

Un Millón de Techos Refrescantes

Estudio de estrategias de enfriamiento pasivo

Contexto y Planteamiento

Como parte del proyecto ‘Million Cool Roofs’ se realizó una investigación de variedad de estrategias de enfriamiento pasivo a fin de determinar el impacto de las condiciones térmicas de las casas. El objetivo se centró en reducir las temperaturas internas tomando en consideración el estudio de condiciones de México realizado en agosto. Todos los casos se estudiaron sin la condición de viento para mantener un enfoque conservador.

La investigación se llevó a cabo utilizando el software denominado BEANS (Building Environment Analysis Suite) desarrollado por Arup. Se investigaron las siguientes estrategias:

1. Techos reflectantes
2. Paredes reflectantes
3. Portales de ventilación de mayor tamaño (incrementos del 20% y 50%)
4. Orientación de la casa
5. Persianas (interior y exterior)
6. Acristalamiento (doble acristalamiento y acristalamiento solar)
7. Aislamiento
8. Techos inclinados (totalmente inclinados y medio inclinados)

Las estrategias enumeradas se compararon primero individualmente con un caso base, y los resultados se presentan en las primeras secciones.

Los valores numéricos del informe se tomaron en referencia al centro de la casa. Las parcelas espaciales presentadas muestran la variación espacial alrededor de la misma. Estrategias como techos reflectantes, muros reflectantes, portales de ventilación de mayor tamaño, aislamiento y techos inclinados afectan las temperaturas alrededor del espacio general de la casa y, por lo tanto, el punto central da una buena indicación de la efectividad de estos métodos. Estrategias como la orientación, las persianas y los acristalamientos reducen las temperaturas en mayor medida en áreas que se ven afectadas directamente por la luz solar que entra a través de las ventanas. Por tanto, las gráficas espaciales son más útiles en estos casos. Para las parcelas espaciales, se eligió el 15 de agosto como prueba representativa de un día soleado, donde se puede ver más la efectividad de las estrategias que limitan la captación solar.

La combinación del modelo de las estrategias más exitosas se presentan en las siguientes secciones.

Caso Base

El diseño modelado se presenta en la Figura 1, con los Ecobloques y los muros de hormigón resaltados. En este caso base, los Ecobloques tienen un albedo bajo de 0,4 y los bloques de hormigón un albedo superior de 0,6 toda vez que éstos ya se encuentran pintados de blanco.

El piso y el techo están hechos de losas de concreto, con el albedo del techo para el caso base alrededor de 0,3. Se ha aplicado un acristalamiento de ventana única de alrededor de 3 mm de espesor en todas las ventanas.

Los portales de ventilación en celosía de las casas se han modelado en BEANS con control de ventilación. El área abierta total se aproxima a 2,4m², a unos 2,3m desde el nivel del suelo.

Es de resaltar que las paredes internas no se incluyeron en este estudio, ya que la casa se modeló como una sola zona en BEANS. La inclusión de paredes internas reduciría potencialmente la captación solar en la casa a través del acristalamiento.

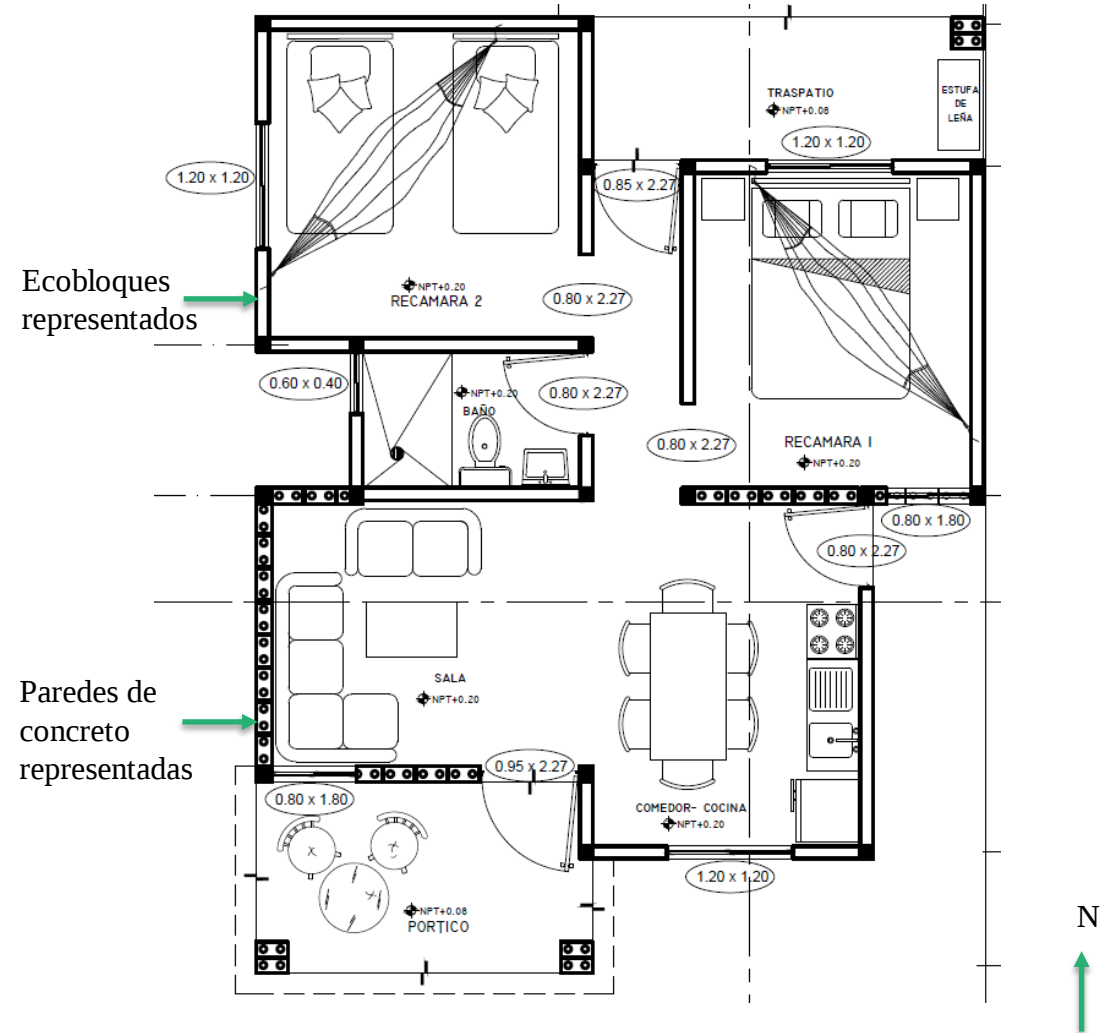


Figura 1: Diseño de casa utilizada en el caso base

Techos y Paredes Reflectantes

Estudio de estrategias de enfriamiento pasivo

Techos reflectantes

Se modeló una estrategia de techo reflectante para enfriamiento pasivo, en cuyo caso el albedo del techo aumentó a 0,85 para representar la pintura del techo.

Los resultados muestran una disminución promedio de 0,7 °C en las temperaturas operativas internas del techo reflectante, en comparación con el techo de la casa estudiada en el caso base. Esto se debe a que el techo pintado refleja más luz solar que el del caso base, por lo que el techo absorbe menos radiación solar, y por lo tanto, al reducir la temperatura de la superficie del techo se reduce la temperatura interna de la casa.

La Figura 2 representa las temperaturas operativas a las 3 pm de cada día de agosto. Lo anterior muestra el impacto del techo reflectante, donde la máxima reducción de las temperaturas operativas internas ronda los 1,8°C.

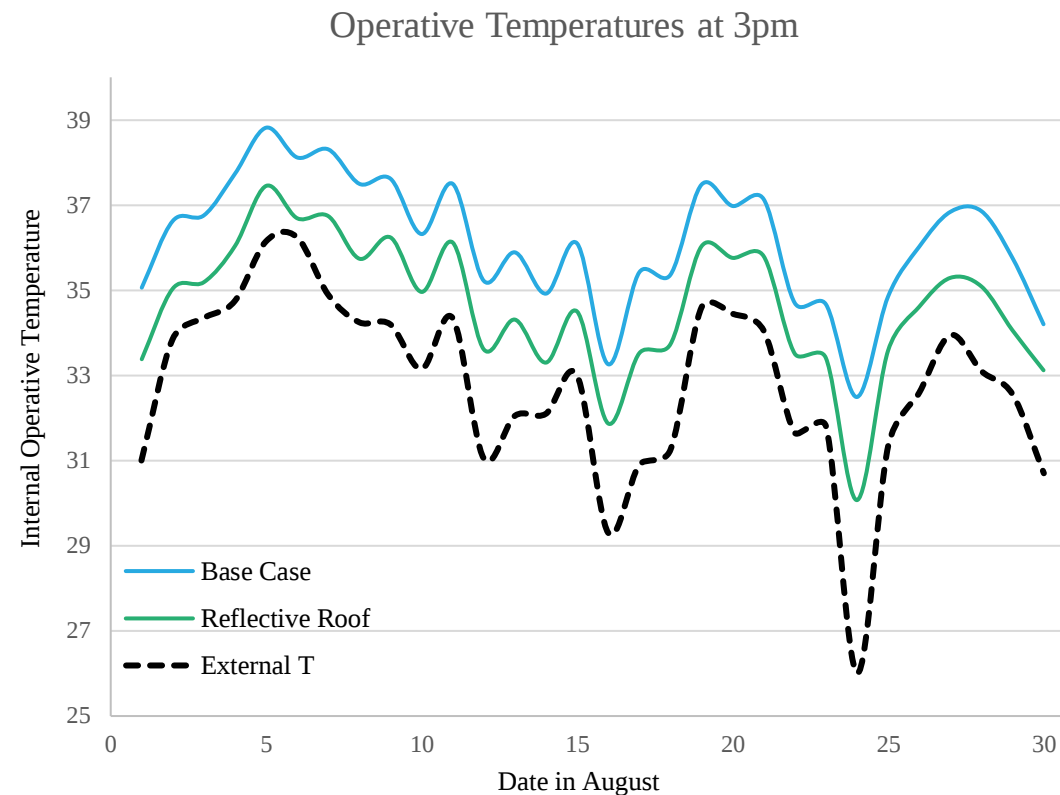


Figure 2: Temperaturas operativas internas para las 3 pm de agosto, comparando la estrategia del techo reflectante con el caso base.

Techo Reflectante

Un estudio adicional analizó una variedad de techos con diferentes albedos para probar su efectividad. Los resultados de la Tabla 1 se comparan con el caso base donde el albedo del techo es 0,3. Los resultados muestran que cuanto más alto es el albedo, más bajas son las temperaturas internas de la habitación.

La disminución promedio corresponde a todo el mes de agosto, mientras que el máximo es sólo una ocurrencia. El archivo meteorológico utilizado para agosto incluye días nublados y días soleados, por lo que la magnitud de las tendencias para las disminuciones medias y máximas difiere ligeramente.

	Albedo 0,75	Albedo 0,85	Albedo 0,95
Disminución promedio de la temperatura operativa en comparación con el caso base (°C)	-0,5	-0,7	-0,8
Disminución máxima de la temperatura operativa en comparación con el caso base (°C)	-1,5	-1,8	-2,3

Tabla 1: Resultados del estudio comparando diferentes cubiertas de albedo.

Paredes Reflectantes

Se modeló una estrategia de pared reflectante para enfriamiento pasivo. En este caso, el albedo de los Ecobloques se aumentó a 0,6 para representar la pintura de las paredes. Las paredes de concreto ya estaban pintadas en la casa utilizada como caso base.

Los resultados muestran una disminución promedio de 0,4 °C en las temperaturas operativas internas para el caso de paredes reflectantes, en comparación con el caso base. Esto se debe a que las paredes pintadas reflejan más luz solar que las del caso base, por lo que las paredes absorben menos radiación solar, y por lo tanto, al reducir la temperatura de la superficie de las paredes, se reduce la temperatura interna de la casa.

La Figura 3 representa las temperaturas operativas a las 7 pm de cada día de agosto. Lo anterior muestra el impacto de las paredes reflectantes, donde la máxima reducción de las temperaturas operativas internas ronda los 0,85°C.

