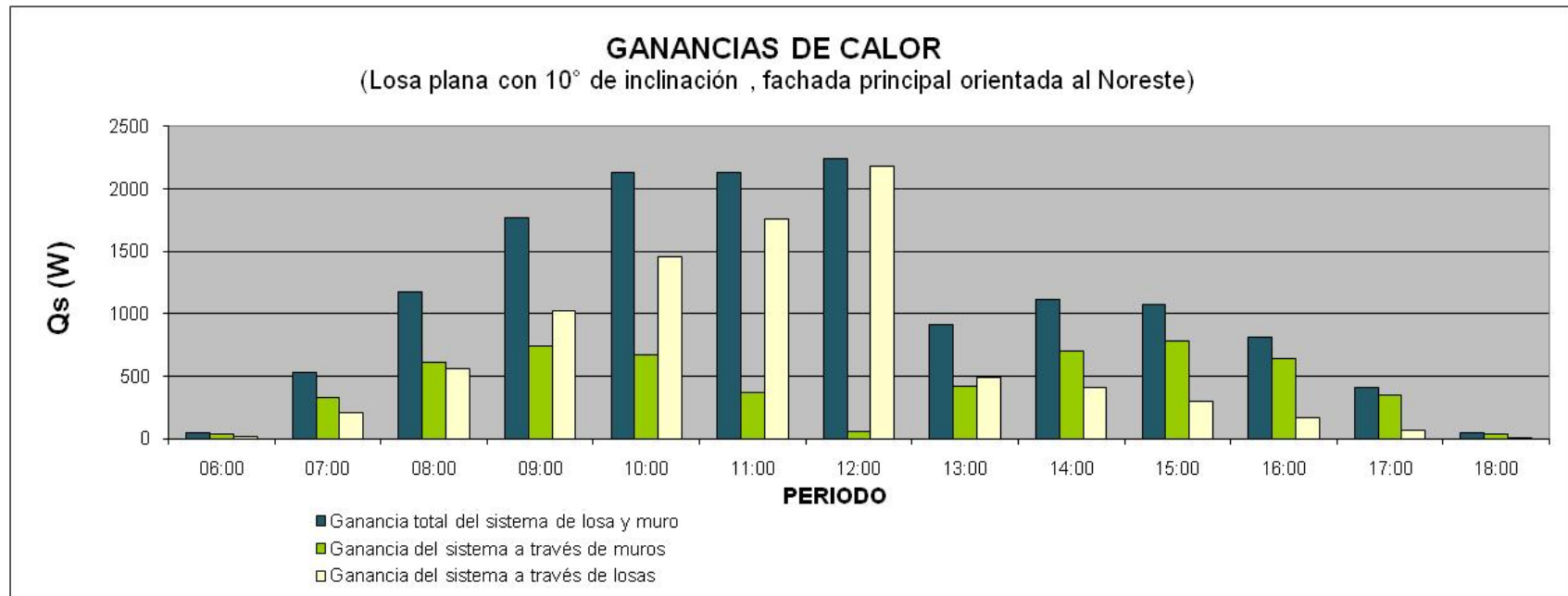


Figura A.2. 2. Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 10° de inclinación, fachada principal orientada al Noroeste

Anexo A2

Tabla A.2.3. Losa plana con 10° de inclinación, fachada principal orientada al Este

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 10° de inclinación, fachada principal orientada al Este																
LOSAS ORIENTADAS AL ESTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL OESTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
10.52	0	3.81	4.03	5.82	1.56	7.85	10.21	0	0	0	0	0	06:00	45.62	31.29	14.33
173.82	0	27.91	34.58	40.34	13.39	68.76	89.40	0	0	0	0	0	07:00	460.72	258.99	201.73
505.61	0	71.91	41.36	59.78	16.02	128.27	166.89	0	0	0	0	0	08:00	1008.37	430.85	577.52
932.55	0	108.08	40.59	58.66	15.72	157.42	204.82	0	0	0	0	0	09:00	1536.02	495.39	1040.63
1339.61	0	137.95	30.67	44.33	11.88	142.07	184.84	0	0	0	0	0	10:00	1905.09	427.53	1477.56
1608.05	0	157.55	19.85	28.70	7.69	83.99	109.28	0	0	0	0	0	11:00	2024.01	258.41	1765.60
1657.00	350.74	164.38	15.31	22.14	5.72	0	0	0	0	0	0	0	12:00	2215.29	43.17	2172.12
0	340.38	157.55	19.85	28.70	7.69	0	0	0	0	125.37	28.47	44.38	13:00	798.25	300.32	497.93
0	283.56	137.95	30.67	44.33	11.88	0	0	0	0	212.06	48.15	75.07	14:00	921.25	499.74	421.51
0	197.39	108.08	40.59	58.66	15.72	0	0	0	0	234.97	53.36	83.19	15:00	877.94	572.47	305.47
0	107.02	71.91	41.36	59.78	16.02	0	0	0	0	191.46	43.48	67.78	16:00	668.89	489.96	178.93
0	36.79	27.91	34.58	40.34	13.39	0	0	0	0	102.63	23.31	36.33	17:00	352.87	288.17	64.70
0	2.23	3.81	4.03	5.82	1.56	0	0	0	0	11.72	2.66	4.14	18:00	40.30	34.26	6.04

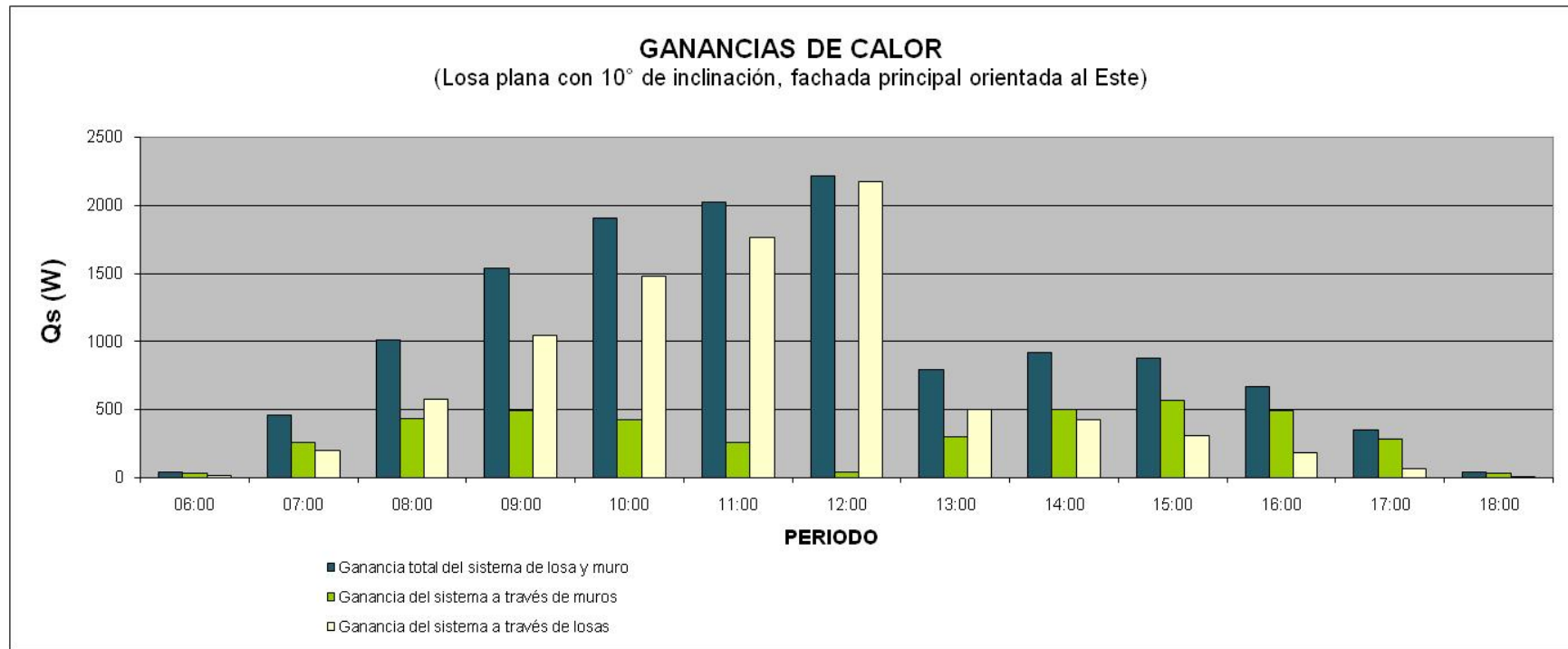


Figura A.2.3. Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 10° de inclinación, fachada principal orientada al Este

Anexo A2

Tabla A.2.4. Losa plana con 10° de inclinación, fachada principal orientada al Sureste

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 10° de inclinación, fachada principal orientada al Sureste																
LOSAS ORIENTADAS AL SURESTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL NOROESTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
7.10	0	3.81	11.09	16.03	4.29	3.63	4.72	0	0	0	0	0	06:00	55.55	44.64	10.91
146.70	0	34.56	91.90	132.83	35.59	35.34	45.93	0	0	0	0	0	07:00	569.91	388.65	181.26
459.15	0	71.91	163.86	236.85	63.45	71.03	92.37	0	0	0	0	0	08:00	1253.12	722.06	531.06
879.47	0	108.08	193.91	280.28	75.09	91.98	119.67	0	0	0	0	0	09:00	1870.88	883.33	987.55
1294.00	0	137.95	170.79	246.86	66.14	85.85	111.69	0	0	0	0	0	10:00	2224.82	792.87	1431.95
1580.43	0	157.55	102.19	147.71	39.57	49.93	64.97	0	0	0	0	0	11:00	2208.79	470.81	1737.98
1651.08	351.99	164.38	10.83	15.65	4.19	0	0	0	0	10.89	2.47	3.86	12:00	2233.88	66.43	2167.45
0	337.78	157.55	0	0	0	0	0	91.67	54.67	102.77	23.34	36.38	13:00	874.97	379.64	495.33
0	278.92	137.95	0	0	0	0	0	157.60	93.98	171.76	39.00	60.81	14:00	1058.64	641.77	416.87
0	192.80	108.08	0	0	0	0	0	168.85	100.69	195.01	44.28	69.04	15:00	1011.31	710.43	300.88
0	103.95	71.91	0	0	0	0	0	130.34	77.72	164.79	37.42	58.34	16:00	752.04	576.18	175.86
0	35.62	34.56	0	0	0	0	0	64.84	38.67	92.42	20.99	32.72	17:00	377.20	307.02	70.18
0	2.16	3.81	0	0	0	0	0	6.67	3.98	11.15	1.23	1.92	18:00	37.47	31.50	5.97

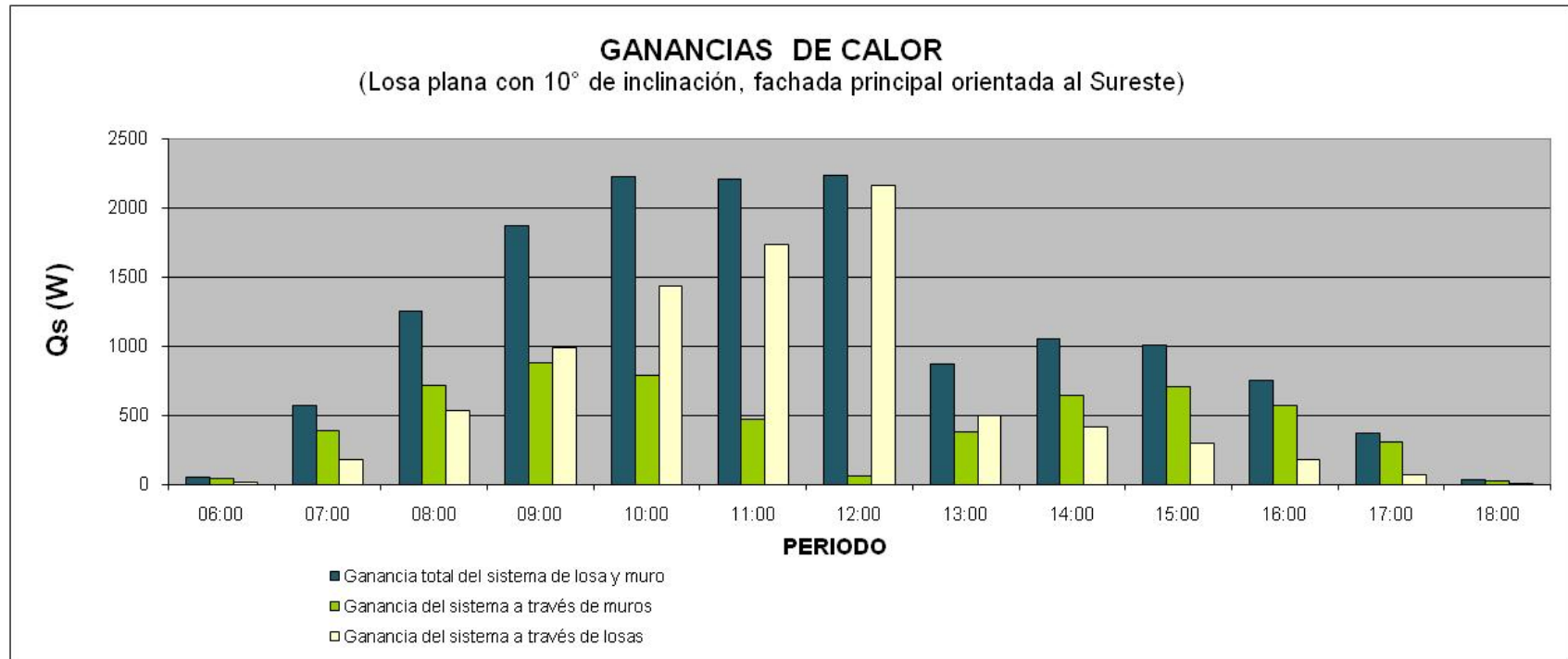


Figura A.2.4. Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 10° de inclinación, fachada principal orientada al Sureste

Anexo A2

Tabla A.2.5. Losa plana con 10° de inclinación, fachada principal orientada al Sur