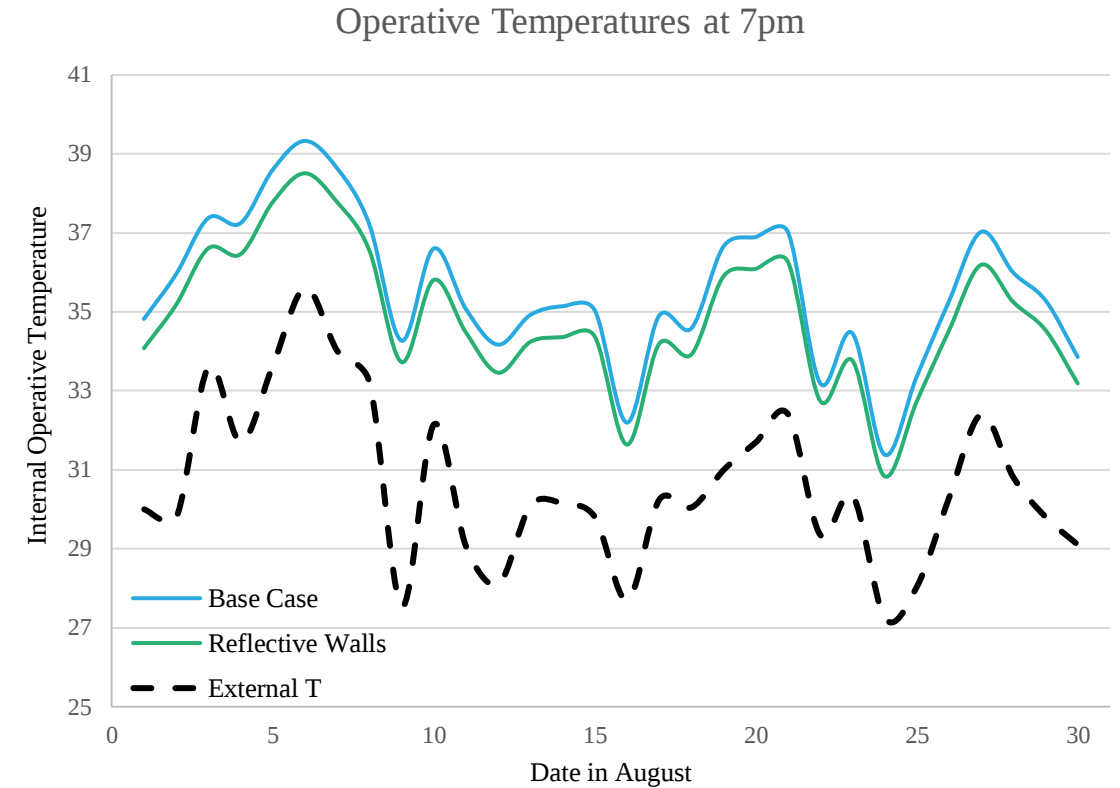


Figura 3: Temperaturas operativas internas para las 7 pm de agosto, comparando la estrategia de muros reflectantes con el caso base.

Techos y Paredes Reflectantes

Como resultado de la comparación entre los techos y paredes reflectantes, se desprende que estas últimas son menos efectivas para reducir las temperaturas internas de una casa. Esto se debe a que las paredes de concreto del caso base ya estaban pintadas. Además, se espera que el techo tenga más impacto debido a su orientación directa al sol.

Ambas estrategias pasivas demuestran mayores efectos de enfriamiento hacia la segunda mitad del día. Esto se debe a que dichas estrategias reducen la absorción de la luz solar en el transcurso del día. El efecto se acumula durante este periodo y, por tanto, la mayor diferencia se observa hacia la noche.

Los gráficos de la Figura 4 se toman de BEANS. Dichos gráficos demuestran espaciales temperaturas radiantes medias a las 4:30 pm correspondientes al caso base, incluyendo el techo reflectante y paredes reflectantes. Se demuestra que ambas estrategias son efectivas para enfriar toda la casa.

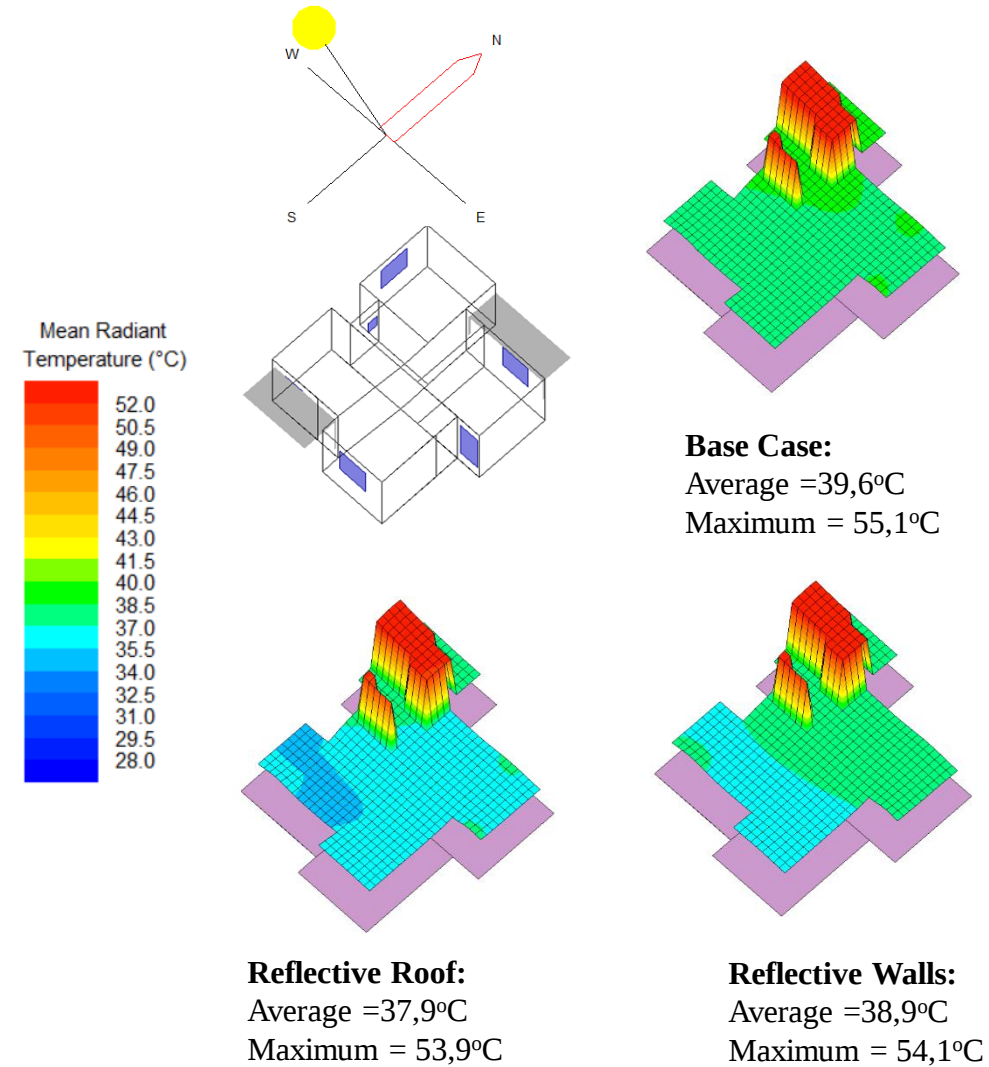


Figura 4: Espaciales temperaturas radiantes medias para las 16:30 horas del mes de agosto. La posición del sol también se muestra junto con la orientación de la casa. La temperatura externa es 33,5°C.

Portales de ventilación de mayor tamaño

Estudio de estrategias de enfriamiento pasivo

Portales de Ventilación de Mayor Tamaño

Los portales de ventilación de celosía/enrejados alrededor de las casas proporcionan ventilación, tal cual como se muestra en la Figura 5. La cantidad de ventilación se cuantifica como tasas de cambio de aire por hora. Esto es impulsado por la diferencia de temperatura entre los espacios internos y externos. Una mayor diferencia de temperatura genera más ventilación.

Estrategias como los techos reflectantes y las paredes reflectantes tienen éxito en reducir las temperaturas internas, sin embargo también reducen esa diferencia de temperatura entre los espacios internos y externos. Esto reduce las tasas de cambio de aire.

Una estrategia a considerar es aumentar el tamaño de estos portales de ventilación, para permitir tasas de ventilación más altas que también reduzcan las temperaturas internas. Se consideró un área libre aumentada del 20% y el 50% del caso base.



Figura 5: Viviendas donde por encima de las ventanas se aprecian portales de ventilación enrejados.

Portales de Ventilación de Mayor Tamaño

Ambos casos aumentados de 20% y 50% muestran una tasa de cambio de aire aumentada, lo que provoca reducciones en las temperaturas operativas internas.

Los resultados se resumen en la Tabla 2. La diferencia máxima en las tasas de cambio de aire suele ocurrir durante la noche (10 pm/11 pm) cuando la diferencia de temperatura entre los espacios internos y externos es mayor.

	20% Mayor tamaño	50% Mayor tamaño
Diferencia promedio en la temperatura operativa con respecto al caso base (°C)	-0,17	-0,36
Diferencia máxima en la temperatura operativa con respecto al caso base (°C)	-0,26	-0,57
Diferencia promedio en la tasa de cambio de aire con respecto al caso base (por hora)	+0,85	+2,05
Diferencia máxima en la tasa de cambio de aire con respecto al caso base (por hora)	+1,23	+2,99

Tabla 2: Comparaciones de la temperatura operativa y la tasa de cambio de aire para respiraderos de mayor tamaño con el caso base.

Orientación

Estudio de estrategias de enfriamiento pasivo

Orientación de la Casa

La orientación de la casa es una estrategia pasiva importante a considerar. Esto se debe a que la orientación puede controlar la cantidad de luz solar que ingresa a la misma a través de las ventanas.

En esta sección se consideró un rango de orientaciones respecto al caso base, en intervalos de 45°C. Los resultados se muestran en horarios de la mañana a las 9.30 am y en la tarde (antes del atardecer). Los resultados de la temperatura del mediodía se han omitido ya que muestran temperaturas internas similares para todas las orientaciones. Lo anterior se debe a que al mediodía, el sol está en su apogeo en el cielo, y por lo tanto, es aquí cuando la mayor parte de la luz solar incide directamente en el techo y por ende, la orientación tiene menos efecto.

Es de resaltar que las paredes internas no se incluyeron en este estudio, ya que la casa se modeló como una sola zona en BEANS. Por lo tanto, no se tiene en cuenta el efecto de las paredes internas en las diferentes orientaciones. La inclusión de paredes internas reduciría potencialmente la captación solar en la casa a través del acristalamiento.

Orientación de la Casa– 9.30 am

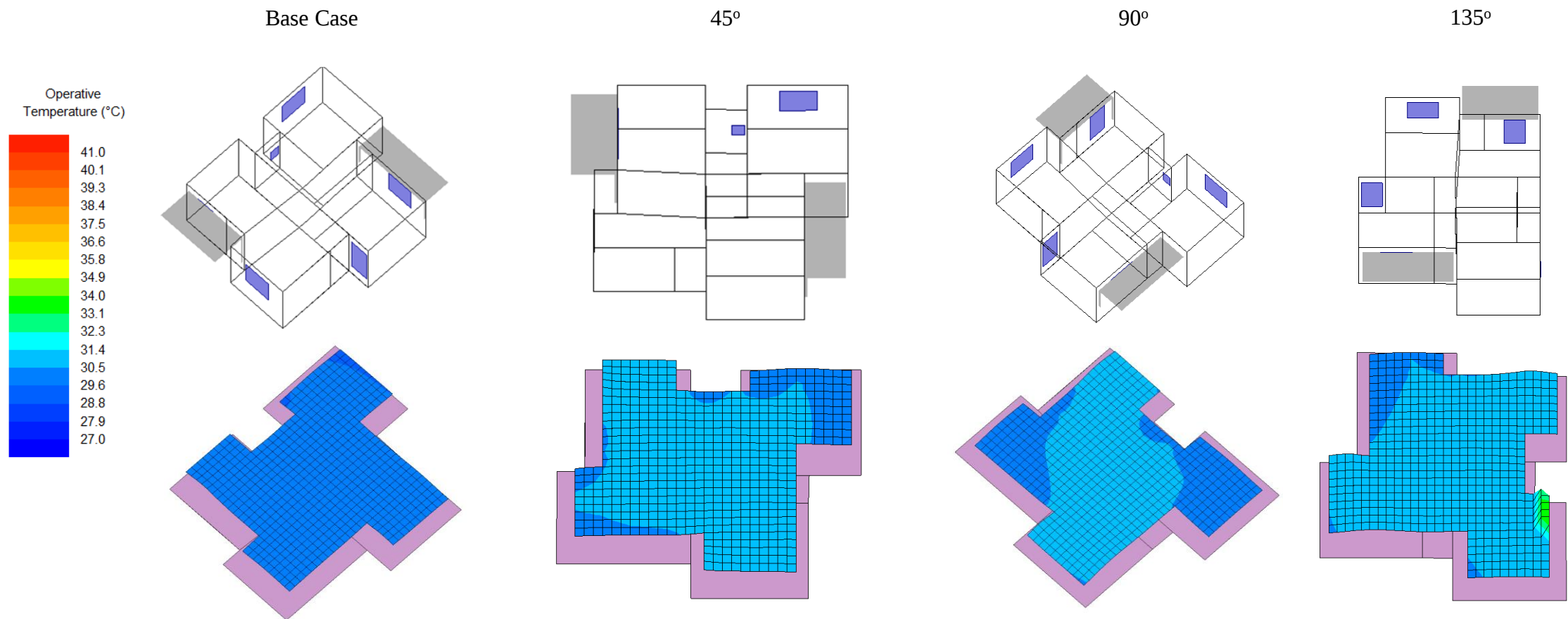
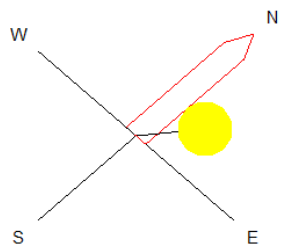


Figura 6a: Temperaturas espaciales operativas para las 9.30 horas de agosto para diferentes orientaciones de edificios. La posición del sol también se muestra junto con la orientación de la casa. La temperatura externa es de 27°C.

Orientación de la Casa – 9.30am

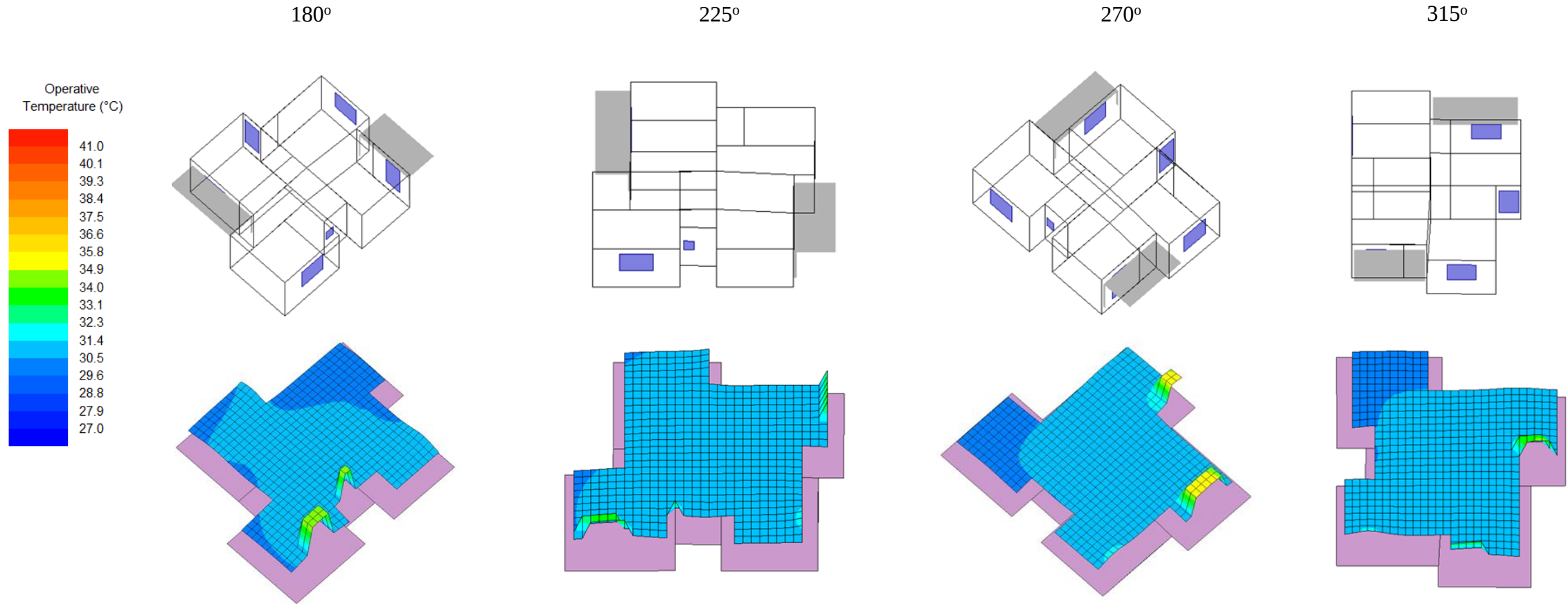
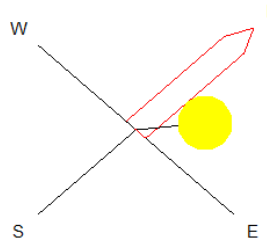


Figura 6b: Temperaturas espaciales operativas para las 9.30 horas de agosto para diferentes orientaciones de edificios. La posición del sol también se muestra junto con la orientación de la casa. La temperatura externa es de 27°C.

Orientación de la Casa

Los resultados de las Figuras 6a y 6b muestran las temperaturas operativas espaciales para las diferentes orientaciones correspondiente a las 9.30 horas del 15 de agosto. El caso base en la Figura 6a muestra temperaturas más bajas que las otras orientaciones. Esto se debe a que no hay ventanas orientadas al Este que permitan la entrada de la luz solar y provoquen una mayor captación solar.

Asimismo, lo anterior se demuestra en la Figura 7, donde el caso base presenta consistentemente las temperaturas más bajas. Las temperaturas más altas se observan en una orientación de 270°. Este caso tiene tres ventanas orientadas al este lo que genera una gran cantidad de luz solar por la mañana, y por ende, provoca temperaturas más altas.

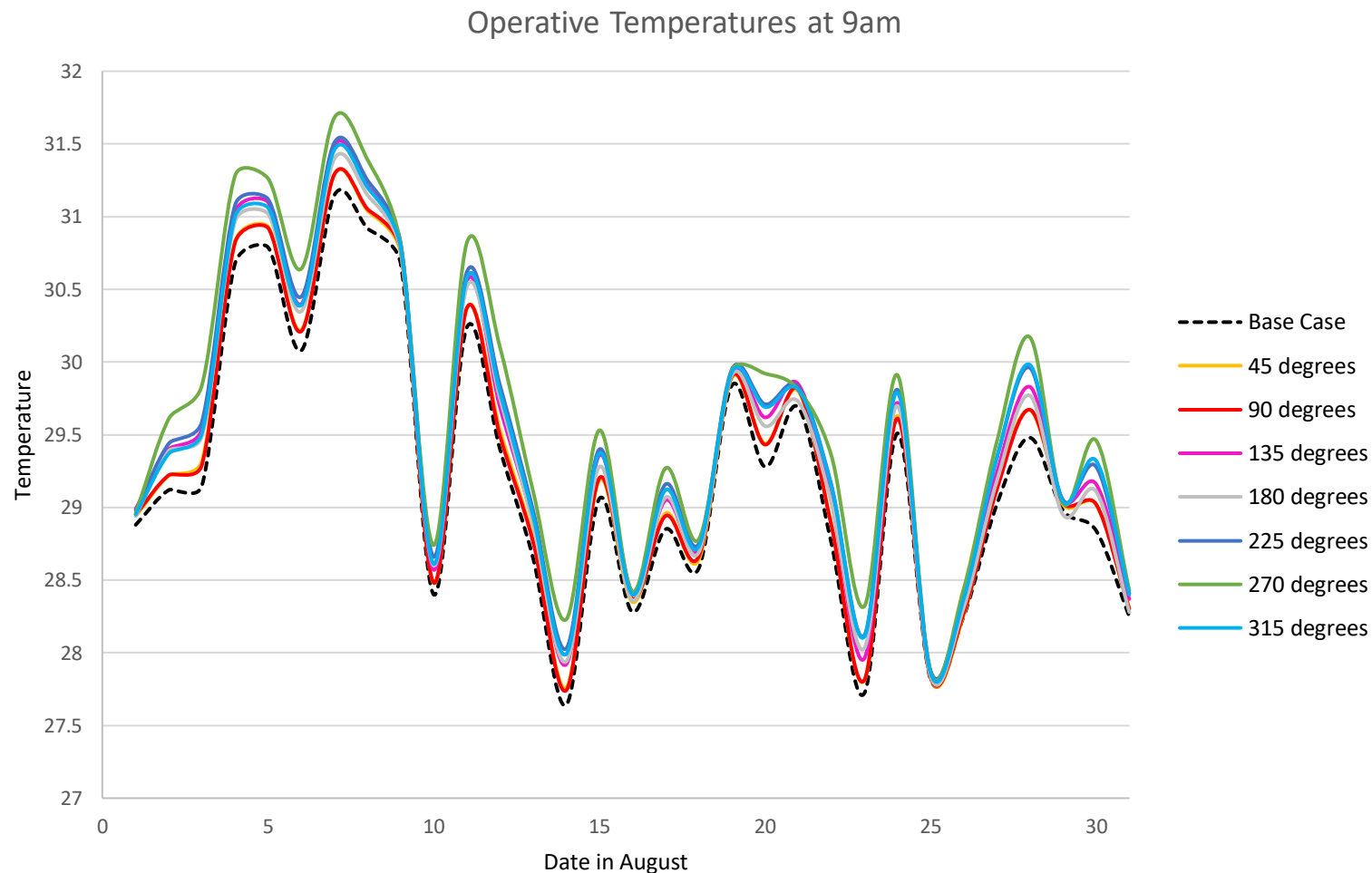


Figura 7: Temperaturas internas operativas de las 9 am de agosto, comparando diferentes orientaciones.

Orientación de la Casa – 5.30am

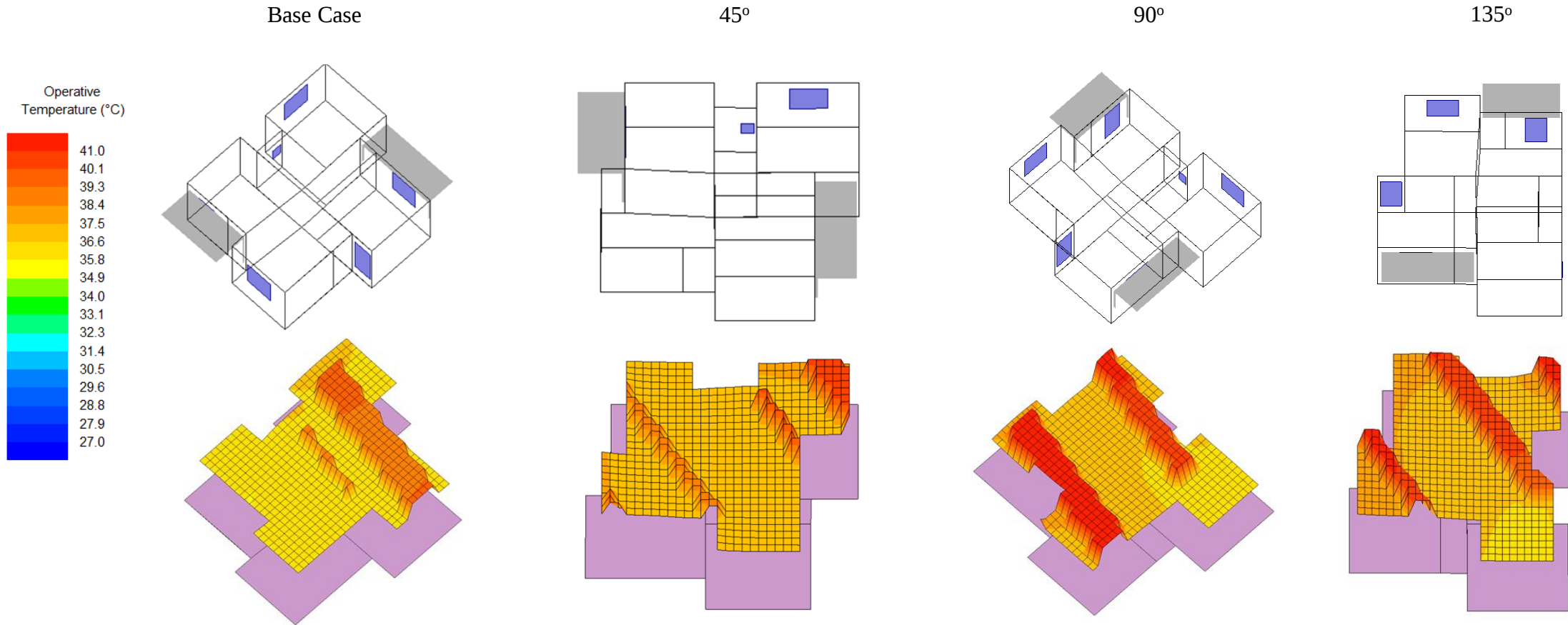
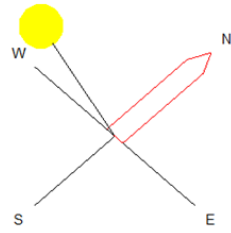


Figura 8a: Temperaturas espaciales operativas para las 5.30 de la mañana de agosto para diferentes orientaciones de edificios. La posición del sol también se muestra junto con la orientación de la casa. La temperatura externa es de 32,9°C.