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 10° de inclinación, fachada principal orientada al Sur																
LOSAS ORIENTADAS AL SUR (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL NORTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
0	1.34	3.81	11.65	16.84	4.51	0	0	0	0	4.05	0.92	1.43	06:00	44.55	39.40	5.15
0	28.22	34.56	102.05	147.51	39.52	0	0	0	0	28.07	6.37	9.94	07:00	396.24	333.46	62.78
0	89.78	71.91	190.38	275.18	73.72	0	0	0	0	41.59	9.44	14.72	08:00	766.72	605.03	161.69
0	175.06	108.08	233.65	337.71	90.48	0	0	0	0	40.82	9.27	14.45	09:00	1009.52	726.38	283.14
0	262.71	137.95	210.86	304.78	81.65	0	0	0	0	30.84	7.00	10.92	10:00	1046.71	646.05	400.66
0	328.25	157.55	124.67	180.19	48.27	0	0	0	0	19.97	4.53	7.07	11:00	870.50	384.70	485.80
0	352.51	164.38	0	0	0	0	0	0	0	15.40	3.50	5.45	12:00	541.24	24.35	516.89
0	328.25	157.55	0	0	0	0	0	154.20	91.95	19.97	4.53	7.07	13:00	819.19	333.39	485.80
0	262.71	137.95	0	0	0	0	0	260.81	155.53	30.84	7.00	10.92	14:00	960.26	559.60	400.66
0	175.06	108.08	0	0	0	0	0	289.00	172.34	40.82	9.27	14.45	15:00	913.71	630.57	283.14
0	89.78	71.91	0	0	0	0	0	235.48	140.42	41.59	9.44	14.72	16:00	688.69	527.00	161.69
0	28.22	34.56	0	0	0	0	0	126.23	75.27	28.07	6.37	9.94	17:00	354.45	291.67	62.78
0	1.34	3.81	0	0	0	0	0	14.41	8.59	4.05	0.92	1.43	18:00	40.06	34.91	5.15

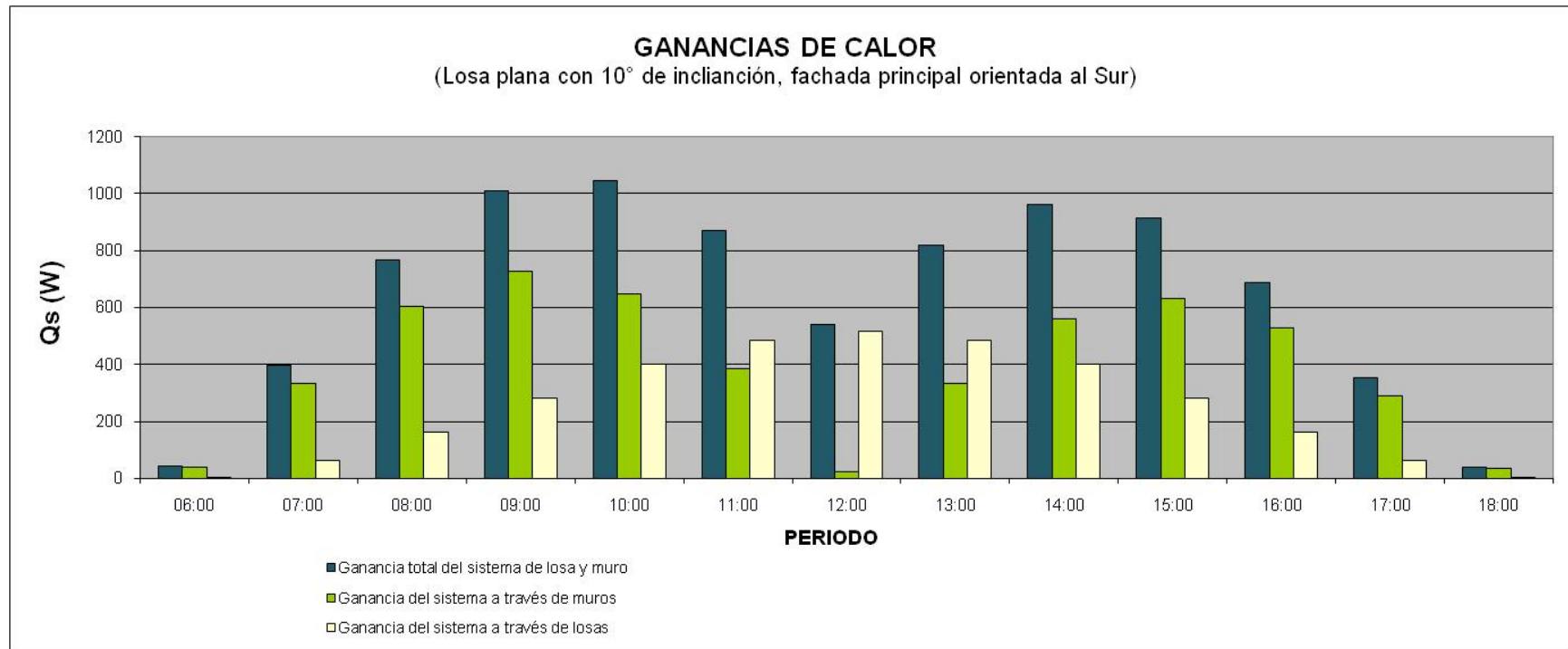


Figura A.2.5. Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 10° de inclinación, fachada principal orientada al Sur

Anexo A2

Tabla A.2.6. Losa plana con 10° de inclinación, fachada principal orientada al Suroeste

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 10° de inclinación, fachada principal orientada al Suroeste																
LOSAS ORIENTADAS AL SUROESTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL NORESTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
0	2.16	3.81	5.39	7.79	2.09	0	0	0	0	11.15	2.53	3.95	06:00	40.29	34.32	5.97
0	35.65	34.56	52.43	75.78	20.3	0	0	0	0	92.42	20.99	32.72	07:00	376.56	306.35	70.21
0	104.04	71.91	105.38	152.31	40.8	0	0	0	0	164.79	37.42	58.34	08:00	755.85	579.90	175.95
0	192.95	108.08	136.52	197.32	52.86	0	0	0	0	195.01	44.28	69.04	09:00	1020.74	719.71	301.03
0	279.14	137.95	127.42	184.17	49.34	0	0	0	0	171.76	39.00	60.81	10:00	1071.33	654.24	417.09
0	338.04	157.55	74.11	107.12	28.7	0	0	0	0	102.77	23.34	36.38	11:00	881.01	385.42	495.59
1651.08	352.27	164.38	0	0	0	0	0	13.39	7.99	10.89	2.47	3.86	12:00	2212.56	44.83	2167.73
1580.44	0	157.55	0	0	0	49.93	64.97	126.40	75.37	0	0	0	13:00	2100.46	362.47	1737.99
1294.00	0	137.95	0	0	0	85.85	111.69	211.25	125.97	0	0	0	14:00	2043.26	611.31	1431.95
879.47	0	108.08	0	0	0	91.98	119.67	239.85	143.03	0	0	0	15:00	1669.00	681.45	987.55
459.15	0	71.91	0	0	0	71.00	92.37	202.68	120.86	0	0	0	16:00	1091.44	560.38	531.06
146.70	0	34.56	0	0	0	35.32	45.96	113.67	67.78	0	0	0	17:00	485.22	303.96	181.26
7.10	0	3.81	0	0	0	3.63	4.73	13.72	8.18	0	0	0	18:00	46.19	35.28	10.91

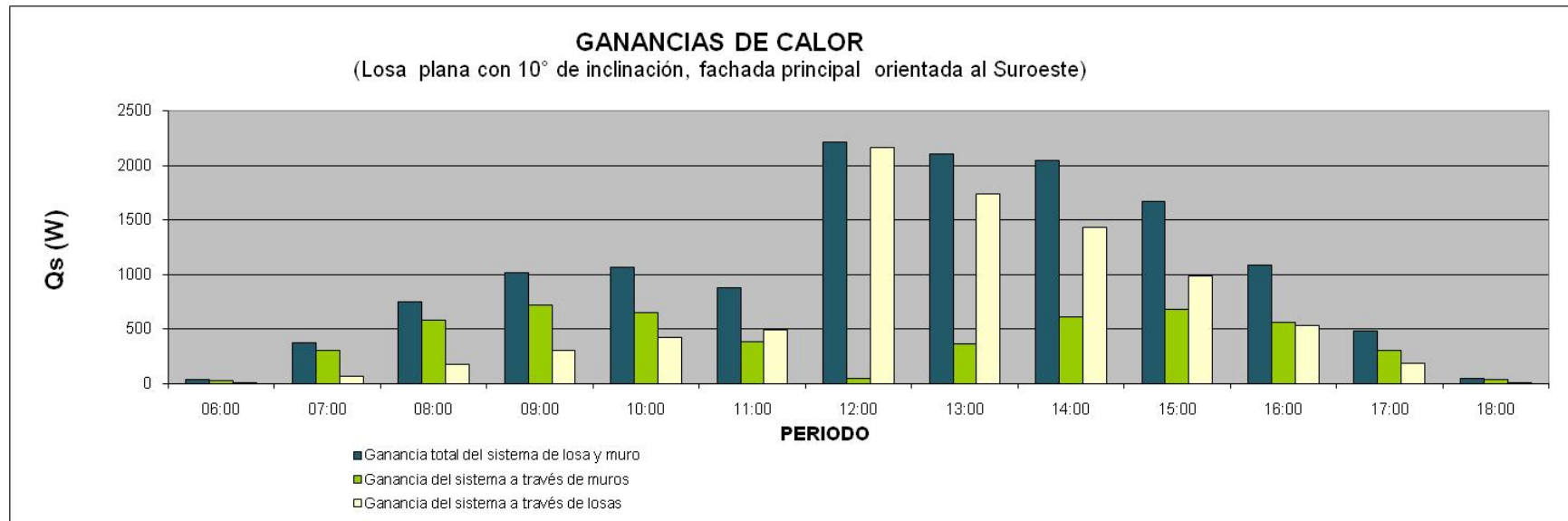


Figura A.2.6. Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 10° de inclinación, fachada principal orientada al Suroeste

Anexo A2

Tabla A.2.7. Losa plana con 10° de inclinación, fachada principal orientada al Oeste

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 10° de inclinación, fachada principal orientada al Oeste																
LOSAS ORIENTADAS AL OESTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL ESTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
0	1.34	3.81	0	0	0	0	0	4.98	2.97	11.72	2.67	4.15	06:00	37.79	32.64	5.15
0	28.22	34.56	0	0	0	0	0	34.52	20.59	102.63	23.31	36.33	07:00	330.27	267.49	62.78
0	89.78	71.91	0	0	0	0	0	51.16	30.51	191.46	43.48	67.78	08:00	634.69	473.00	161.69
0	175.06	108.08	0	0	0	0	0	50.20	29.94	234.97	53.36	83.19	09:00	838.96	555.82	283.14
0	262.71	137.95	0	0	0	0	0	37.93	22.62	212.06	48.15	75.07	10:00	887.81	487.15	400.66
0	328.25	157.55	0	0	0	0	0	24.56	14.64	125.37	28.47	44.38	11:00	777.98	292.18	485.80
1665.37	352.51	164.38	0	0	0	0	0	18.94	11.30	0	0	0	12:00	2212.50	30.24	2182.26
1550.57	0	157.55	0	0	0	84.03	109.28	24.56	14.64	0	0	0	13:00	1949.53	241.41	1708.12
1241.13	0	137.95	0	0	0	142.07	184.84	37.93	22.62	0	0	0	14:00	1780.28	401.20	1379.08
827.04	0	108.08	0	0	0	157.42	204.82	50.20	29.94	0	0	0	15:00	1395.68	460.56	935.12
424.17	0	71.91	0	0	0	128.27	166.89	51.16	30.51	0	0	0	16:00	891.44	395.36	496.08
133.70	0	34.56	0	0	0	68.76	89.46	34.52	20.59	0	0	0	17:00	394.11	225.85	168.26
6.35	0	3.81	0	0	0	7.85	10.21	4.98	2.97	0	0	0	18:00	37.99	27.83	10.16

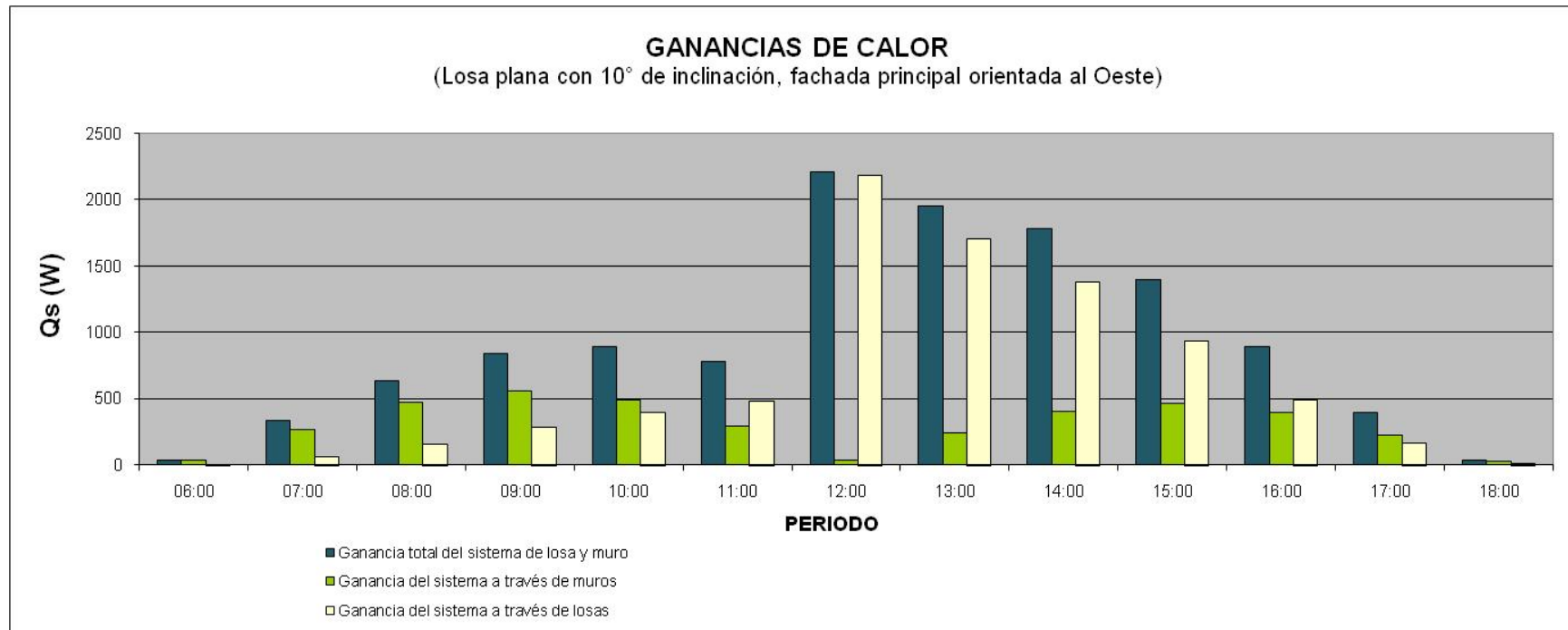


Figura A.2.7. Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 10° de inclinación, fachada principal orientada al Oeste

Anexo A2

Tabla A.2.8. Losa plana con 10° de inclinación, fachada principal orientada al Noroeste