Orientación de la Casa – 5.30am

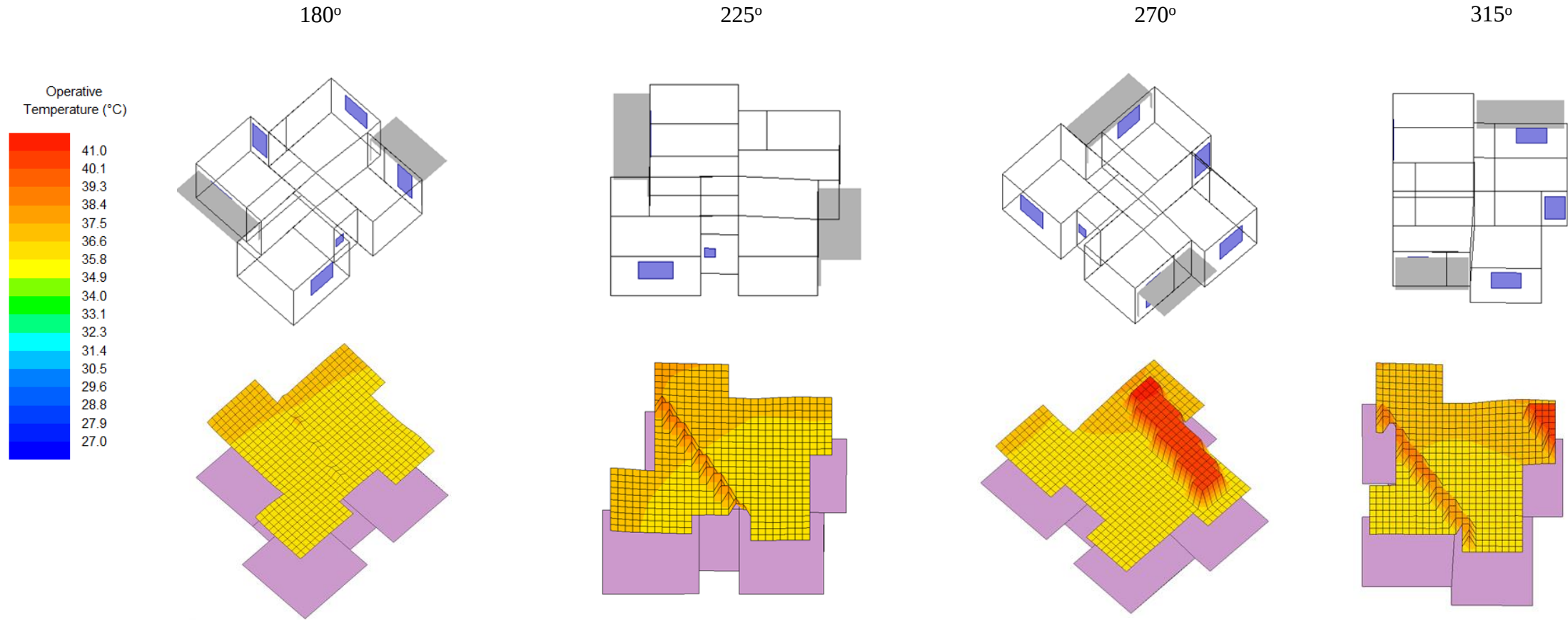
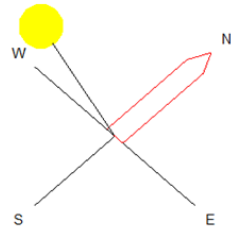


Figura 8b: Temperaturas espaciales operativas para las 5.30 de la mañana de agosto para diferentes orientaciones de edificios. La posición del sol también se muestra junto con la orientación de la casa. La temperatura externa es de 32,9°C.

Orientación de la Casa

Los resultados de las Figuras 8a y 8b muestran las temperaturas operativas espaciales para las diferentes orientaciones a las 5.30 am del 15 de agosto. La orientación de 180° da las temperaturas más bajas que las otras orientaciones. Esto se debe a que no hay ventanas orientadas al oeste que permitan la entrada de la luz solar y provoquen una mayor captación solar.

Lo anterior se muestra en la Figura 9, donde el caso de orientación de 180° tiene consistentemente las temperaturas más bajas. Las temperaturas más altas se observan a una orientación de 90° y 135°. Estos casos tienen tres ventanas grandes que miran al oeste, lo que genera una gran cantidad de luz solar por la tarde, y por ende, provoca temperaturas más altas. **Para minimizar las temperaturas nocturnas, la orientación de la casa debe minimizar las ventanas que dan al oeste.**

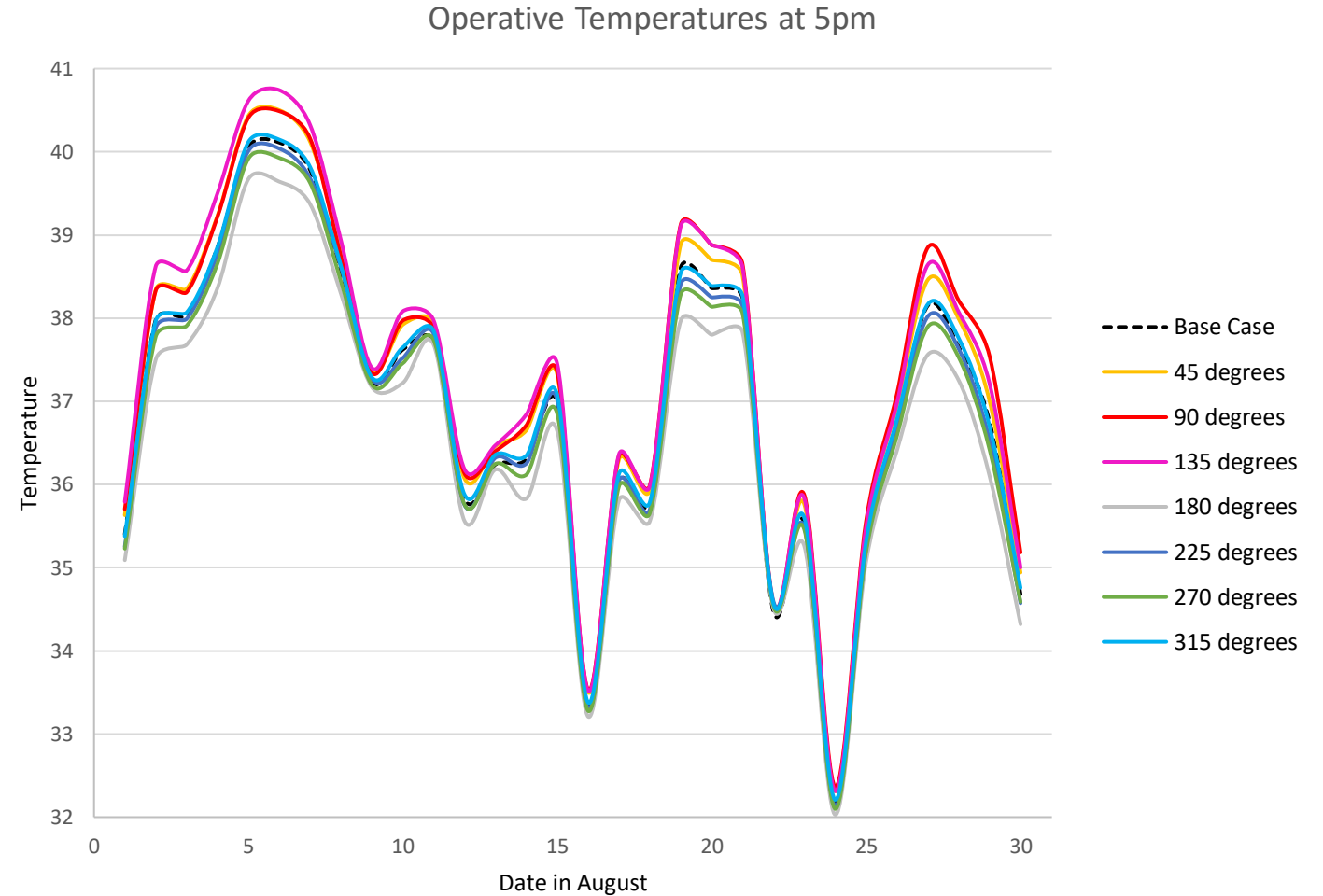


Figura 9: Temperaturas internas operativas para las 17:00 horas de agosto, comparando diferentes orientaciones..

Persianas

Estudio de estrategias de enfriamiento pasivo

Persianas

Las persianas son estrategias efectivas para reducir la captación solar que entra por las ventanas, la cual origina el incremento de temperatura en el interior. Si bien el suministro de persianas está fuera del alcance de los constructores, se podrían incorporar adiciones de diseño que permitan instalar persianas. Además, se pueden hacer recomendaciones a los inquilinos para instalar persianas utilizando estos resultados.

Se modelaron tanto persianas internas como externas. Los resultados comparados respecto al caso base se muestran en la Figura 10. Estos se modelaron a las 3.30 pm donde se cierran las persianas.

Tanto las persianas internas como externas muestran reducciones en las temperaturas internas alrededor de la casa; sin embargo, las persianas externas demuestran ser la estrategia más exitosa entre ambas.

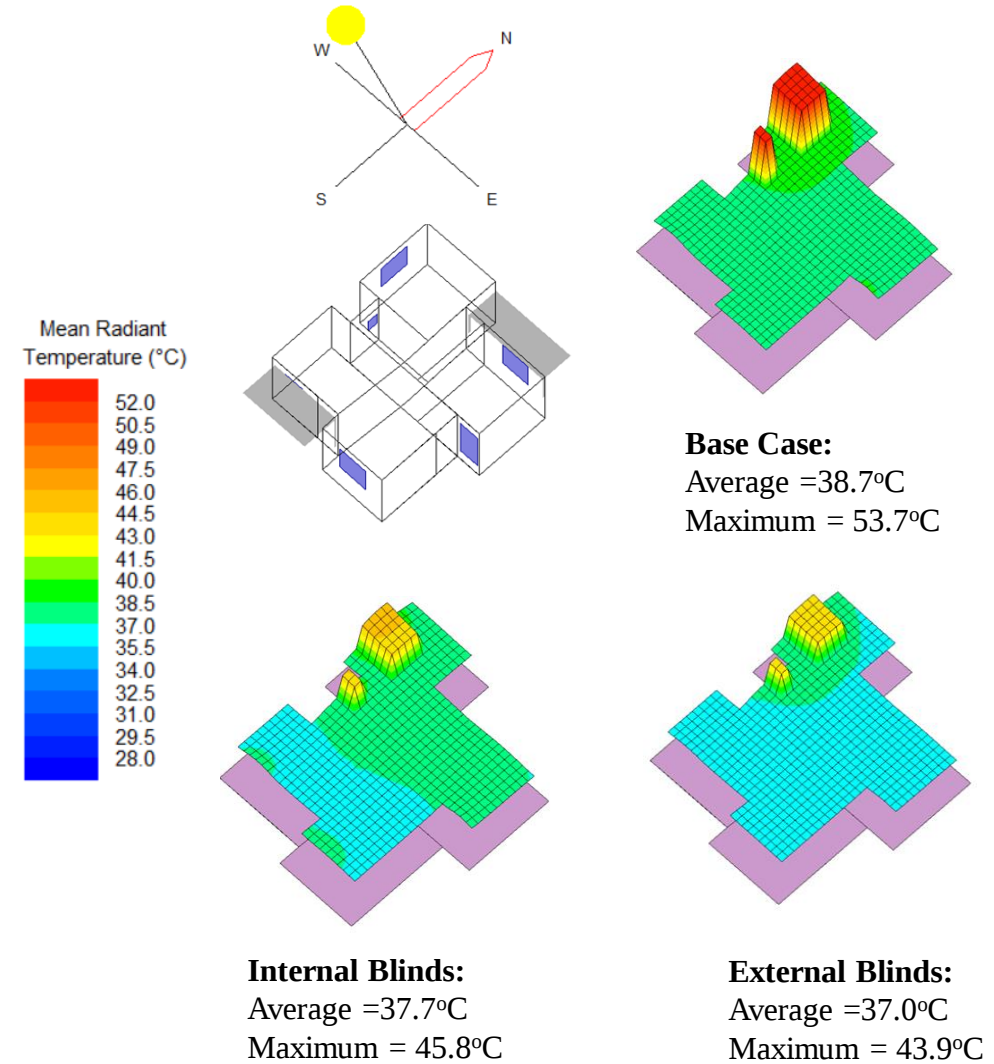


Figura 10: Temperaturas radiantes medias espaciales para las 15.30 horas de agosto. La posición del sol también se muestra junto con la orientación de la casa. La temperatura externa es 33°C.

Persianas

Las persianas internas y externas han demostrado ser estrategias de gran éxito en el enfriamiento pasivo. Esto se debe a que las persianas son eficaces para limitar la cantidad de radiación solar que penetra en el espacio interno. Esto se puede ver en los diagramas de Sankey en la Figura 11.

El diagrama de Sankey respecto al caso base muestra que el 82% de la energía entrante es absorbida a través de la ventana hacia el espacio interior. La persiana interior reduce la energía en un 33%. Sin embargo, el 36% de la energía absorbida se queda en el interior, a diferencia de las persianas externas, en donde la cantidad de energía reemitida en el interior es sólo del 6%, ya que la mayoría se emite hacia al exterior. Por lo tanto, las persianas externas son las más efectivas.

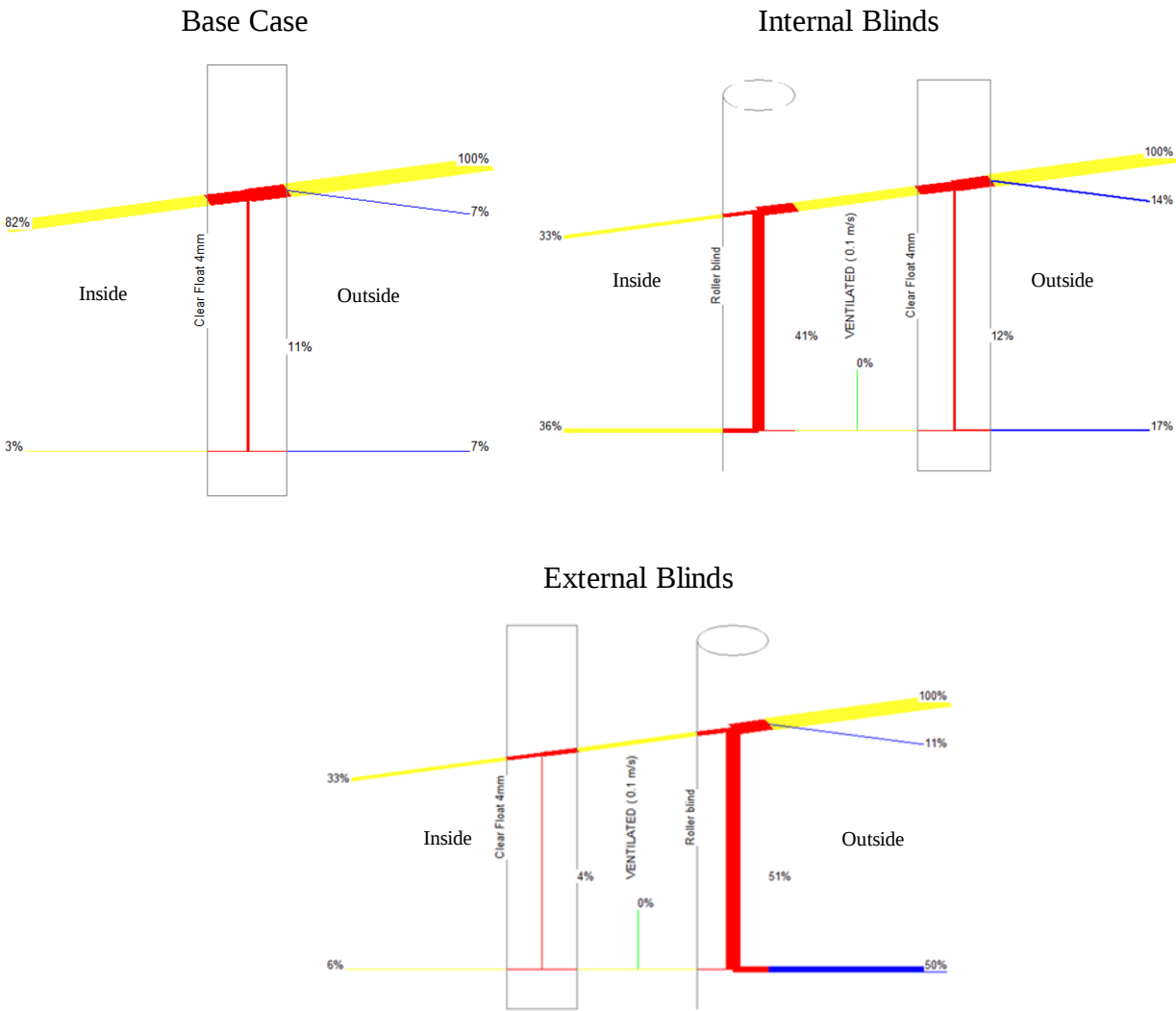


Figure 11: Diagramas de Sankey que muestran el flujo de energía a través de ventanas y persianas. Los dominios internos y externos están etiquetados. El 100% representa la energía entrante directamente del sol.

Acristalamiento

Estudio de estrategias de enfriamiento pasivo

Acristalamiento

El acristalamiento también es una estrategia eficaz para reducir la captación solar a través de las ventanas. La prueba incluyó tanto el doble acristalamiento como el acristalamiento solar. El acristalamiento solar representa un vidrio de baja emisividad, cuyo objetivo es reducir la absorción a través de la superficie.

Los resultados comparados con el caso base se muestran en la Figura 12. Estos se llevaron a cabo a las 4.30 p.m.

Tanto el doble acristalamiento como el solar muestran resultados muy similares en cuanto a la eficacia en la reducción de las temperaturas operativas. Sin embargo, el acristalamiento solar es probablemente una estrategia mucho menos compleja y más rentable, ya que se puede incorporar como paneles individuales en marcos de ventanas simples.

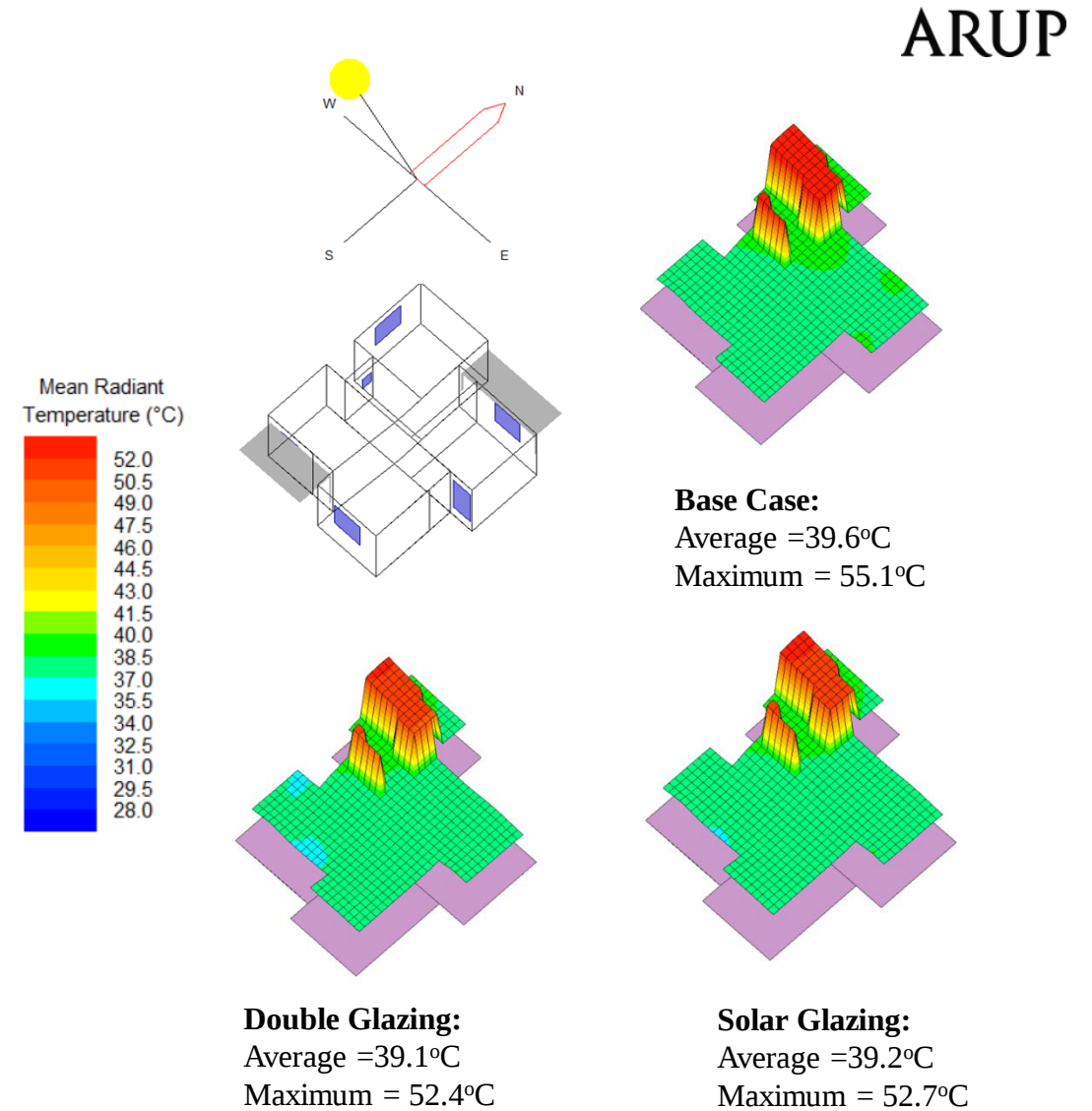


Figura 12: Temperaturas radiantes medias espaciales para las 16.30 horas de agosto. La posición del sol también se muestra junto con la orientación de la casa. La temperatura exterior es 33,5°C.

Acristalamiento

El doble acristalamiento y el acristalamiento solar han demostrado ser estrategias de éxito en el enfriamiento pasivo.

Lo anterior es consecuencia a la reducción que presentan en relación con la cantidad de energía absorbida en el espacio interior. Esto se puede ver en los diagramas de Sankey en la Figura 13.

El diagrama de Sankey para el caso base muestra que el 82% de la energía entrante es absorbida en el espacio interior a través de la ventana. Tanto el acristalamiento solar como el doble acristalamiento presentan una reducción del 68% respecto de dicha energía.

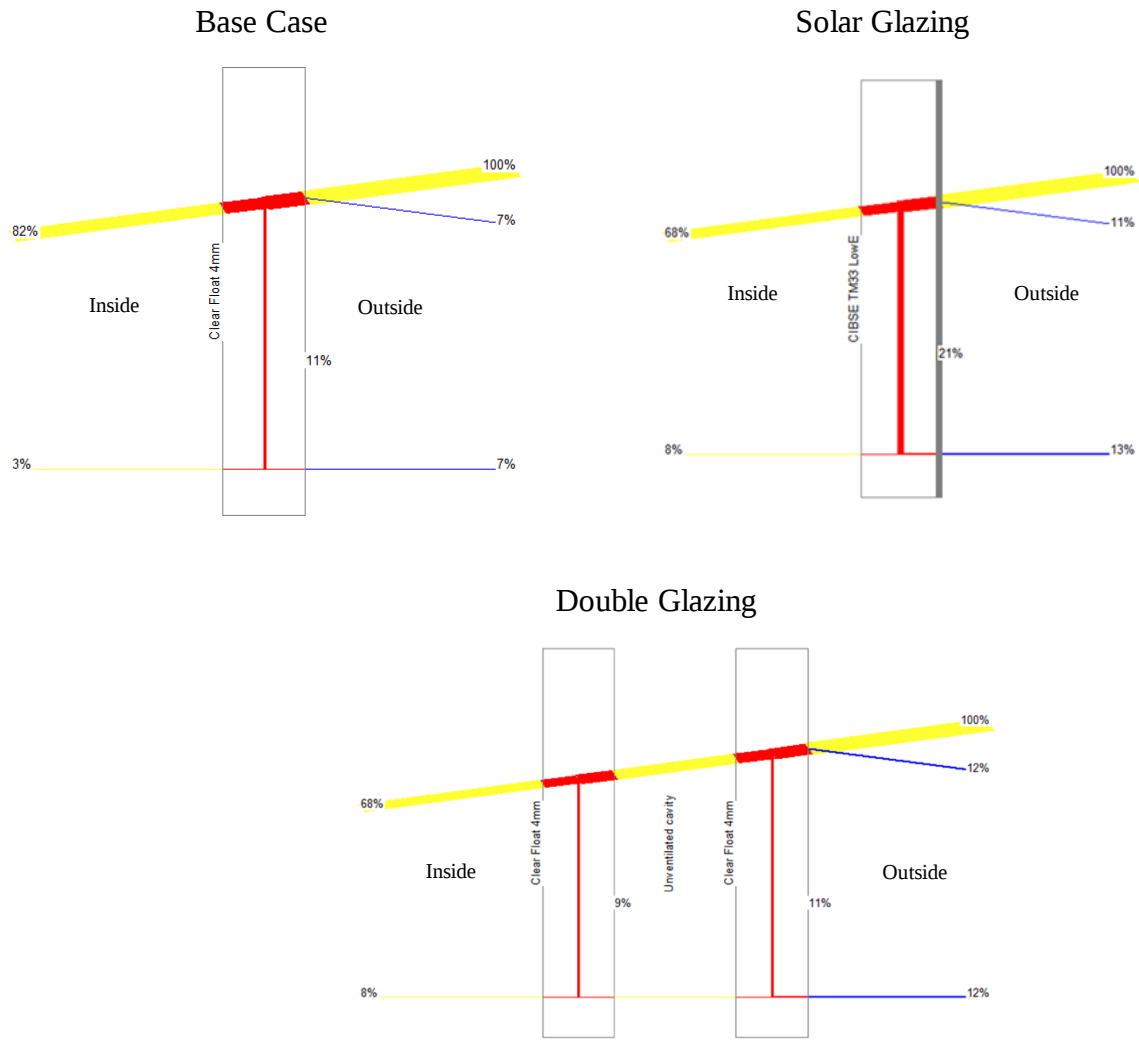


Figure 13: Diagramas de Sankey muestran flujo de energía a través de las ventanas. Los dominios internos y externos están etiquetados. El 100% representa la energía entrante directamente del sol.

Aislamiento

Estudio de estrategias de enfriamiento pasivo

Aislamiento

Como parte del estudio se consideró una estrategia de aislamiento interno utilizando lana mineral. Los resultados muestran que el aislamiento interno no reduce las temperaturas internas, sino que se observa un aumento con respecto al caso base. Esto se debe a que el aislamiento interno cambia la masa térmica de la estructura.

La Figura 14 muestra temperaturas operativas a las 12 p.m. (mediodía) para cada día de agosto. Lo anterior refleja que el aislamiento puede aumentar las temperaturas hasta en 1°C en comparación con el caso base.