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 10° de inclinación, fachada principal orientada al Noroeste																
LOSAS ORIENTADAS AL NOROESTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL SURESTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)*	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
0	1.50	3.81	0	0	0	0	0	13.72	8.18	5.42	1.23	1.92	06:00	42.80	37.49	5.31
0	31.05	34.56	0	0	0	0	0	113.67	67.78	52.72	11.97	18.67	07:00	390.96	325.35	65.61
0	97.19	71.91	0	0	0	0	0	202.68	120.86	105.97	24.06	37.52	08:00	770.46	601.36	169.10
0	186.16	108.08	0	0	0	0	0	246.71	143.03	137.29	31.18	48.68	09:00	1038.29	744.05	294.24
0	273.90	137.95	0	0	0	0	0	211.25	125.97	128.14	29.10	45.36	10:00	1075.11	663.26	411.85
0	334.53	157.55	0	0	0	0	0	126.40	75.37	74.53	16.93	26.39	11:00	874.77	382.69	492.08
1662.92	349.49	164.38	0	0	0	7.30	9.49	13.39	7.99	0	0	0	12:00	2233.50	56.71	2176.79
1595.77	0	157.55	74.11	107.12	28.70	68.85	89.52	0	0	0	0	0	13:00	2213.22	459.90	1753.32
1317.71	0	137.95	127.42	184.17	49.34	115.07	149.71	0	0	0	0	0	14:00	2234.47	778.81	1455.66
910.83	0	108.08	136.52	197.32	52.86	130.65	169.98	0	0	0	0	0	15:00	1880.08	861.17	1018.91
491.11	0	71.91	105.38	152.31	40.80	110.41	143.64	0	0	0	0	0	16:00	1262.50	699.48	563.02
168.27	0	34.56	52.43	75.78	20.30	61.92	80.56	0	0	0	0	0	17:00	576.28	373.45	202.83
10.21	0	3.81	5.39	7.79	2.09	7.47	9.72	0	0	0	0	0	18:00	56.52	42.50	14.02

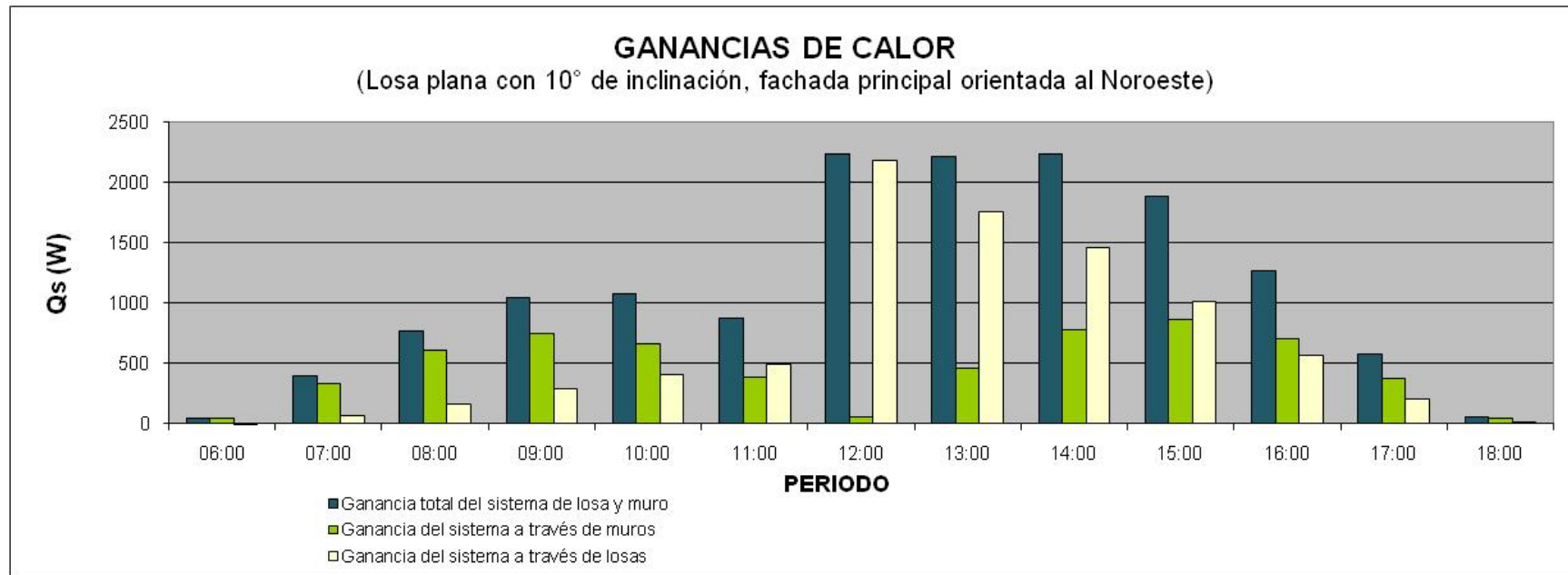


Figura A.2.8. Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 10° de inclinación, fachada principal orientada al Noroeste

Anexo A3

Tabla A.3.1. Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Norte

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Norte																
LOSAS ORIENTADAS AL NORTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL SUR (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
8.69	0	3.81	0	0	0	0.42	3.53	16.36	8.59	0	0	0	06:00	46.91	34.41	12.50
149.52	0	34.56	0	0	0	5.54	24.47	143.31	75.27	0	0	0	07:00	478.46	294.38	184.08
448.18	0	71.91	0	0	0	13.26	36.25	267.34	140.42	0	0	0	08:00	1062.71	542.62	520.09
850.57	0	108.08	0	0	0	22.80	35.58	328.10	172.34	0	0	0	09:00	1622.16	663.51	958.65
1258.85	0	137.95	0	0	0	20.66	26.88	296.11	155.53	0	0	0	10:00	1990.48	593.68	1396.80
1562.18	0	157.55	0	0	0	13.38	17.40	175.06	91.95	0	0	0	11:00	2073.19	353.46	1719.73
1674.12	0	164.38	0	0	0	10.32	13.43	0	0	0	0	0	12:00	1862.25	23.75	1838.50
1562.18	0	157.55	135.10	200.35	48.27	13.38	17.40	0	0	0	0	0	13:00	2134.23	414.50	1719.73
1258.85	0	137.95	228.51	338.88	81.65	20.66	26.88	0	0	0	0	0	14:00	2093.38	696.58	1396.80
850.57	0	108.08	253.20	375.16	90.48	27.35	35.58	0	0	0	0	0	15:00	1740.42	781.77	958.65
448.18	0	71.91	206.31	305.69	73.72	27.87	36.25	0	0	0	0	0	16:00	1169.93	649.84	520.09
149.52	0	34.56	110.59	164.01	39.52	18.81	24.47	0	0	0	0	0	17:00	541.48	357.40	184.08
8.69	0	3.81	12.63	18.73	4.51	2.72	3.53	0	0	0	0	0	18:00	54.62	42.12	12.50

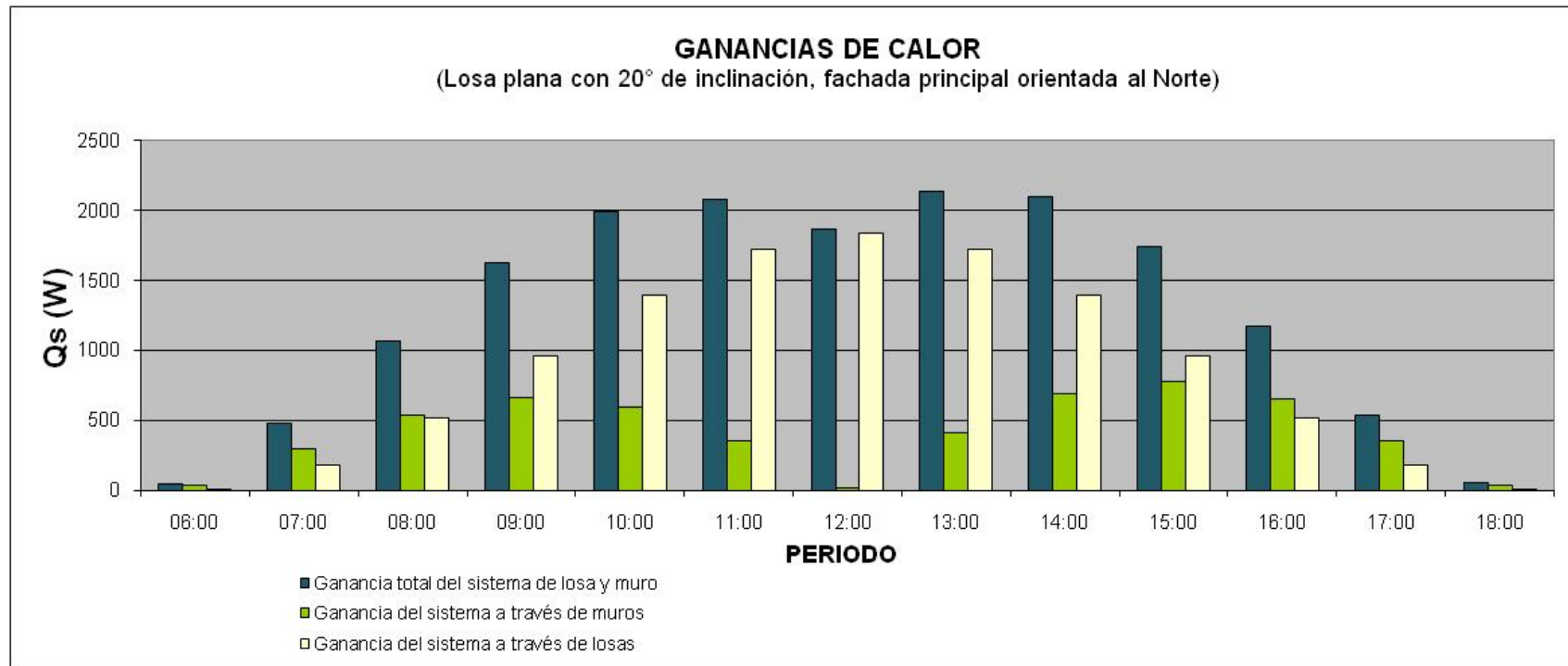


Figura A.3.1. Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 20° de inclinación, fachada principal orientada al Norte

Anexo A3

Tabla A.3.2. Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Noreste

Ganancias de calor (Qs)														PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Noreste																	
LOSAS ORIENTADAS AL NORESTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL SUROESTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''					
16.66	0	3.81	0	0	0	7.48	9.72	7.57	3.98	0	0	0	06:00	59.24	38.77	20.47	
221.69	0	34.56	0	0	0	61.92	80.56	73.62	38.67	0	0	0	07:00	593.48	337.23	256.25	
586.36	0	71.91	0	0	0	110.41	143.64	147.97	77.72	0	0	0	08:00	1284.95	626.68	658.27	
1023.51	0	108.08	0	0	0	130.65	169.98	191.70	100.69	0	0	0	09:00	1898.45	766.86	1131.59	
1416.90	0	137.95	0	0	0	115.07	149.71	178.93	93.98	0	0	0	10:00	2245.64	690.79	1554.85	
1655.05	0	157.55	0	0	0	68.85	89.58	104.07	54.67	0	0	0	11:00	2201.37	388.77	1812.60	
1669.06	348.03	164.38	0.83	1.23	4.19	7.34	9.55	0	0	0	0	0	12:00	2215.69	34.22	2181.47	
0	343.53	157.55	110.74	164.23	39.57	0	0	0	0	95.45	16.93	26.39	13:00	963.82	462.74	501.08	
0	289.48	137.95	185.08	274.47	66.14	0	0	0	0	164.11	29.10	45.36	14:00	1207.91	780.48	427.43	
0	202.89	108.08	210.14	311.64	75.09	0	0	0	0	175.82	31.18	48.60	15:00	1180.82	869.85	310.97	
0	110.12	71.91	177.58	263.35	63.45	0	0	0	0	135.72	24.06	37.52	16:00	897.13	715.10	182.03	
0	37.49	34.56	99.59	147.69	35.59	0	0	0	0	67.52	11.97	18.66	17:00	459.75	387.70	72.05	
0	2.16	3.81	12.02	17.82	4.29	0	0	0	0	6.94	1.23	1.92	18:00	50.88	44.91	5.97	

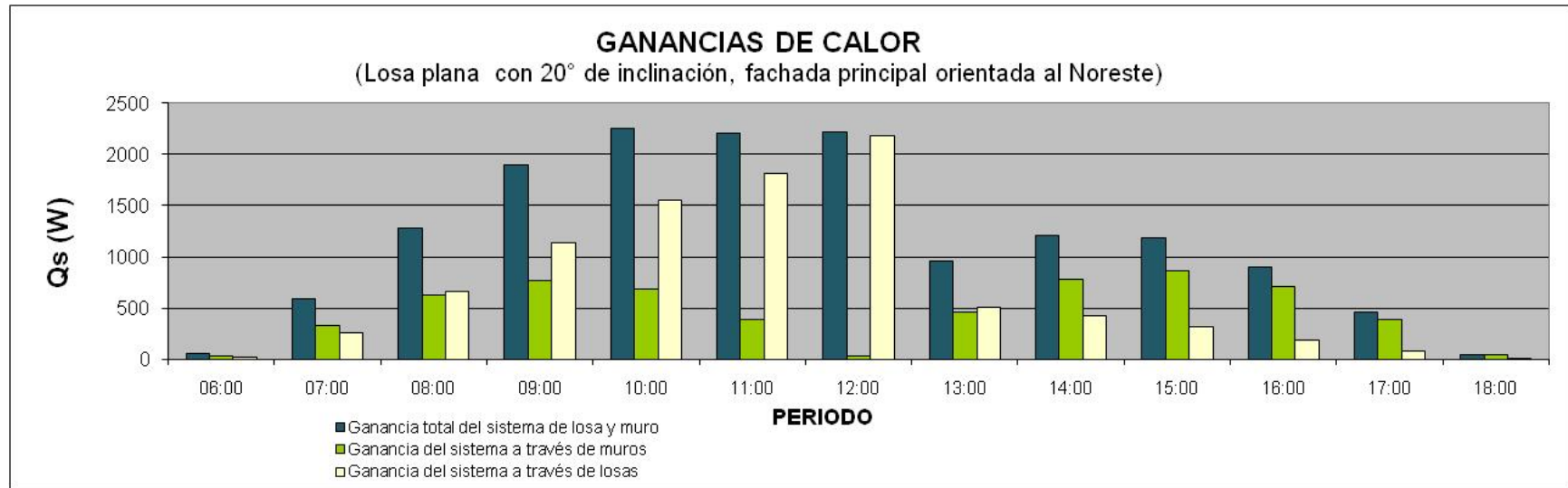


Figura A.3.2. Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 20° de inclinación, fachada principal orientada al Noreste

Anexo A3

Tabla A.3.3. Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Este

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Este																
LOSAS ORIENTADAS AL ESTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL OESTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
17.29	0	3.81	4.37	6.48	1.56	\$7.85	\$10.21	0	0	0	0	0	06:00	53.39	32.29	21.10
233.15	0	34.56	30.25	44.86	13.39	\$68.76	\$89.40	0	0	0	0	0	07:00	526.89	259.18	267.71
616.27	0	71.91	44.82	66.47	16.02	\$128.27	\$166.89	0	0	0	0	0	08:00	1129.18	441.00	688.18
1068.33	0	108.08	43.98	65.23	15.72	\$157.42	\$204.82	0	0	0	0	0	09:00	1681.76	505.35	1176.41
1462.10	0	137.95	33.23	49.29	11.88	\$142.07	\$184.84	0	0	0	0	0	10:00	2035.10	435.05	1600.05
1680.40	0	157.55	21.52	31.91	7.69	\$83.99	\$109.28	0	0	0	0	0	11:00	2101.24	263.29	1837.95
1656.85	350.61	164.38	16.60	24.61	5.72	0	0	0	0	0	0	0	12:00	2218.77	46.93	2171.84
0	355.59	157.55	21.52	31.91	7.69	0	0	0	0	160.56	28.47	44.38	13:00	823.53	310.39	513.14
0	309.40	137.95	33.23	49.29	11.88	0	0	0	0	271.58	48.15	75.07	14:00	963.38	516.03	447.35
0	226.07	108.08	43.98	65.23	15.72	0	0	0	0	300.93	53.36	83.19	15:00	926.30	592.15	334.15
0	130.41	71.91	44.82	66.47	16.02	0	0	0	0	245.20	43.48	67.78	16:00	710.33	508.01	202.32
0	49.34	34.56	30.25	44.86	13.39	0	0	0	0	131.44	23.31	36.33	17:00	376.48	292.58	83.90
0	3.66	3.81	4.37	6.48	1.56	0	0	0	0	15.01	2.66	4.14	18:00	43.19	35.72	7.47

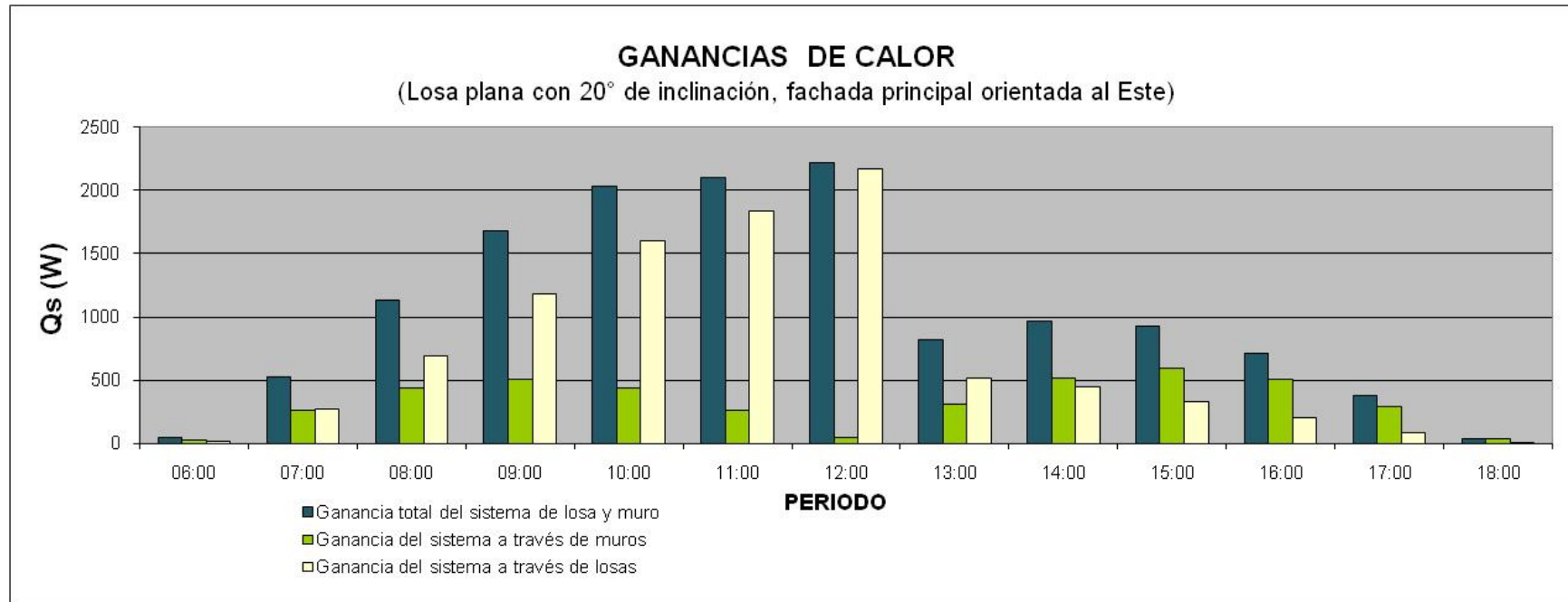


Figura A.3.3. Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 20° de inclinación, fachada principal orientada al Este

Anexo A3

Tabla A.3.4. Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Sureste

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Sureste																
LOSAS ORIENTADAS AL SURESTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL NOROESTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
10.23	0	3.81	12.02	17.82	4.29	3.63	4.72	0	0	0	0	0	06:00	61.40	47.36	14.04
177.17	0	34.56	99.59	147.69	35.59	35.34	45.93	0	0	0	0	0	07:00	622.93	411.20	211.73
520.38	0	71.91	177.58	263.35	63.45	71.03	92.37	0	0	0	0	0	08:00	1354.57	762.28	592.29
958.77	0	108.08	210.14	311.64	75.09	91.98	119.67	0	0	0	0	0	09:00	1997.77	930.92	1066.85
1367.98	0	137.95	185.08	274.47	66.14	85.85	111.69	0	0	0	0	0	10:00	2340.70	834.77	1505.93
1623.38	0	157.55	110.74	164.23	39.57	49.93	64.97	0	0	0	0	0	11:00	2276.81	495.88	1780.93
1644.63	353.20	164.38	11.74	17.40	4.19	0	0	0	0	13.95	2.47	3.86	12:00	2234.36	72.15	2162.21
0	350.23	157.55	0	0	0	0	0	104.07	54.67	131.62	23.34	36.38	13:00	928.67	420.89	507.78
0	299.83	137.95	0	0	0	0	0	178.93	93.98	219.97	39.00	60.81	14:00	1149.09	711.31	437.78
0	216.59	108.08	0	0	0	0	0	191.70	100.69	249.75	44.28	69.04	15:00	1112.69	788.02	324.67
0	124.08	71.91	0	0	0	0	0	147.97	77.72	211.05	37.42	58.34	16:00	836.06	640.07	195.99
0	46.91	34.56	0	0	0	0	0	73.62	38.67	118.38	20.99	32.72	17:00	423.23	341.76	81.47
0	3.52	3.81	0	0	0	0	0	7.57	3.98	14.28	1.23	1.92	18:00	42.86	35.53	7.33

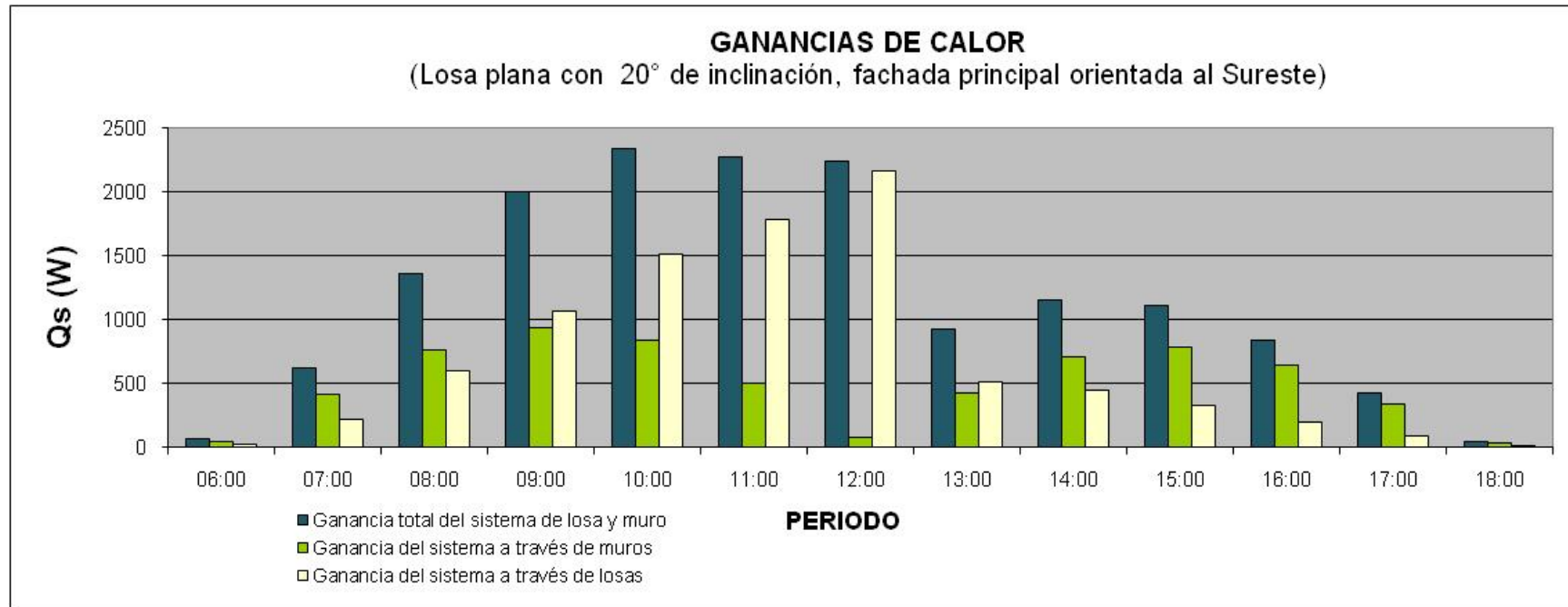


Figura A.3.4 Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 20° de inclinación, fachada principal orientada al Sureste

Anexo A3

Tabla A.3.5. Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Sur

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Sur																
LOSAS ORIENTADAS AL SUR (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL NORTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
0	1.84	3.81	12.63	18.73	4.51	0	0	0	0	5.19	0.92	1.43	06:00	49.06	43.41	5.65
0	31.64	34.56	110.59	164.01	39.52	0	0	0	0	35.95	6.37	9.94	07:00	432.58	366.38	66.20
0	94.84	71.91	206.31	305.96	73.72	0	0	0	0	53.27	9.44	14.72	08:00	830.17	663.42	166.75
0	179.99	108.08	253.20	375.50	90.48	0	0	0	0	52.27	9.27	14.45	09:00	1083.24	795.17	288.07
0	266.39	137.95	228.51	338.88	81.65	0	0	0	0	39.50	7.00	10.92	10:00	1110.80	706.46	404.34
0	330.58	157.55	135.10	200.35	48.27	0	0	0	0	25.57	4.53	7.07	11:00	909.02	420.89	488.13
0	354.27	164.38	0	0	0	0	0	0	0	19.72	3.50	5.45	12:00	547.32	28.67	518.65
0	330.58	157.55	0	0	0	0	0	175.06	91.95	25.57	4.53	7.07	13:00	847.98	359.85	488.13
0	266.39	137.95	0	0	0	0	0	296.11	155.53	39.50	7.00	10.92	14:00	1007.90	603.56	404.34
0	179.99	108.08	0	0	0	0	0	328.10	172.34	52.27	9.27	14.45	15:00	969.19	681.12	288.07
0	94.84	71.91	0	0	0	0	0	267.34	140.42	53.27	9.44	14.72	16:00	737.29	570.54	166.75
0	31.64	34.56	0	0	0	0	0	143.31	75.27	35.95	6.37	9.94	17:00	382.83	316.63	66.20
0	1.84	3.81	0	0	0	0	0	16.36	8.59	5.19	0.92	1.43	18:00	43.65	38.00	5.65

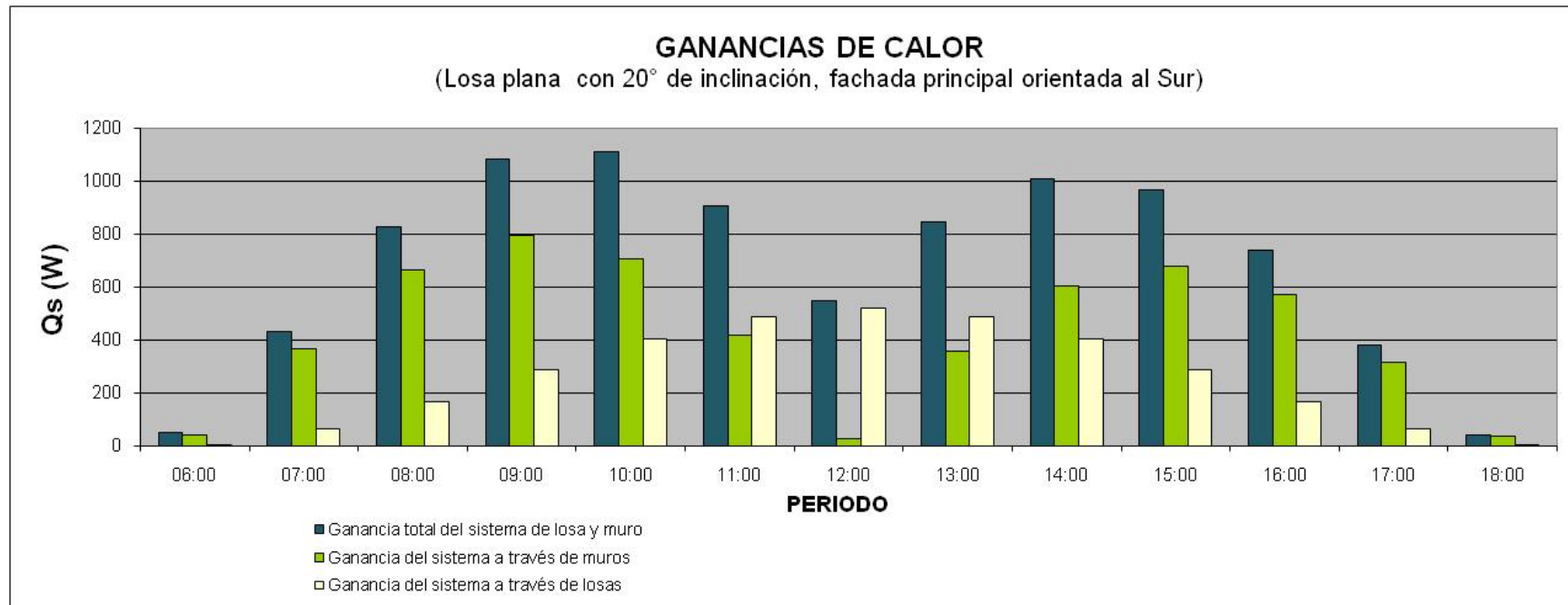


Figura A.3.5 Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 20° de inclinación, fachada principal orientada al Sur