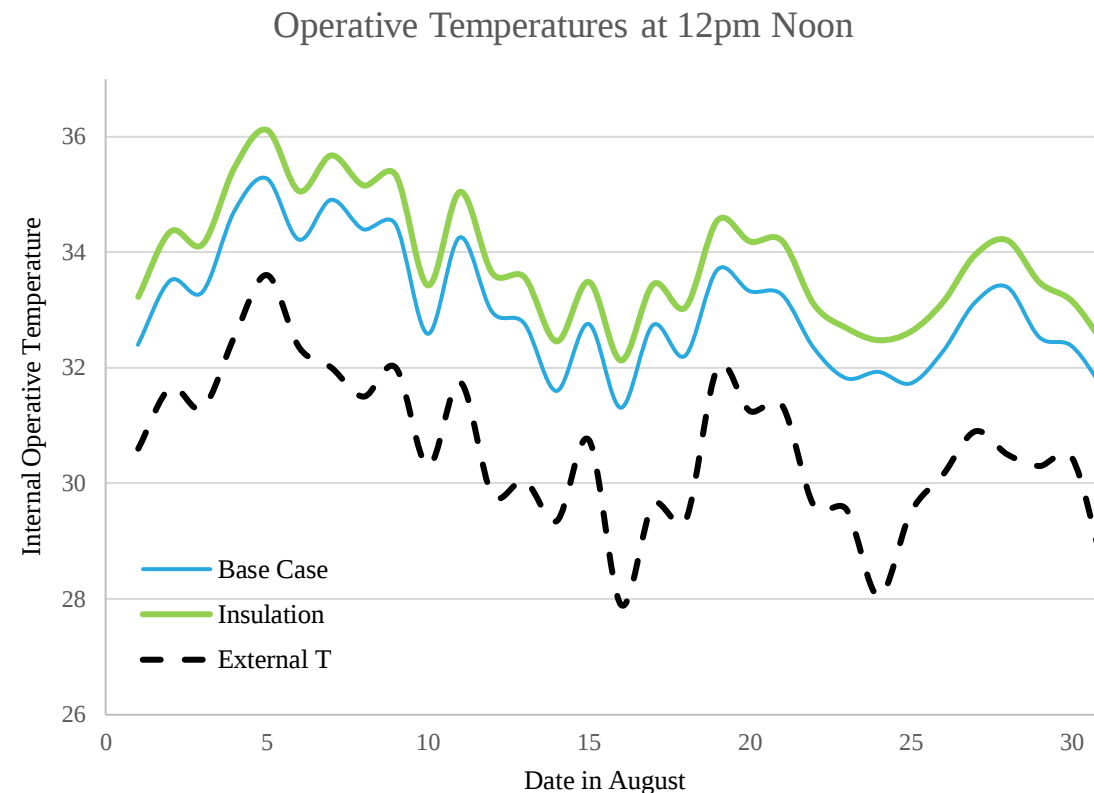


Figura 14: Temperaturas operativas internas para las 12:00 horas de agosto, por virtud del cual se compara con la estrategia de aislamiento respect al caso base.

Techo Inclinado

Estudio de estrategias de enfriamiento pasivo

Techo Inclinado

Como parte del estudio, se consideró incluir la estrategia de techo inclinado para examinar los efectos de enfriamiento pasivo.

Un techo plano tiene toda su superficie orientada hacia el sol durante la mayor parte del día a diferencia de un techo inclinado (ver Figura 15). Lo anterior en razón de que a medida que el sol se mueve de este a oeste (durante la mayor parte del día) la mitad del techo inclinado sólo se encontrará orientado hacia éste. Asimismo, cabe señalar, que a diferencia de los techos inclinados, los techos planos, al mediodía, tendrán su superficie directamente orientada hacia el sol.

Asimismo, se consideró un caso de techo a media pendiente (ver Figura 15). Lo anterior a efectos de permitir a los residentes construir (potencialmente) un segundo piso, lo que se consideró deseable a partir de los comentarios de la comunidad.

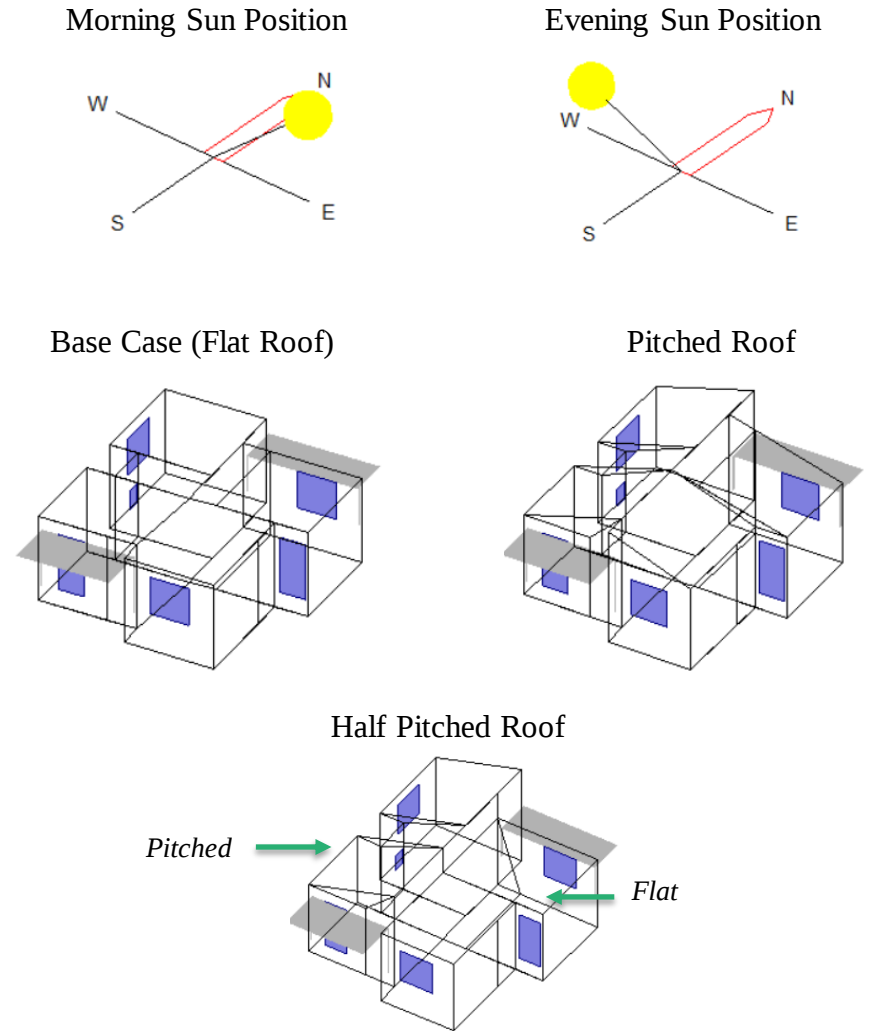


Figure 15: Modelos del caso base, techo inclinado y techo semi inclinado.

Techo Inclinado

Los techos inclinados también tienen la ventaja de aumentar la altura de las casas. Esto significa que el aire más caliente se encuentra ubicado en la parte alta de la casa. En los casos de techos inclinados, los portales de ventilación de celosía se han mantenido a la misma altura con respecto al suelo que el caso base. Se espera que con un techo inclinado, dicha altura vertical aumente, lo que generaría un incremento en las tasas de cambio de aire y así proporcionaría una ventilación más natural.

Tanto el techo inclinado como el techo semi inclinado muestran una disminución promedio en las temperaturas operativas en comparación con el caso base de **0,06°C**. La Figura 16 muestra las parcelas espaciales para las 12 pm (mediodía) cuando el sol es más directo sobre el techo plano.

Las estrategias del techo inclinado y el techo medio inclinado muestran resultados muy similares, lo que permite flexibilidad en el diseño para permitir un segundo piso. Sin embargo, los resultados muestran beneficios mucho menores que otras estrategias presentadas.

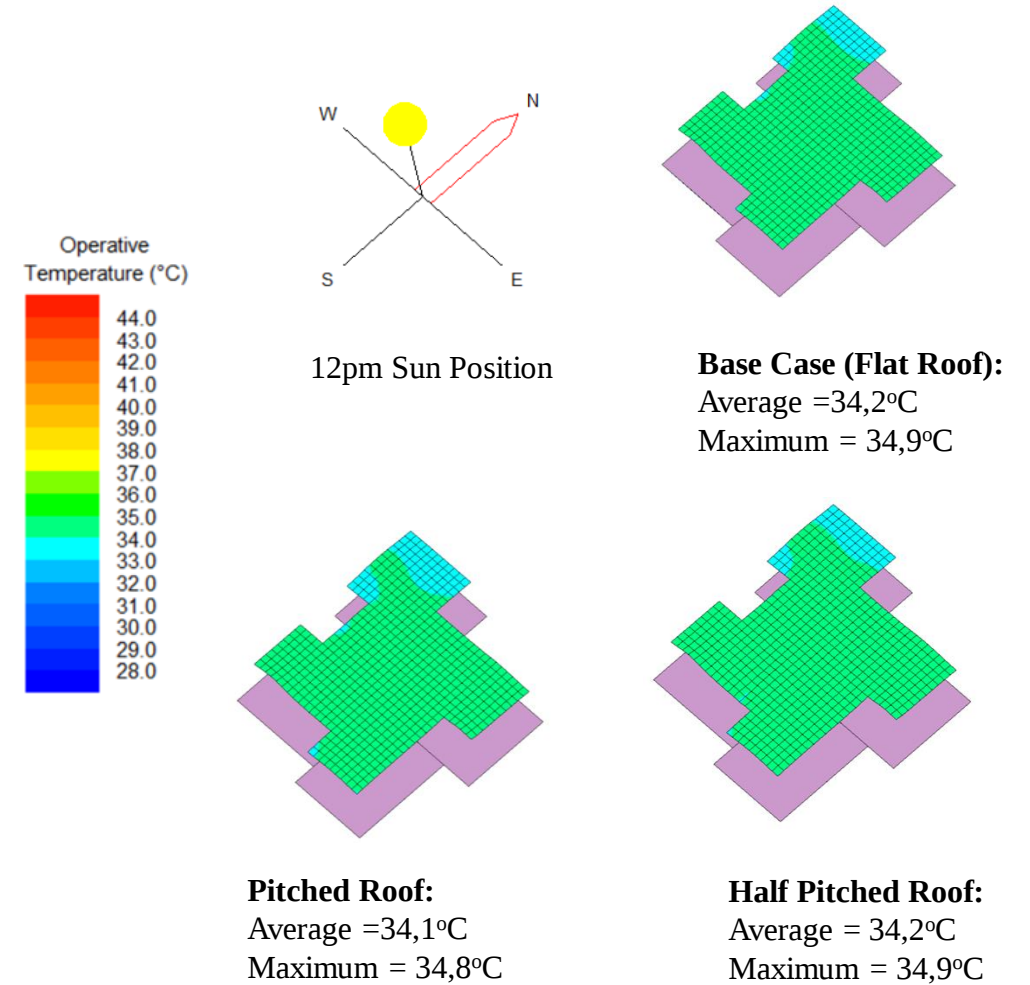


Figura 16: Temperaturas operativas espaciales para las 12:00 h de agosto. La temperatura externa es de 31,8°C.

Resumen de Estrategias Individuales

Estudio de estrategias de enfriamiento pasivo

Resumen y Conclusiones

En la sección 1 se mostró una comparación individual de diferentes estrategias de enfriamiento pasivo con respecto al caso base. En este sentido, como se describe en el contexto y planteamiento, mientras que algunas estrategias son efectivas para toda la casa, otras lo son para ciertas secciones de la casa que se ven afectadas por luz solar que entra por las ventanas. La Tabla 3 resume las estrategias y la efectividad asociada, entendiendo el verde oscuro como el más efectivo, en tanto que rojo con el mayor impacto negativo.

	Whole House Conditions	Sectional Conditions
Reflective Roof		
Reflective Walls		
Upsized Ventilation Portals (50%)		
House Orientation (180°)		
Inside Blinds		
Outside Blinds		
Double Glazing		
Solar Glazing		
Insulation		
Pitched Roof		
Half Pitched Roof		

Figura 17: Resumen de la efectividad de las estrategias de enfriamiento pasivo

La estrategia de enfriamiento pasivo más eficaz para las condiciones de toda la casa base es el techo reflectante. Las paredes reflectantes y los portales de ventilación de mayor tamaño también resultan exitosos. Para las condiciones seccionales relacionadas con las ventanas, la orientación de la casa lejos del oeste (180°), así como la inclusion de persianas exteriores son las más exitosas. Las persianas interiores también son efectivas, pero su grado de efectividad es menor que las persianas exteriores. El acristalamiento solar y doble también tuvieron impactos significativos, sin embargo, el acristalamiento solar resulta más rentable que el doble, ya que es más sencillo de instalar.

- Las estrategias que se han identificado como más efectivas en enfriamiento pasivo en relación con el caso base son:
- Techo reflectante
 - Muros reflectantes
 - Persianas Externas
 - Portales de ventilación ampliados
 - Acristalamiento Solar

Lo anterior se modeló en combinaciones y en un caso a 180° de orientación de conformidad con la Sección 2.