Anexo A3

Tabla A.3.6. Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Suroeste

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Suroeste																
LOSAS ORIENTADAS AL SUROESTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL NORESTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2 (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
0	3.52	3.81	5.84	8.66	2.09	0	0	0	0	14.28	2.53	3.95	06:00	46.10	38.77	7.33
0	46.91	34.56	56.81	84.25	20.30	0	0	0	0	118.36	20.99	32.72	07:00	426.61	345.14	81.47
0	124.08	71.91	114.19	169.35	40.80	0	0	0	0	211.05	37.42	58.34	08:00	848.00	652.01	195.99
0	216.59	108.08	147.94	219.39	52.86	0	0	0	0	249.75	44.28	69.04	09:00	1132.61	807.94	324.67
0	299.83	137.95	138.08	204.77	49.34	0	0	0	0	219.97	39.00	60.81	10:00	1171.49	733.71	437.78
0	350.23	157.55	80.32	119.11	28.70	0	0	0	0	131.62	23.34	36.38	11:00	940.25	432.47	507.78
1644.63	353.20	164.38	0	0	0	0	0	15.21	7.99	13.95	2.47	3.86	12:00	2211.92	49.71	2162.21
1623.38	0	157.55	0	0	0	49.93	64.97	143.50	75.37	0	0	0	13:00	2160.50	379.57	1780.93
1367.98	0	137.95	0	0	0	85.85	111.69	239.83	125.97	0	0	0	14:00	2145.82	639.89	1505.93
958.77	0	108.08	0	0	0	91.98	119.67	272.30	143.03	0	0	0	15:00	1780.75	713.90	1066.85
520.38	0	71.91	0	0	0	71.00	92.37	230.11	120.86	0	0	0	16:00	1180.10	587.81	592.29
177.17	0	34.56	0	0	0	35.32	45.96	129.05	67.78	0	0	0	17:00	531.07	319.34	211.73
10.23	0	3.81	0	0	0	3.63	4.73	15.57	8.18	0	0	0	18:00	51.17	37.13	14.04

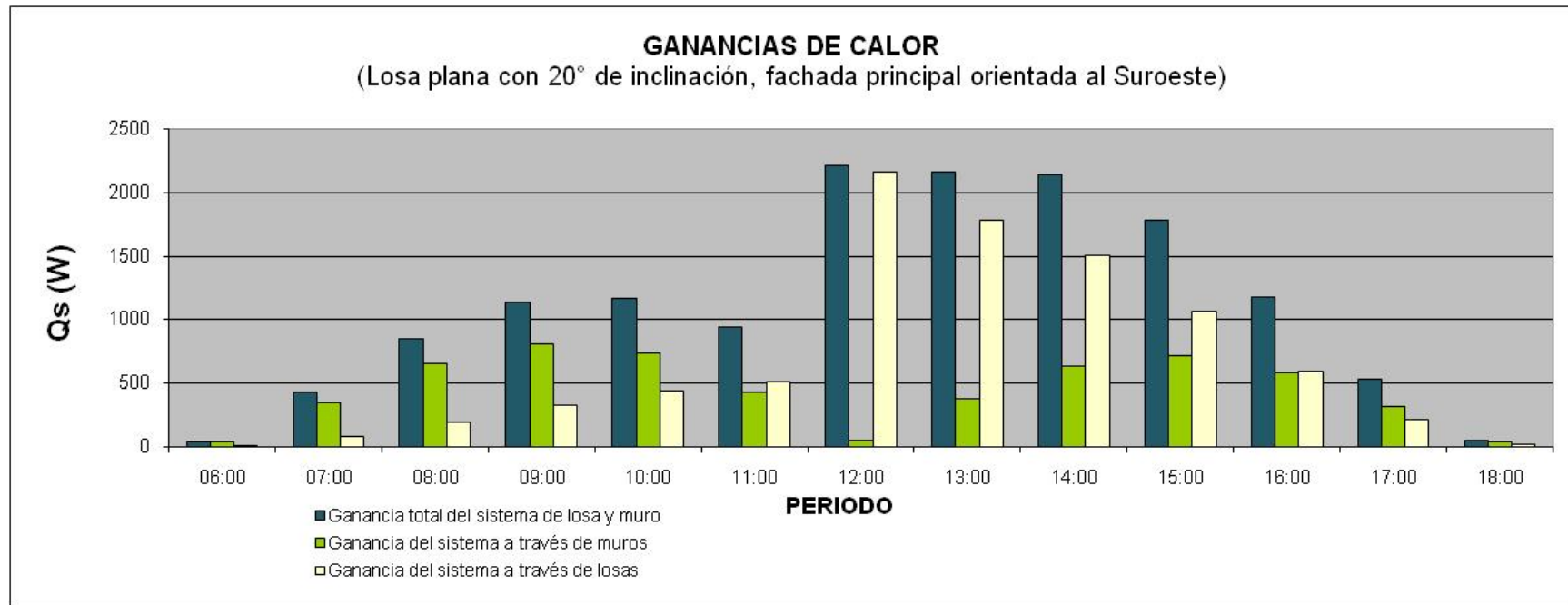


Figura A.3.6 Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 20° de inclinación, fachada principal orientada al Suroeste

Anexo A3

Tabla A.3.7. Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Oeste

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Oeste																
LOSAS ORIENTADAS AL OESTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL ESTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)*	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
0	1.84	3.81	0	0	0	0	0	5.66	2.97	15.01	2.67	4.15	06:00	42.26	36.61	5.65
0	31.64	34.56	0	0	0	0	0	39.20	20.59	131.44	23.31	36.33	07:00	367.18	300.98	66.20
0	94.84	71.91	0	0	0	0	0	58.08	30.51	245.20	43.48	67.78	08:00	700.41	533.66	166.75
0	179.99	108.08	0	0	0	0	0	56.99	29.94	300.93	53.36	83.19	09:00	916.64	628.57	288.07
0	266.39	137.95	0	0	0	0	0	43.07	22.62	271.58	48.15	75.07	10:00	956.15	551.81	404.34
0	330.58	157.55	0	0	0	0	0	27.88	14.64	160.56	28.47	44.38	11:00	818.82	330.69	488.13
1674.12	354.27	164.38	0	0	0	0	0	21.51	11.30	0	0	0	12:00	2225.58	32.81	2192.77
1562.18	0	157.55	0	0	0	84.03	109.28	27.88	14.64	0	0	0	13:00	1964.46	244.73	1719.73
1258.85	0	137.95	0	0	0	142.07	184.84	43.07	22.62	0	0	0	14:00	1803.14	406.34	1396.80
850.57	0	108.08	0	0	0	157.42	204.82	56.99	29.94	0	0	0	15:00	1426.00	467.35	958.65
448.18	0	71.91	0	0	0	128.27	166.89	58.08	30.51	0	0	0	16:00	922.37	402.28	520.09
149.52	0	34.56	0	0	0	68.76	89.46	39.20	20.59	0	0	0	17:00	414.61	230.53	184.08
8.69	0	3.81	0	0	0	7.85	10.21	5.66	2.97	0	0	0	18:00	41.01	28.51	12.50

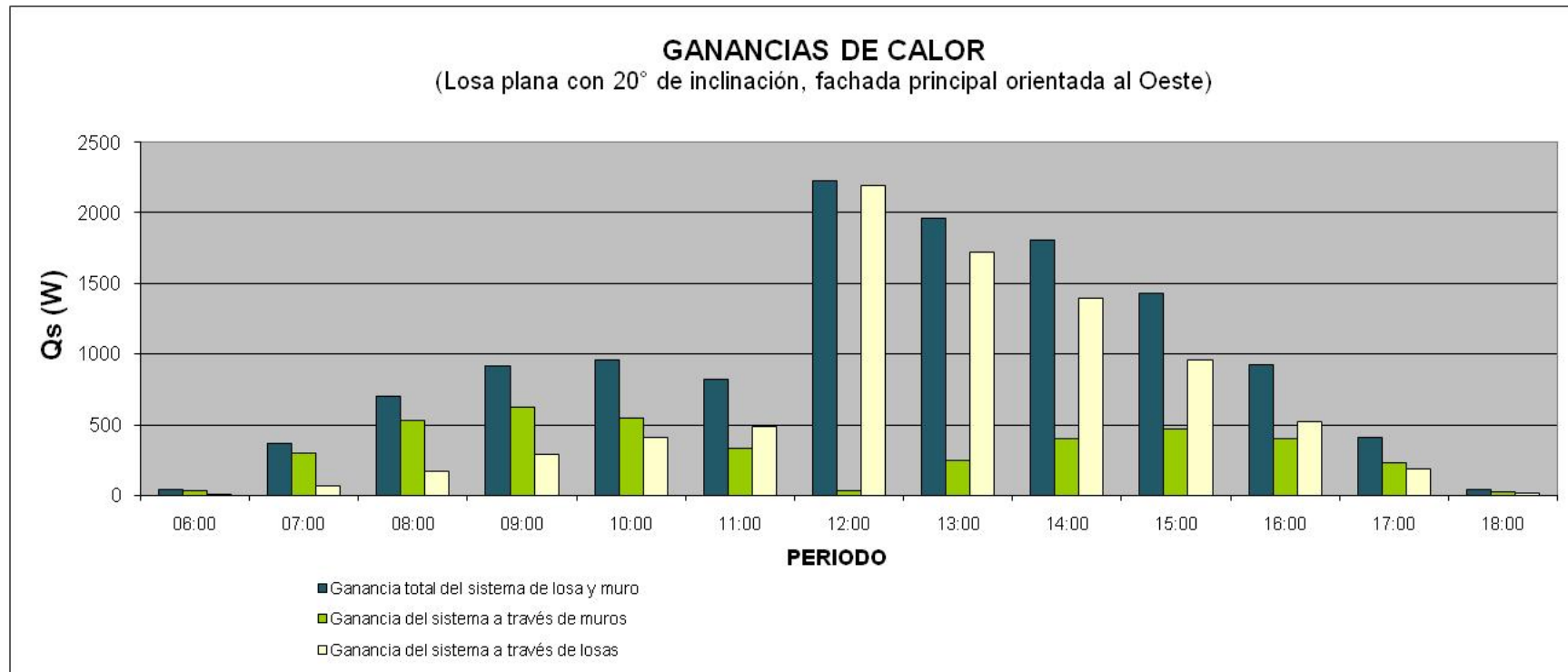


Figura A.3.7 Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 20° de inclinación, fachada principal orientada al Oeste

Anexo A3

Tabla A.3.8. Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Noroeste

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Noroeste																
LOSAS ORIENTADAS AL NOROESTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL SURESTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
0	2.16	3.81	0	0	0	0	0	15.57	8.18	6.94	1.23	1.92	06:00	46.83	40.86	5.97
0	37.49	34.56	0	0	0	0	0	129.05	67.78	67.52	11.97	18.67	07:00	427.58	355.53	72.05
0	110.12	71.91	0	0	0	0	0	230.11	120.86	135.72	24.06	37.52	08:00	840.57	658.54	182.03
0	202.89	108.08	0	0	0	0	0	272.30	143.03	175.82	31.18	48.68	09:00	1119.14	808.17	310.97
0	289.48	137.95	0	0	0	0	0	239.83	125.97	164.11	29.10	45.36	10:00	1155.24	727.81	427.43
0	343.53	157.55	0	0	0	0	0	143.50	75.37	95.45	16.93	26.39	11:00	921.79	420.71	501.08
1669.06	348.03	164.38	0	0	0	7.30	9.49	15.21	7.99	0	0	0	12:00	2240.00	58.53	2181.47
1655.05	0	157.55	80.32	119.11	28.70	68.85	89.52	0	0	0	0	0	13:00	2290.70	478.10	1812.60
1416.90	0	137.95	138.08	204.77	49.34	115.07	149.71	0	0	0	0	0	14:00	2364.92	810.07	1554.85
1023.51	0	108.08	147.94	219.39	52.86	130.65	169.98	0	0	0	0	0	15:00	2026.25	894.66	1131.59
586.36	0	71.91	114.19	169.35	40.80	110.41	143.64	0	0	0	0	0	16:00	1383.60	725.33	658.27
221.69	0	34.56	56.81	84.25	20.30	61.92	80.56	0	0	0	0	0	17:00	642.55	386.30	256.25
16.66	0	3.81	5.84	8.66	2.09	7.47	9.72	0	0	0	0	0	18:00	64.29	43.82	20.47

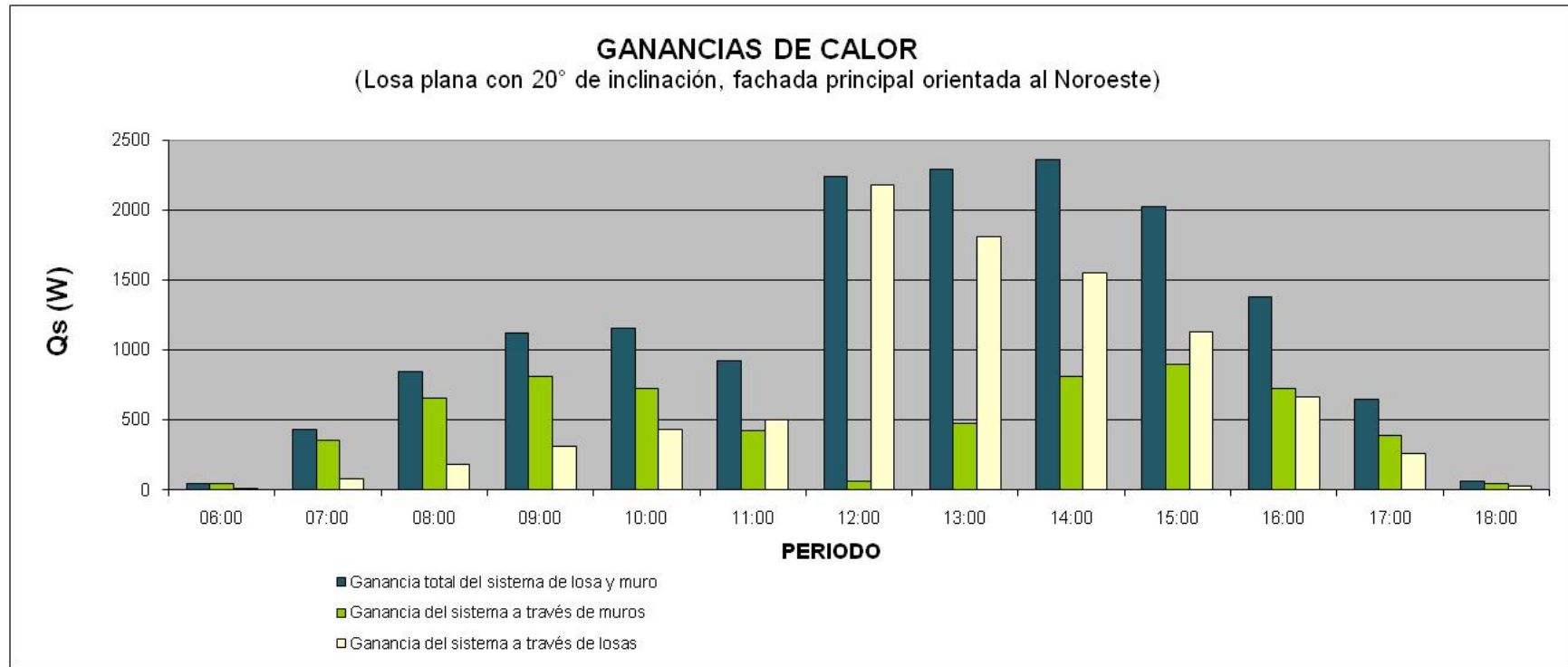


Figura A.3.8 Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 20° de inclinación, fachada principal orientada al Noroeste

Anexo A4

Tabla A.4.1 Losa plana con 30° de inclinación, fachada principal orientada al Norte

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 30° de inclinación, fachada principal orientada al Norte																
LOSAS ORIENTADAS AL NORTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL SUR (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
11.36	0	3.81	0	0	0	0.42	3.53	21.27	8.59	0	0	0	06:00	54.49	39.32	15.17
167.99	0	34.56	0	0	0	5.54	24.47	186.30	75.27	0	0	0	07:00	539.92	337.37	202.55
475.57	0	71.91	0	0	0	13.26	36.25	347.55	140.42	0	0	0	08:00	1170.31	622.83	547.48
877.49	0	108.08	0	0	0	22.80	35.58	426.53	172.34	0	0	0	09:00	1747.51	761.94	985.57
1279.24	0	137.95	0	0	0	20.66	26.88	384.94	155.53	0	0	0	10:00	2099.70	682.51	1417.19
1575.45	0	157.55	0	0	0	13.38	17.40	227.58	91.95	0	0	0	11:00	2138.98	405.98	1733.00
1684.40	0	164.38	0	0	0	10.32	13.43	0	0	0	0	0	12:00	1872.53	23.75	1848.78
1575.45	0	157.55	146.77	223.51	48.27	13.38	17.40	0	0	0	0	0	13:00	2182.33	449.33	1733.00
1279.24	0	137.95	248.25	378.06	81.65	20.66	26.88	0	0	0	0	0	14:00	2172.69	755.50	1417.19
877.49	0	108.08	275.08	418.91	90.48	27.35	35.58	0	0	0	0	0	15:00	1832.97	847.40	985.57
475.57	0	71.91	224.14	341.34	73.72	27.87	36.25	0	0	0	0	0	16:00	1250.80	703.32	547.48
167.99	0	34.56	120.15	182.97	39.52	18.81	24.47	0	0	0	0	0	17:00	588.47	385.92	202.55
11.36	0	3.81	13.72	20.89	4.51	2.72	3.53	0	0	0	0	0	18:00	60.54	45.37	15.17

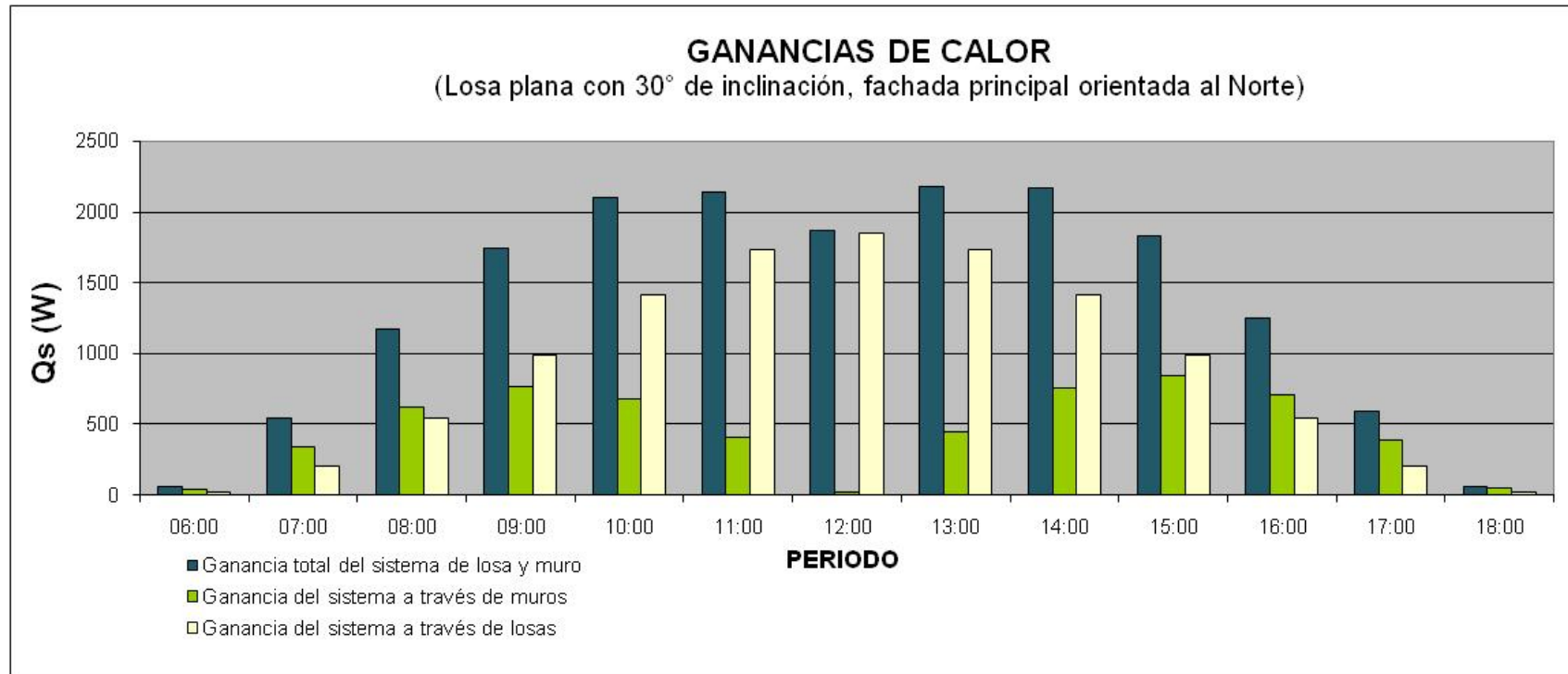


Figura A.4.1 Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 20° de inclinación, fachada principal orientada al Norte

Anexo A4

Tabla A.4.2 Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Noreste

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 30° de inclinación, fachada principal orientada al Noreste																
LOSAS ORIENTADAS AL NORESTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL SUROESTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
23.99	0	3.81	0	0	0	7.48	9.72	9.87	3.98	0	0	0	06:00	68.87	41.07	27.80
282.49	0	34.56	0	0	0	61.92	80.56	95.71	38.67	0	0	0	07:00	676.37	359.32	317.05
694.78	0	71.91	0	0	0	110.41	143.64	192.37	77.72	0	0	0	08:00	1437.77	671.08	766.69
1151.84	0	108.08	0	0	0	130.65	169.98	249.21	100.69	0	0	0	09:00	2084.29	824.37	1259.92
1529.97	0	137.95	0	0	0	115.07	149.71	232.61	93.98	0	0	0	10:00	2412.39	744.47	1667.92
1722.78	0	157.55	0	0	0	68.85	89.58	135.30	54.67	0	0	0	11:00	2300.33	420.00	1880.33
1676.38	345.31	164.38	12.75	19.42	4.19	7.34	9.55	0	0	0	0	0	12:00	2250.40	64.33	2186.07
0	352.67	157.55	120.31	183.22	39.57	0	0	0	119.32	16.93	26.39	0	13:00	1025.39	515.17	510.22
0	306.25	137.95	201.07	306.21	66.14	0	0	0	205.14	29.10	45.36	0	14:00	1313.44	869.24	444.20
0	221.22	108.08	228.3	347.67	75.09	0	0	0	219.78	31.18	48.60	0	15:00	1297.30	968.00	329.30
0	124.43	71.91	192.92	293.79	63.45	0	0	0	169.65	24.06	37.52	0	16:00	991.15	794.81	196.34
0	44.67	34.56	108.19	164.77	35.59	0	0	0	84.40	11.97	18.66	0	17:00	509.49	430.26	79.23
0	2.91	3.81	13.05	19.88	4.29	0	0	0	8.68	1.23	1.92	0	18:00	56.46	49.74	6.72

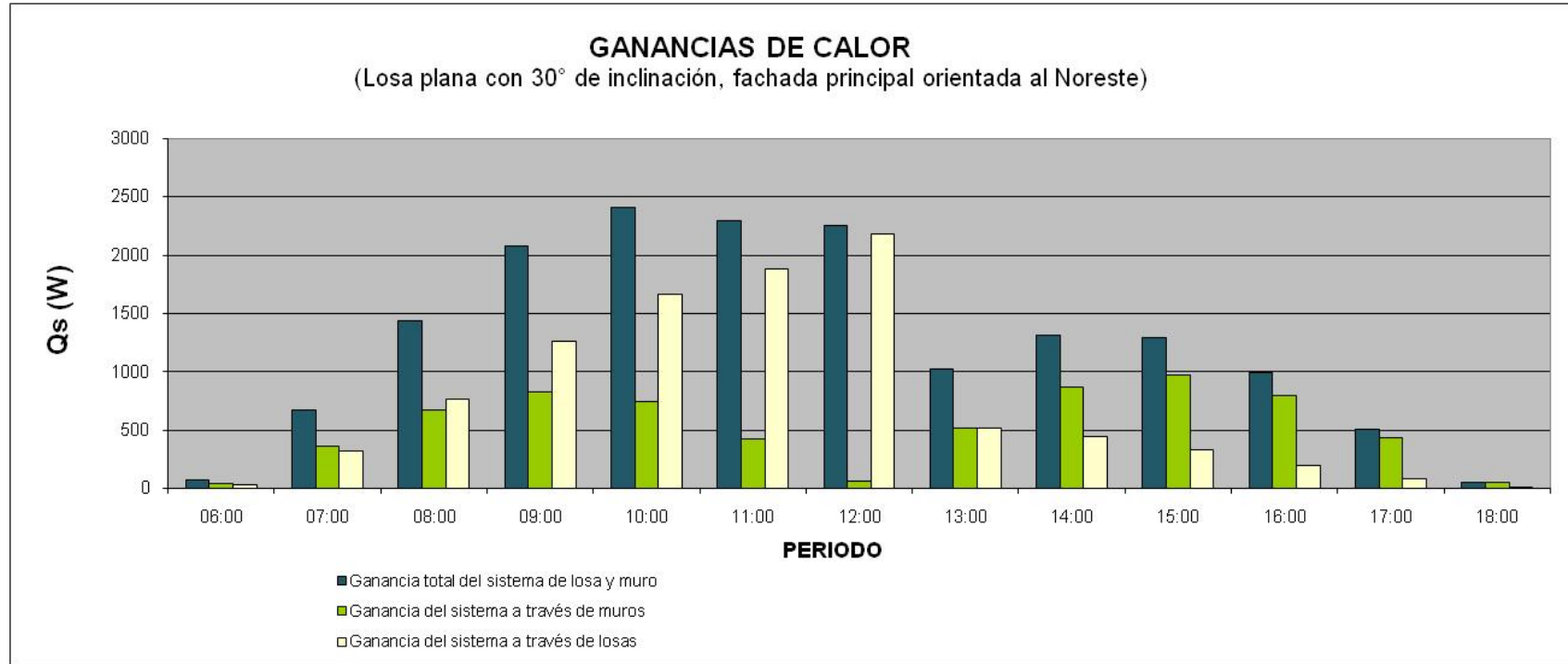


Figura A.4.2 Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 20° de inclinación, fachada principal orientada al Noreste

Tabla A.4.3 Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Este

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 30° de inclinación, fachada principal orientada al Este																
LOSAS ORIENTADAS AL ESTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL OESTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
25.00	0	3.81	4.74	7.22	1.56	7.85	10.21	0	0	0	0	0	06:00	62.21	33.40	28.81
300.66	0	34.56	32.86	50.04	13.39	68.76	89.40	0	0	0	0	0	07:00	602.19	266.97	335.22
742.22	0	71.91	48.69	74.15	16.02	128.27	166.89	0	0	0	0	0	08:00	1266.68	452.55	814.13
1222.94	0	108.08	47.78	72.77	15.72	157.42	204.82	0	0	0	0	0	09:00	1847.71	516.69	1331.02
1601.68	0	137.95	36.11	54.98	11.88	142.07	184.84	0	0	0	0	0	10:00	2183.25	443.62	1739.63
1762.99	0	157.55	23.37	35.60	7.69	83.99	109.28	0	0	0	0	0	11:00	2189.37	268.83	1920.54
1657.00	349.39	164.38	18.03	27.46	5.72	0	0	0	0	0	0	0	12:00	2221.98	51.21	2170.77
0	371.74	157.55	23.37	35.60	7.69	0	0	0	0	160.56	28.47	44.38	13:00	875.22	345.93	529.29
0	337.73	137.95	36.11	54.98	11.88	0	0	0	0	271.58	48.15	75.07	14:00	1051.03	575.35	475.68
0	257.87	108.08	47.78	72.77	15.72	0	0	0	0	300.93	53.36	83.19	15:00	1025.68	659.73	365.95
0	156.51	71.91	48.69	74.15	16.02	0	0	0	0	245.20	43.48	67.78	16:00	793.82	565.40	228.42
0	63.40	34.56	32.86	50.04	13.39	0	0	0	0	131.44	23.31	36.33	17:00	422.92	324.96	97.96
0	5.27	3.81	4.74	7.22	1.56	0	0	0	0	15.01	2.66	4.14	18:00	48.74	39.66	9.08