Combinaciones

Estudio de estrategias de enfriamiento pasivo

Contexto y Planteamiento

Las estrategias que se han identificado como más efectivas en enfriamiento pasivo respecto al caso base son las siguientes:

- Techo reflectante
- Muros reflectantes
- Persianas externas
- Portales de ventilación de gran tamaño
- Acristalamiento Solar

Lo anterior se modeló en combinaciones, así como un caso a 180° de orientación. Estos casos se muestran en la Figura 18.

Case	CURRENT WORKFLOW		NEW PRACTICE	FAMILY RESPONSIBILITY	ALL RETROFIT	BEST PERFORMANCE
	Combo1	Combo2	Combo3	Combo4	Combo5	Combo6
Pitched roof	None	None	None	None	None	None
Thatched roof	None	None	None	None	None	None
Building orientation	Average	Average	Average	Average	Average	Min
Natural ventilation	Upsize	Upsize	Upsize	Upsize	Upsize	Upsize
Additional insulation	None	None	None	None	None	None
Reflective external walls	As built	Full coverage	Full coverage	Full coverage	Full coverage	Full coverage
Blinds / external shutters / shades	None	None	None	Included	Included	Included
Overhangs / porticos	As built	As built	As built	As built	As built	As built
Glazing	None	None	Single, solar control	None	Single, solar control	Single, solar control
Reflective roofs	Included	Included	Included	Included	Included	Included

Figura 18: Combinación de estrategias de enfriamiento pasivo modeladas

Resultados

Los resultados de las combinaciones de estrategias para las condiciones generales del espacio se presentan en la Figura 18.

Resultados espaciales en relación con los distintos momentos del día 15 de agosto se presentan en las próximas diapositivas. Los resultados muestran que a medida que se pasa del Combo 1 al Combo 6, las temperaturas internas disminuyen.

Las combinaciones de estrategias de enfriamiento pasivo demuestran ser más exitosas que las estrategias individuales. El Combo 6 muestra la estrategia más efectiva, donde la casa se orienta 180° desde la base. Esta orientación será la recomendada para nuevas parcelas de viviendas.

El aumento de tamaño de los portales de ventilación entre las combinaciones es constante (50% desde la base). Asimismo, se reportó que mientras la temperatura operativa interna disminuye, los cambios de aire también, ya que la diferencia de temperatura entre el espacio interno y externo disminuye. Sin embargo, todas las combinaciones muestran una tasa de cambio de aire mayor que el del caso base.

Difference from base		
	Operative	Air changes
	°C	/hr
Base		
Combo 1	-0.96	1.53
Combo 2	-1.29	1.07
Combo 3	-1.34	1.05
Combo 4	-1.62	0.76
Combo 5	-1.66	0.73
Combo 6	-1.71	0.70

Figura 19: Resultados de la combinación de un estudio de estrategia de enfriamiento pasivo.

Combinación de Resultados– 9.30am

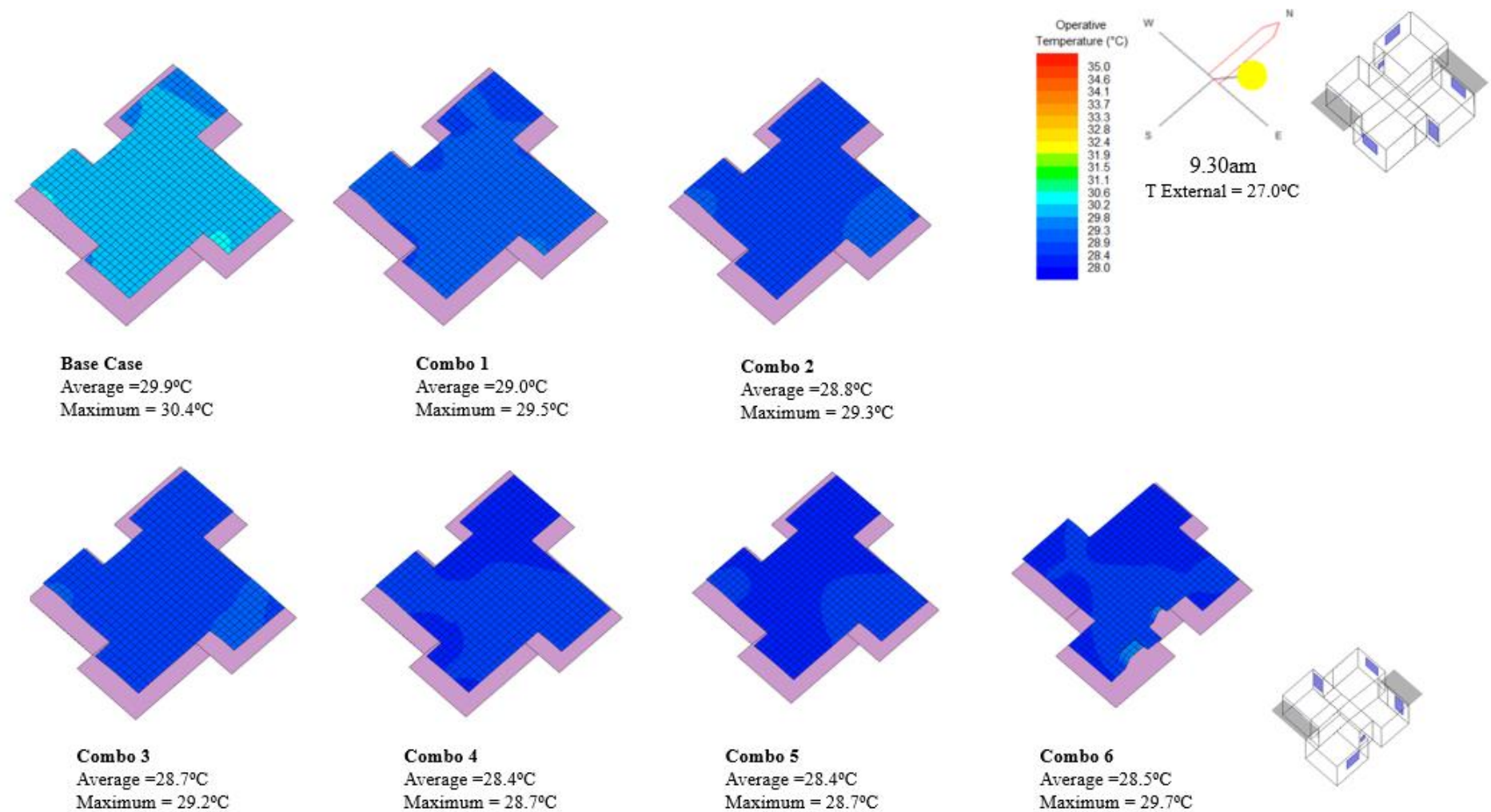
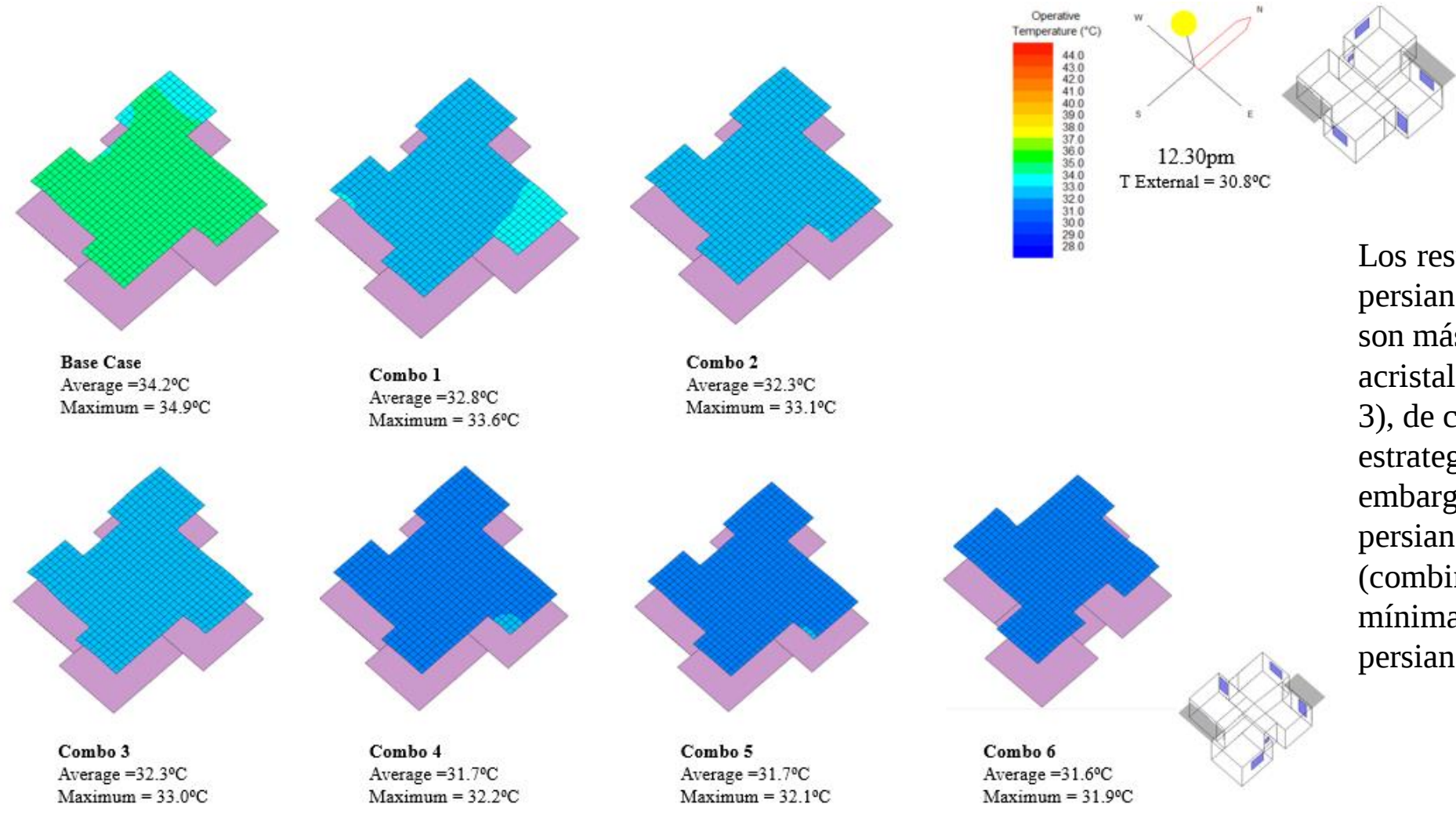


Figura 20: Gráficos espaciales de la combinación del estudio de estrategia de enfriamiento pasivo a las 9.30 am

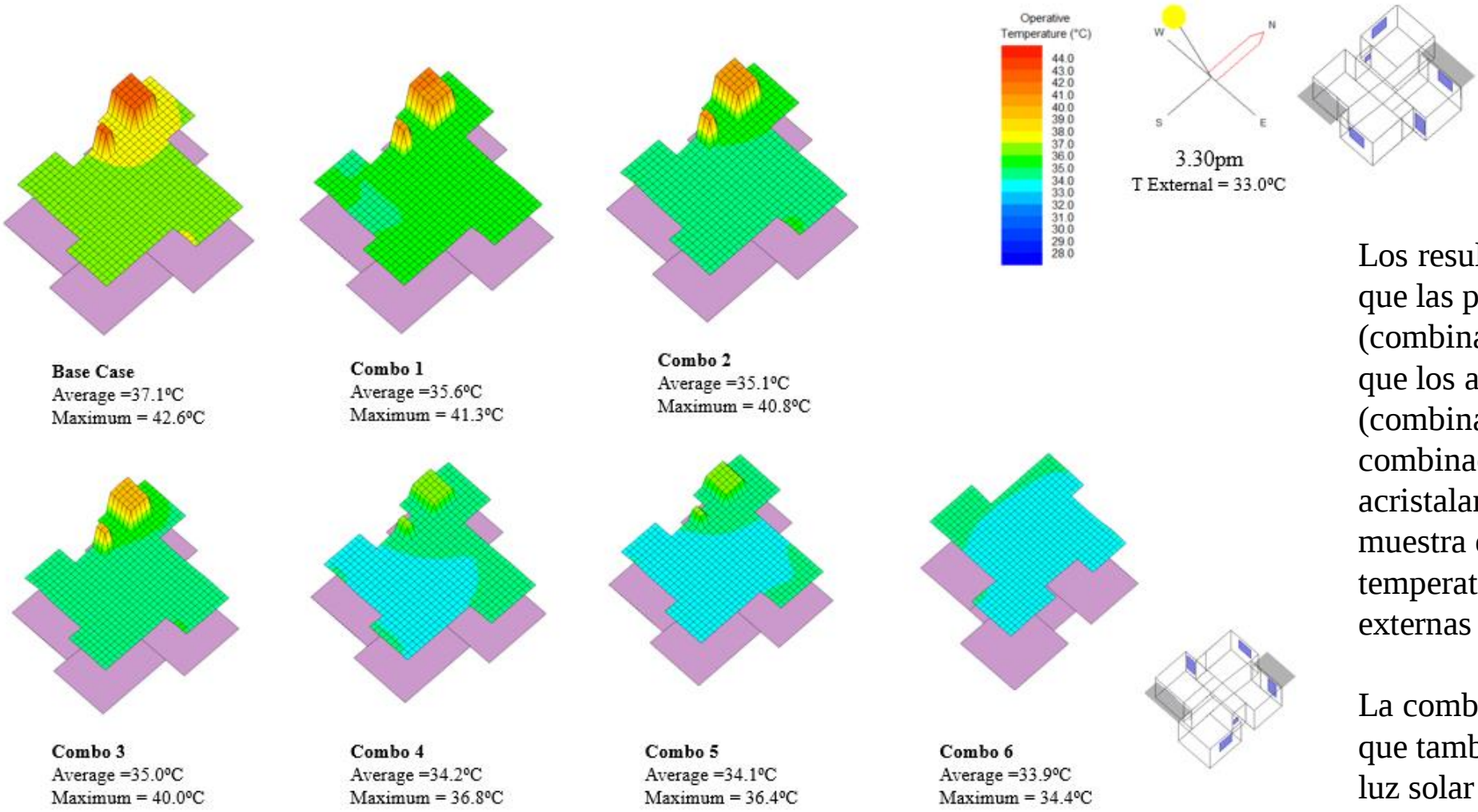
Combinación de Resultados– 12.30pm



Los resultados muestran que las persianas externas (combinación 4) son más efectivas que el acristalamiento solar (combinación 3), de conformidad con las estrategias individuales. Sin embargo, la combinación de persianas y acristalamientos (combinación 5) muestra diferencias mínimas de temperatura que las persianas externas por sí solas.