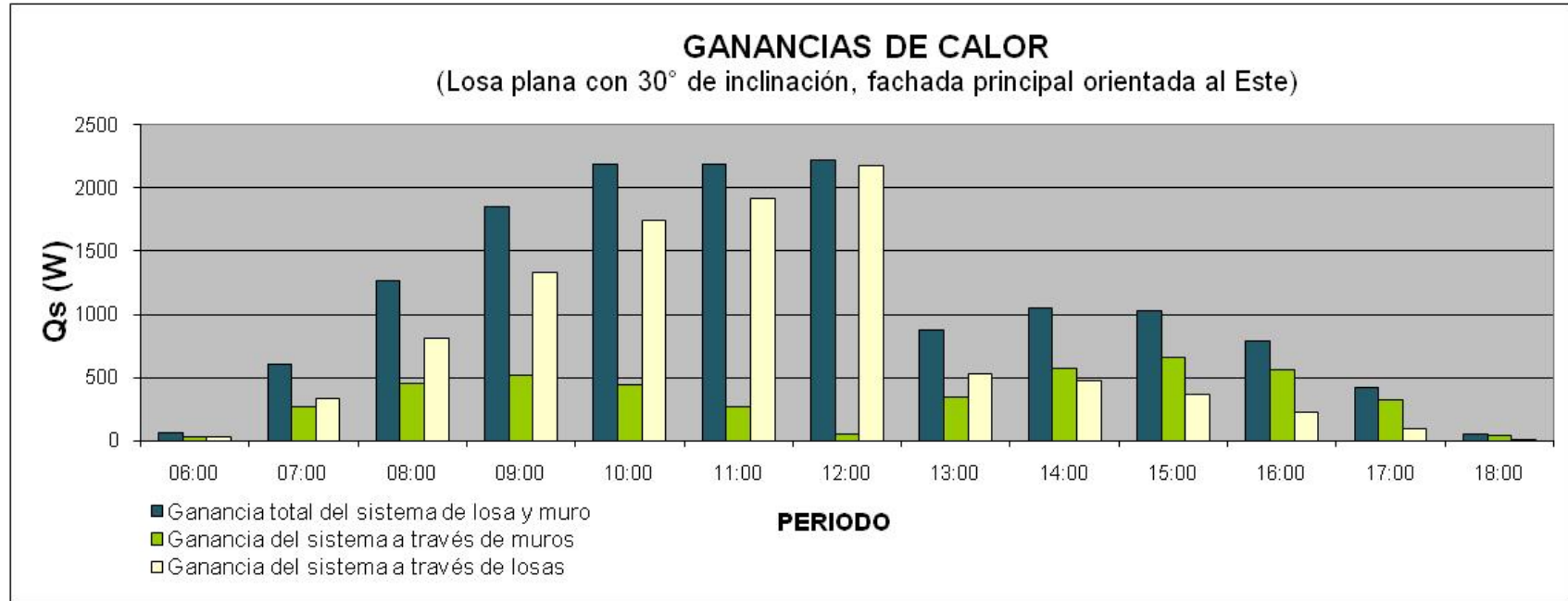


Figura A.4.3 Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 20° de inclinación, fachada principal orientada al Este

Anexo A4

Tabla A.4.4 Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Sureste

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 30° de inclinación, fachada principal orientada al Sureste																
LOSAS ORIENTADAS AL SURESTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL NOROESTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
13.79	0	3.81	13.05	19.88	4.29	3.63	4.72	0	0	0	0	0	06:00	68.05	50.45	17.60
211.86	0	34.56	108.19	164.77	35.59	35.34	45.93	0	0	0	0	0	07:00	683.30	436.88	246.42
590.12	0	71.91	192.92	293.79	63.45	71.03	92.37	0	0	0	0	0	08:00	1470.09	808.06	662.03
1049.14	0	108.08	228.30	347.67	75.09	91.98	119.67	0	0	0	0	0	09:00	2142.33	985.11	1157.22
1452.37	0	137.95	201.07	306.21	66.14	85.85	111.69	0	0	0	0	0	10:00	2472.82	882.50	1590.32
1672.54	0	157.55	120.31	183.22	39.57	49.93	64.97	0	0	0	0	0	11:00	2354.53	524.44	1830.09
1637.62	353.48	164.38	12.75	19.42	4.19	0	0	0	0	17.43	2.47	3.86	12:00	2234.14	78.66	2155.48
0	363.26	157.55	0	0	0	0	0	135.30	54.67	164.52	23.34	36.38	13:00	1005.83	485.02	520.81
0	322.61	137.95	0	0	0	0	0	232.61	93.98	274.96	39.00	60.81	14:00	1280.54	819.98	460.56
0	242.88	108.08	0	0	0	0	0	249.21	100.69	312.19	44.28	69.04	15:00	1258.93	907.97	350.96
0	146.5	71.91	0	0	0	0	0	192.37	77.72	263.81	37.42	58.34	16:00	955.64	737.23	218.41
0	59.57	34.56	0	0	0	0	0	95.71	38.67	147.95	20.99	32.72	17:00	487.55	393.42	94.13
0	5.06	3.81	0	0	0	0	0	9.84	3.98	17.85	1.23	1.92	18:00	50.24	41.37	8.87

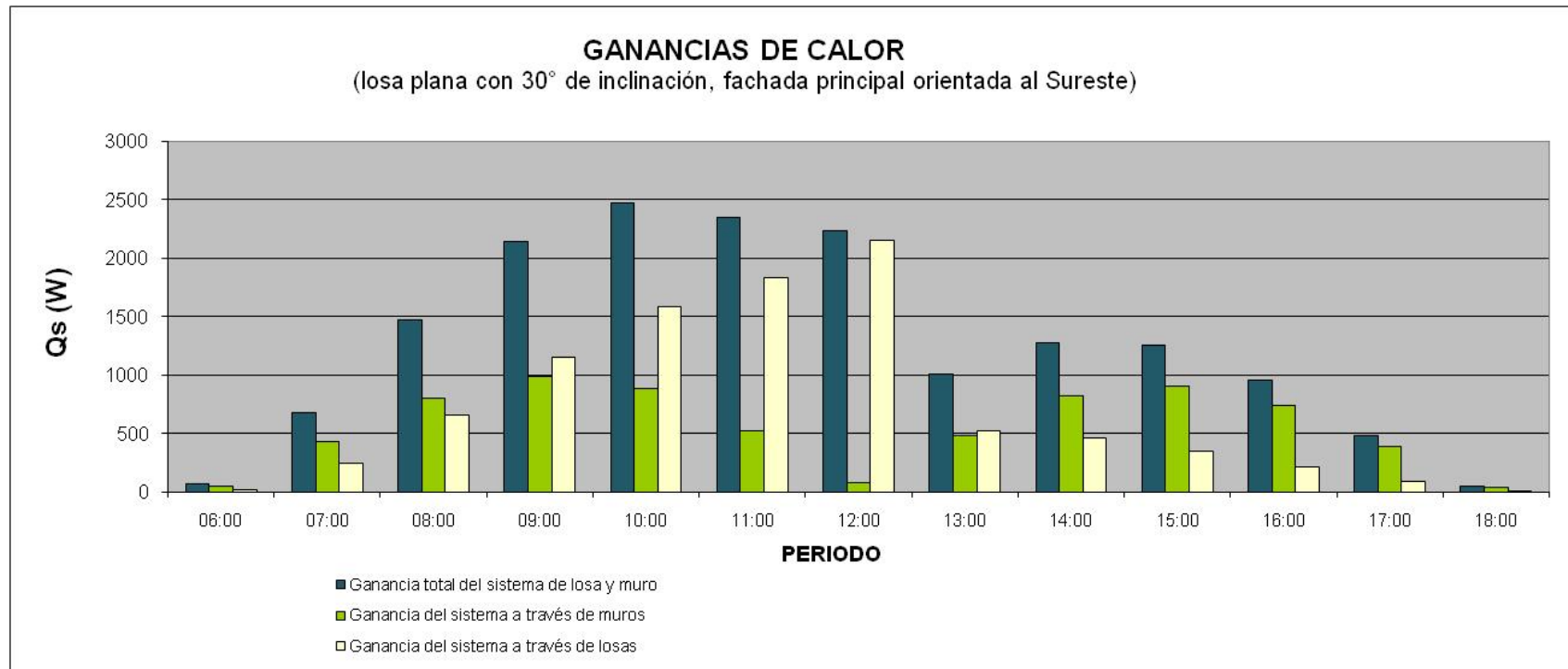


Figura A.4.4 Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 20° de inclinación, fachada principal orientada al Sureste

Anexo A4

Tabla A.4.5 Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Sur

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 30° de inclinación, fachada principal orientada al Sur																
LOSAS ORIENTADAS AL SUR (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL NORTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
0	2.40	3.81	13.72	20.89	4.51	0	0	0	0	6.49	0.92	1.43	06:00	54.17	47.96	6.21
0	35.42	34.56	120.15	182.97	39.52	0	0	0	0	44.94	6.37	9.94	07:00	473.87	403.89	69.98
0	100.28	71.91	224.14	341.34	73.72	0	0	0	0	66.58	9.44	14.72	08:00	902.13	729.94	172.19
0	185.03	108.08	275.08	418.91	90.48	0	0	0	0	65.34	9.27	14.45	09:00	1166.64	873.53	293.11
0	269.74	137.95	248.25	378.06	81.65	0	0	0	0	49.37	7.00	10.92	10:00	1182.94	775.25	407.69
0	332.20	157.55	146.77	223.51	48.27	0	0	0	0	31.96	4.53	7.07	11:00	951.86	462.11	489.75
0	355.17	164.38	0	0	0	0	0	0	0	24.66	3.50	5.45	12:00	553.16	33.61	519.55
0	332.20	157.55	0	0	0	0	0	227.58	91.95	31.96	4.53	7.07	13:00	908.51	418.76	489.75
0	269.74	137.95	0	0	0	0	0	384.94	155.53	49.37	7.00	10.92	14:00	1109.95	702.26	407.69
0	185.03	108.08	0	0	0	0	0	426.53	172.34	65.34	9.27	14.45	15:00	1085.73	792.62	293.11
0	100.28	71.91	0	0	0	0	0	347.55	140.42	66.58	9.44	14.72	16:00	836.25	664.06	172.19
0	35.42	34.56	0	0	0	0	0	186.30	75.27	44.94	6.37	9.94	17:00	438.59	368.61	69.98
0	2.40	3.81	0	0	0	0	0	21.27	8.59	6.49	0.92	1.43	18:00	50.42	44.21	6.21

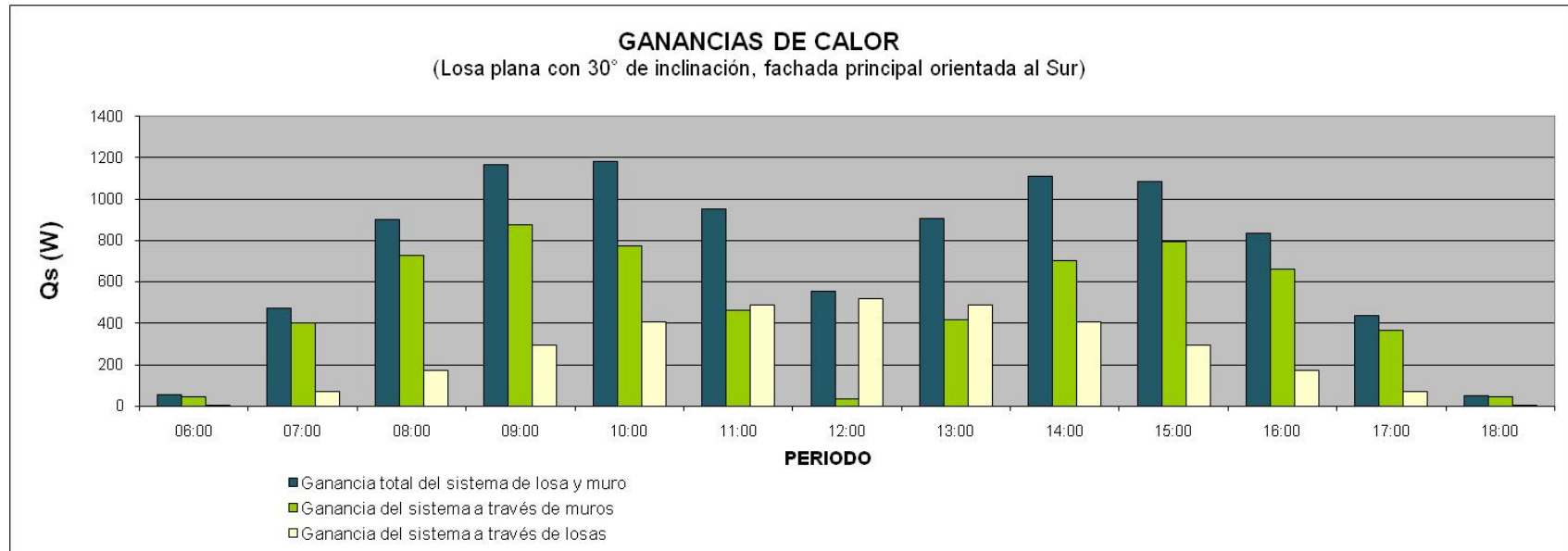


Figura A.4.5 Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 20° de inclinación, fachada principal orientada al Sur

Anexo A4

Tabla A.4.6 Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Suroeste

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 30° de inclinación, fachada principal orientada al Suroeste																
LOSAS ORIENTADAS AL SUROESTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL NORESTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
0	5.06	3.81	6.35	9.66	2.09	0	0	0	0	17.85	2.53	3.95	06:00	52.72	43.85	8.87
0	59.57	34.56	61.72	94.00	20.30	0	0	0	0	147.95	20.99	32.72	07:00	483.52	389.39	94.13
0	146.50	71.91	124.06	188.93	40.80	0	0	0	0	263.81	37.42	58.34	08:00	952.63	734.22	218.41
0	242.88	108.08	160.72	244.76	52.86	0	0	0	0	312.19	44.28	69.04	09:00	1259.49	908.53	350.96
0	322.61	137.95	150.01	228.45	49.34	0	0	0	0	274.96	39.00	60.81	10:00	1284.87	824.31	460.56
0	363.26	157.55	87.25	132.88	28.70	0	0	0	0	164.52	23.34	36.38	11:00	1006.88	486.07	520.81
1637.62	353.48	164.38	0	0	0	0	0	19.77	7.99	17.43	2.47	3.86	12:00	2213.23	57.75	2155.48
1672.54	0	157.55	0	0	0	49.93	64.97	186.55	75.37	0	0	0	13:00	2252.71	422.62	1830.09
1452.37	0	137.95	0	0	0	85.85	111.69	311.78	125.97	0	0	0	14:00	2302.16	711.84	1590.32
1049.14	0	108.08	0	0	0	91.98	119.67	354.00	143.03	0	0	0	15:00	1952.82	795.60	1157.22
590.12	0	71.91	0	0	0	71.00	92.37	299.14	120.86	0	0	0	16:00	1318.87	656.84	662.03
211.86	0	34.56	0	0	0	35.32	45.96	165.45	67.78	0	0	0	17:00	602.16	355.74	246.42
13.79	0	3.81	0	0	0	3.63	4.73	20.24	8.18	0	0	0	18:00	59.40	41.80	17.60