Figura 21: Gráficos espaciales de la combinación del estudio de estrategia de enfriamiento pasivo a las 12.30 p.m.

Combinación de Resultados – 3.30pm



Los resultados también muestran que las persianas exteriores (combinación 4) son más efectivas que los acristalamientos solares (combinación 3). Sin embargo, la combinación de persianas y acristalamientos (combinación 5) muestra diferencias mínimas de temperatura que las persianas externas por sí solas.

La combinación 6 es más eficaz ya que también impide la captación de luz solar vespertina que entra por las ventanas.

Figura 22: Gráficos espaciales de la combinación del estudio de estrategia de enfriamiento pasivo a las 3.30 p.m.

Combinación de Resultados – 7.30pm

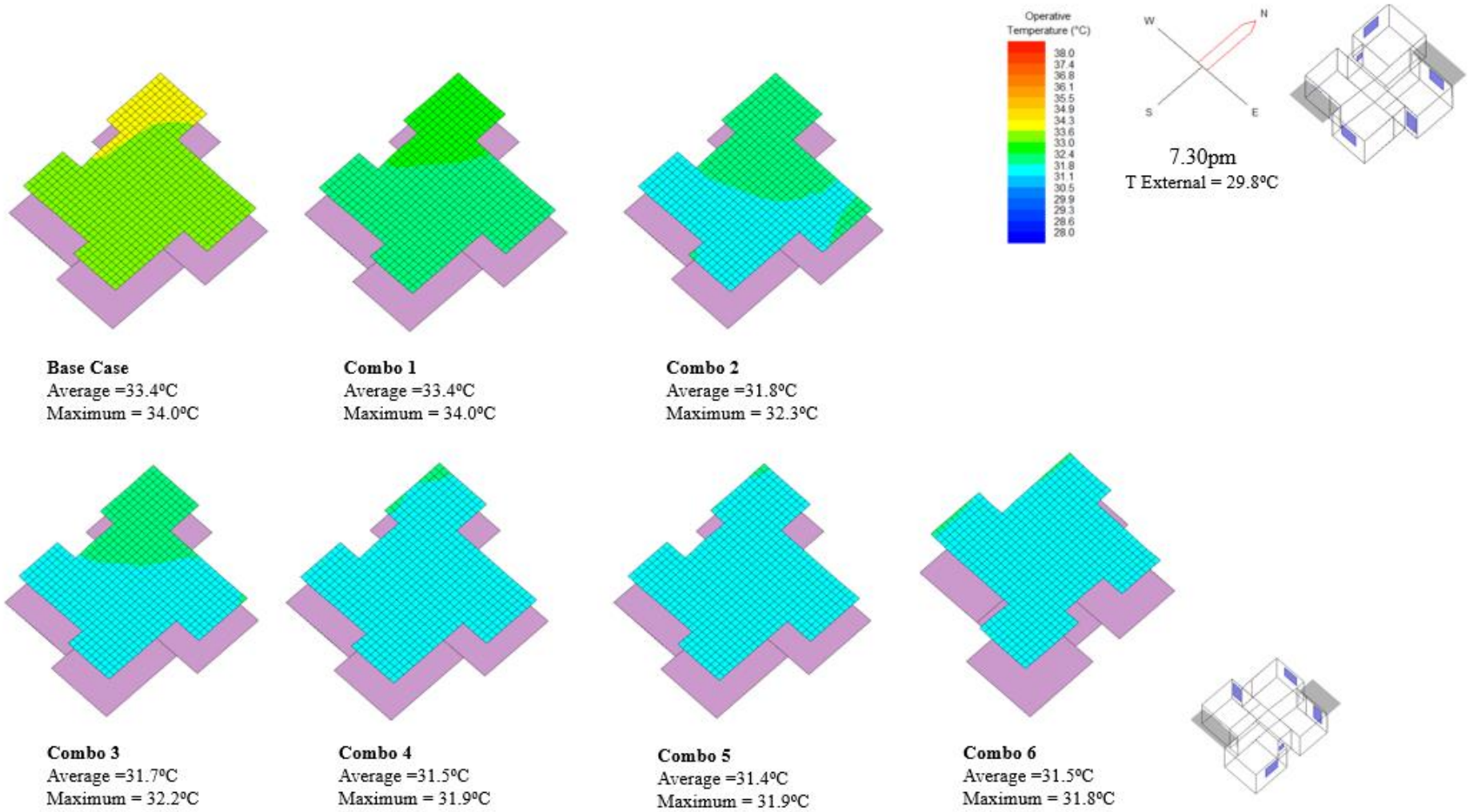


Figura 23: Gráficos espaciales de la combinación del estudio de estrategia de enfriamiento pasivo a las 7:30 p.m.

Resumen de Combinaciones

Estudio de estrategias de enfriamiento pasivo

Resumen y Conclusiones

La Figura 24 resume los resultados de la combinación de estrategias. Las alturas relativas representan mejoras en las temperaturas operativas internas promedio a las 3.30 pm, que es el momento en que ocurren las temperaturas máximas a lo largo del día.

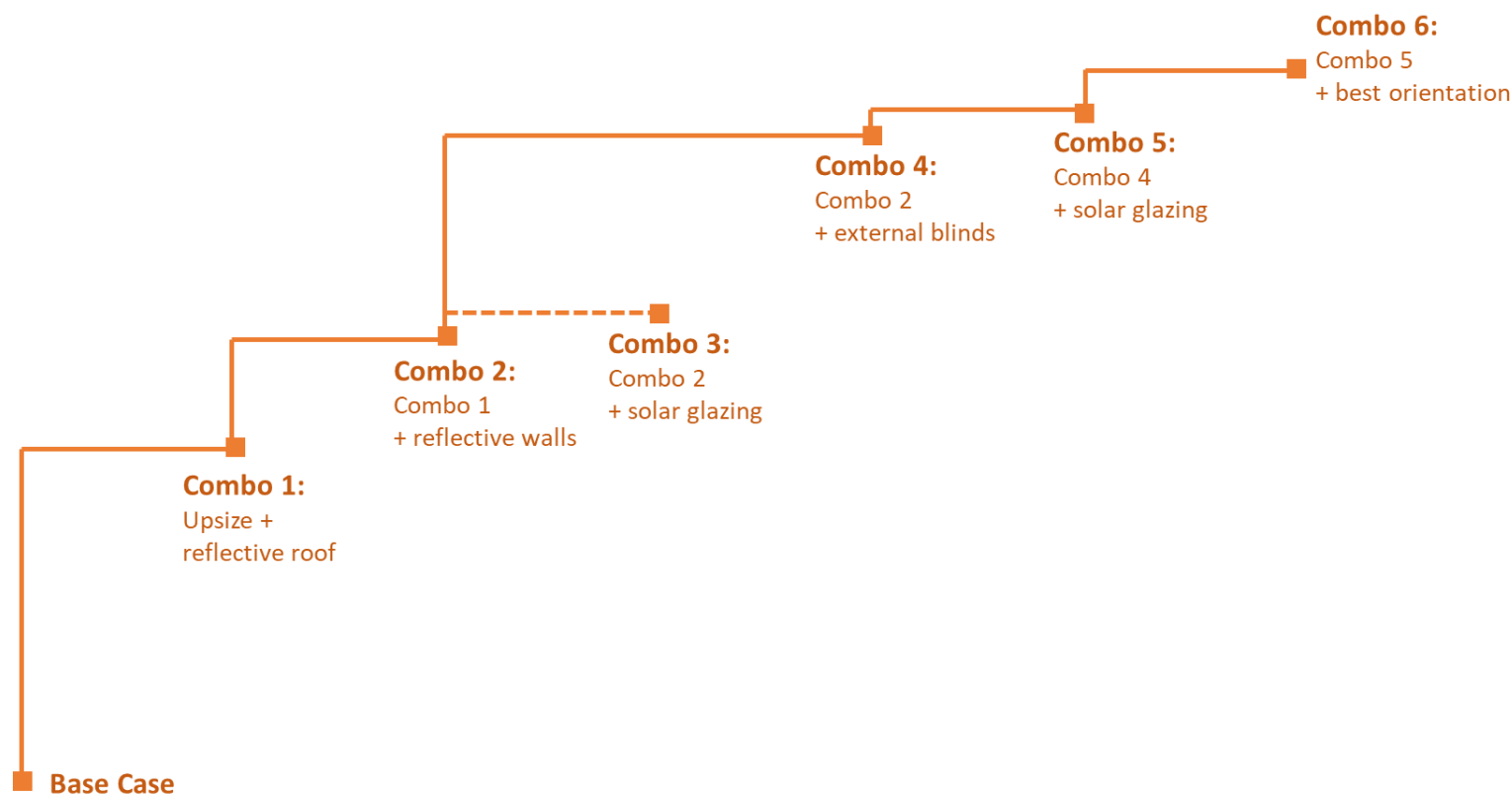


Figura 24: Resumen de resultados de la combinación (15:30h del 15 de agosto – espaciales temperaturas operativas medias)

Análisis Adicional

Estudio de Febrero

En febrero se realizó un estudio en relación con el Combo 5 para garantizar temperaturas agradables en los meses más fríos, así como probar que las estrategias de enfriamiento pasivo no causarían una baja en temperatura. La Figura 25 muestra las temperaturas para el 15 de febrero.

(Nota: la latitud, longitud utilizada en este estudio es 17,98, -92,93). Generalmente, las temperaturas externas siguen siendo bastante cálidas, entre 20-35°C, por lo que el enfriamiento pasivo brinda beneficios durante todo el año.

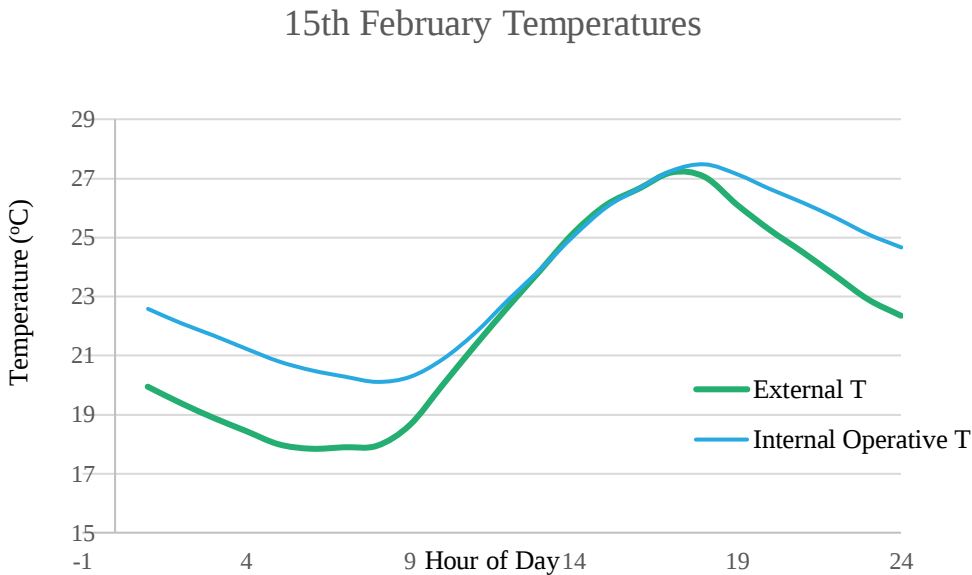


Figura 25: Temperaturas operativas internas en febrero con la combinación 5 de las estrategias pasivas

ARUP