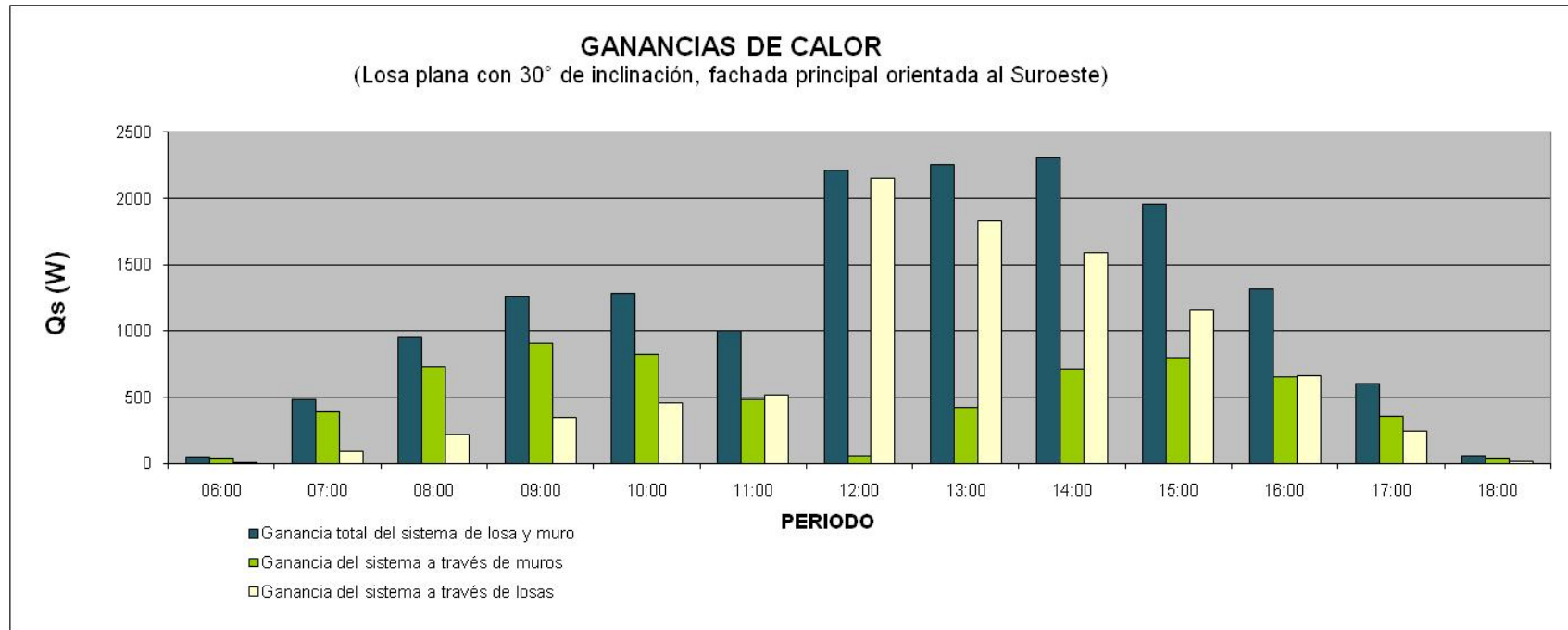


Figura A.4.6 Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 20° de inclinación, fachada principal orientada al Suroeste

Anexo A4

Tabla A.4.7 Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Oeste

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 30° de inclinación, fachada principal orientada al Oeste																
LOSAS ORIENTADAS AL OESTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL ESTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
0	2.40	3.81	0	0	0	0	0	7.36	2.97	18.76	2.67	4.15	06:00	48.27	42.06	6.21
0	35.42	34.56	0	0	0	0	0	50.95	20.59	164.30	23.31	36.33	07:00	415.57	345.59	69.98
0	100.28	71.91	0	0	0	0	0	75.50	30.51	306.50	43.48	67.78	08:00	784.57	612.38	172.19
0	185.03	108.08	0	0	0	0	0	74.09	29.94	376.16	53.36	83.19	09:00	1014.01	720.90	293.11
0	269.74	137.95	0	0	0	0	0	55.98	22.62	339.48	48.15	75.07	10:00	1040.31	632.62	407.69
0	332.20	157.55	0	0	0	0	0	36.24	14.64	200.70	28.47	44.38	11:00	868.94	379.19	489.75
1684.40	355.17	164.38	0	0	0	0	0	27.96	11.30	0	0	0	12:00	2243.21	39.26	2203.95
1575.45	0	157.55	0	0	0	84.03	109.28	36.24	14.64	0	0	0	13:00	1986.09	253.09	1733.00
1279.24	0	137.95	0	0	0	142.07	184.84	55.98	22.62	0	0	0	14:00	1836.44	419.25	1417.19
877.49	0	108.08	0	0	0	157.42	204.82	74.09	29.94	0	0	0	15:00	1470.02	484.45	985.57
475.57	0	71.91	0	0	0	128.27	166.89	75.50	30.51	0	0	0	16:00	967.18	419.70	547.48
167.99	0	34.56	0	0	0	68.76	89.46	50.95	20.59	0	0	0	17:00	444.83	242.28	202.55
11.36	0	3.81	0	0	0	7.85	10.21	7.36	2.97	0	0	0	18:00	45.38	30.21	15.17

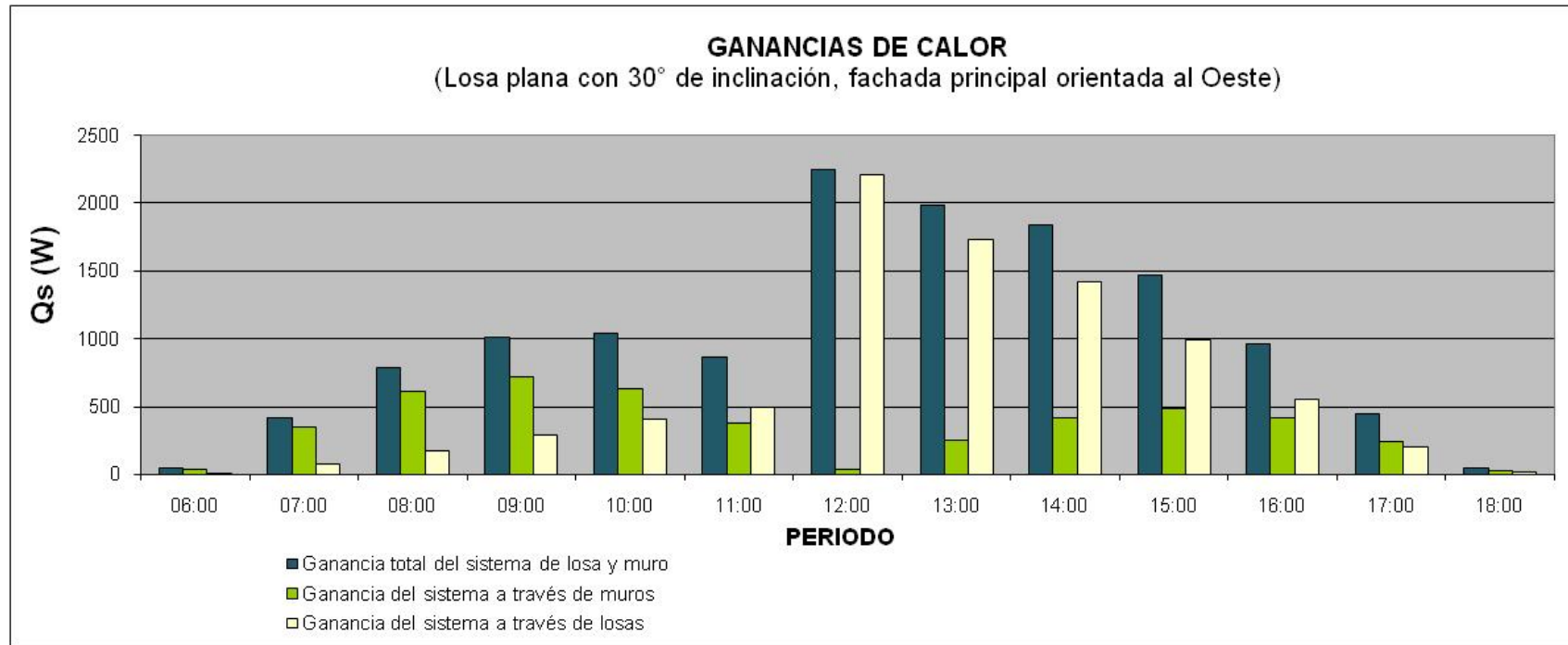


Figura A.4.7 Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 20° de inclinación, fachada principal orientada al Oeste

Anexo A4

Tabla A.4.8 Losa plana con 20° de inclinación, fachada principal orientada al Noroeste

Ganancias de calor (Qs)													PERIODO	Ganancia total del sistema de losa y muro	Ganancia del sistema a través de muros	Ganancia del sistema a través de losas
Losa plana con 30° de inclinación, fachada principal orientada al Noroeste																
LOSAS ORIENTADAS AL NOROESTE (ESTANCIA Y RECAMARA)	LOSA ORIENTADA AL SURESTE (COCINA)	LOSA PLANA (PASILLO)	MURO 1 (Lat)	MURO 1 (Lat)'	MURO 1 (Lat)''	MURO 2 (Frontal)	MURO 2' (Frontal)	MURO 3 (Lat)	MURO 3 (Lat)'	MURO 4 (Lat)	MURO 4 (Lat)'	MURO 4 (Lat)''				
0	2.91	3.81	0	0	0	0	0	20.24	8.18	8.68	1.23	1.92	06:00	53.99	47.27	6.72
0	44.67	34.56	0	0	0	0	0	167.77	67.78	84.40	11.97	18.67	07:00	490.36	411.13	79.23
0	124.43	71.91	0	0	0	0	0	299.14	120.86	169.65	24.06	37.52	08:00	957.84	761.50	196.34
0	221.22	108.08	0	0	0	0	0	354.00	143.03	219.78	31.18	48.68	09:00	1263.13	933.83	329.30
0	306.25	137.95	0	0	0	0	0	311.78	125.97	205.14	29.10	45.36	10:00	1284.99	840.79	444.20
0	352.67	157.55	0	0	0	0	0	186.55	75.37	119.32	16.93	26.39	11:00	997.85	487.63	510.22
1676.38	345.31	164.38	0	0	0	7.30	9.49	19.77	7.99	0	0	0	12:00	2249.16	63.09	2186.07
1722.78	0	157.55	87.25	132.88	28.70	68.85	89.52	0	0	0	0	0	13:00	2379.13	498.80	1880.33
1529.97	0	137.95	150.01	228.45	49.34	115.07	149.71	0	0	0	0	0	14:00	2513.60	845.68	1667.92
1151.84	0	108.08	160.72	244.76	52.86	130.65	169.98	0	0	0	0	0	15:00	2192.73	932.81	1259.92
694.78	0	71.91	124.06	188.93	40.80	110.41	143.64	0	0	0	0	0	16:00	1521.47	754.78	766.69
282.49	0	34.56	61.72	94.00	20.30	61.92	80.56	0	0	0	0	0	17:00	718.01	400.96	317.05
23.99	0	3.81	6.35	9.66	2.09	7.47	9.72	0	0	0	0	0	18:00	73.13	45.33	27.80

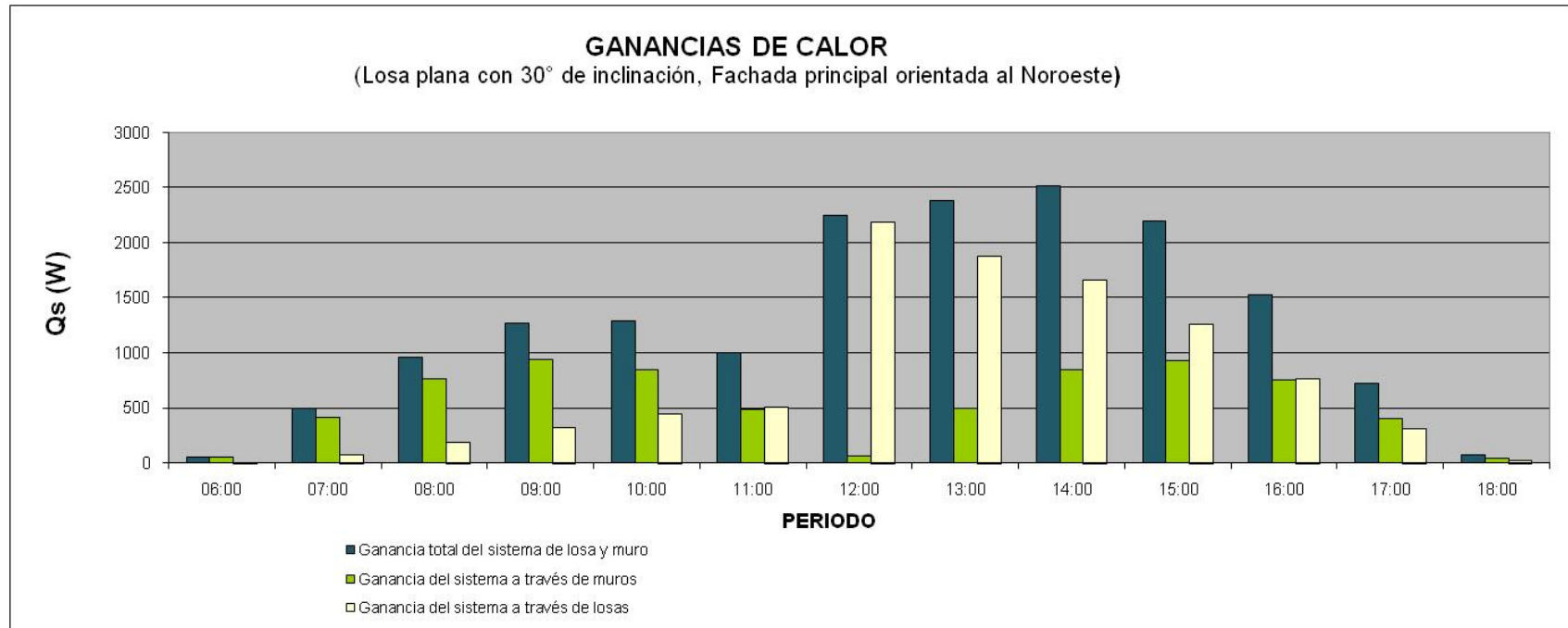


Figura A.4.8 Gráfica de comportamiento, ganancia de calor Losa plana 20° de inclinación, fachada principal orientada al Noroeste

