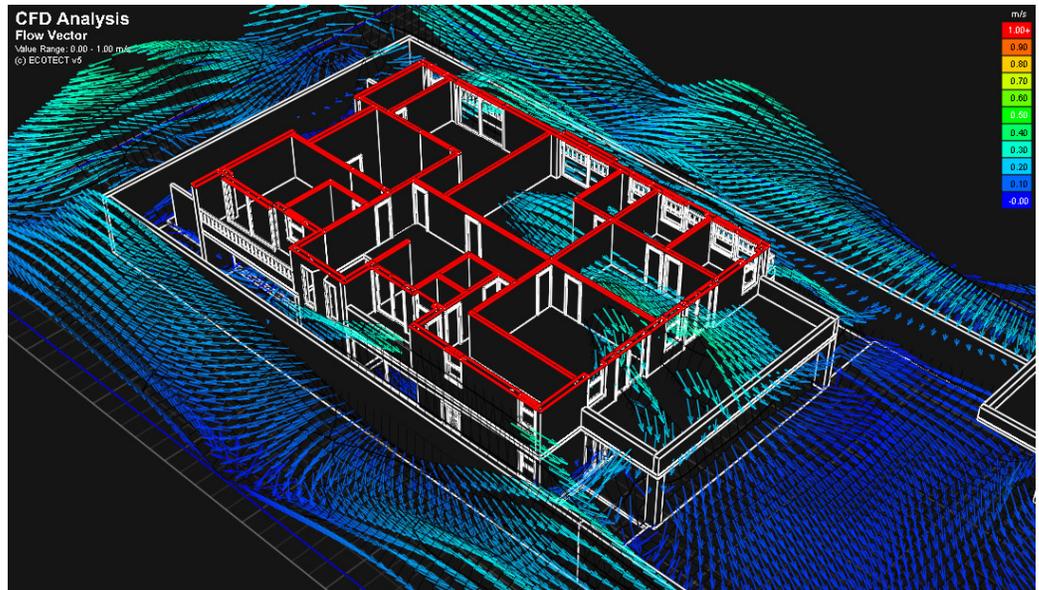


REPORTE DE ANÁLISIS POR SIMULACIÓN



6/21/2011

Análisis de Temperatura y Ventilación Natural



Reporte de los resultados obtenidos durante los análisis de simulación térmica, y de ventilación (CFD). Fase de comprobación para nueva propuesta de acondicionamiento pasivo.

Reporte de análisis por simulación

ANÁLISIS DE TEMPERATURA Y VENTILACIÓN NATURAL

1 | ANÁLISIS DE TEMPERATURA

Condiciones para la simulación

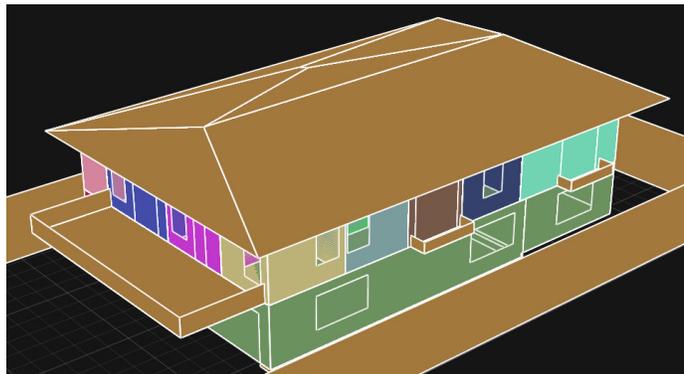
La fase de *nueva propuesta* comprende cambios de diversos tipos, entre los cuales destacan la extensión de los aleros de la cubierta, la redistribución de múltiples espacios internos, la reconfiguración de las aberturas sobre la fachada norte, y la aplicación de una estrategia de ventilación nocturna.

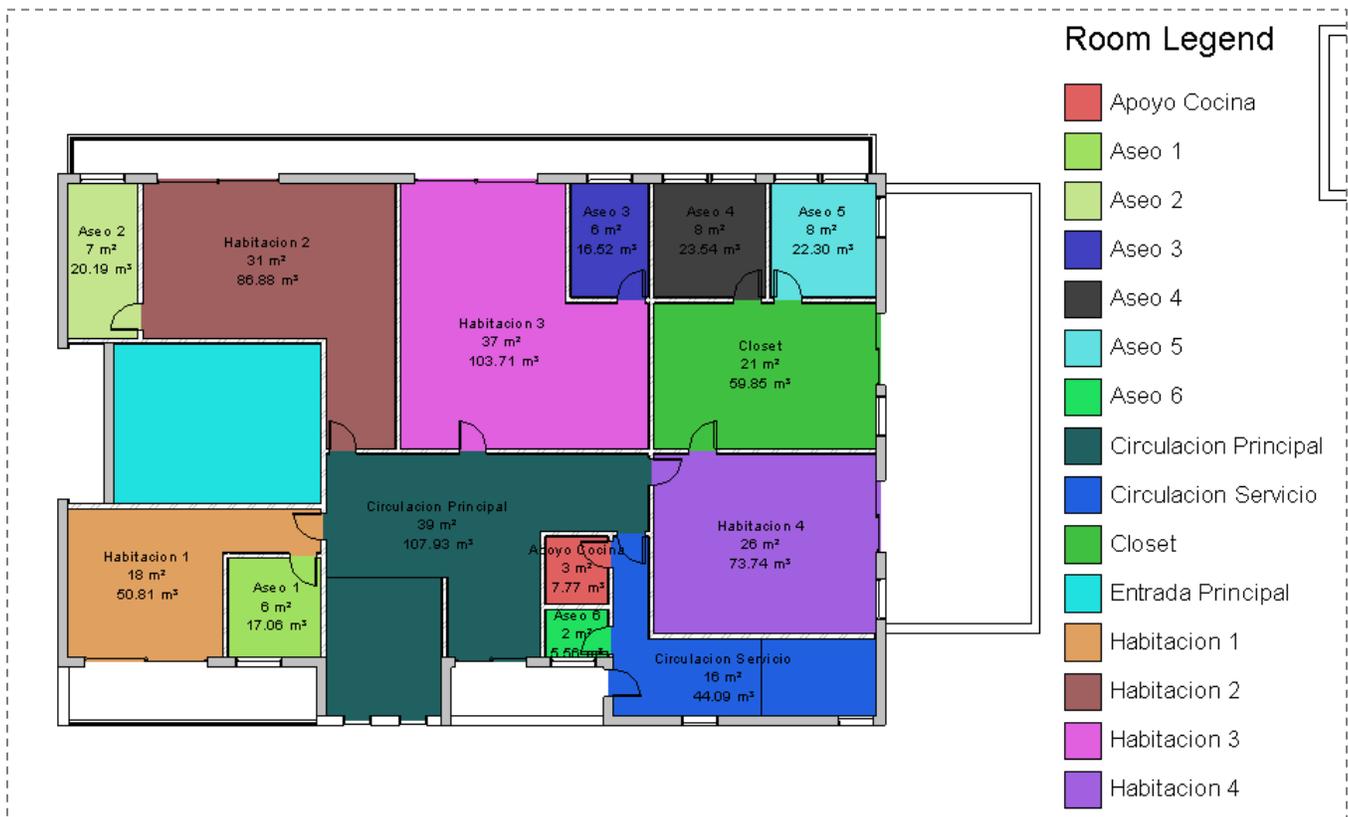
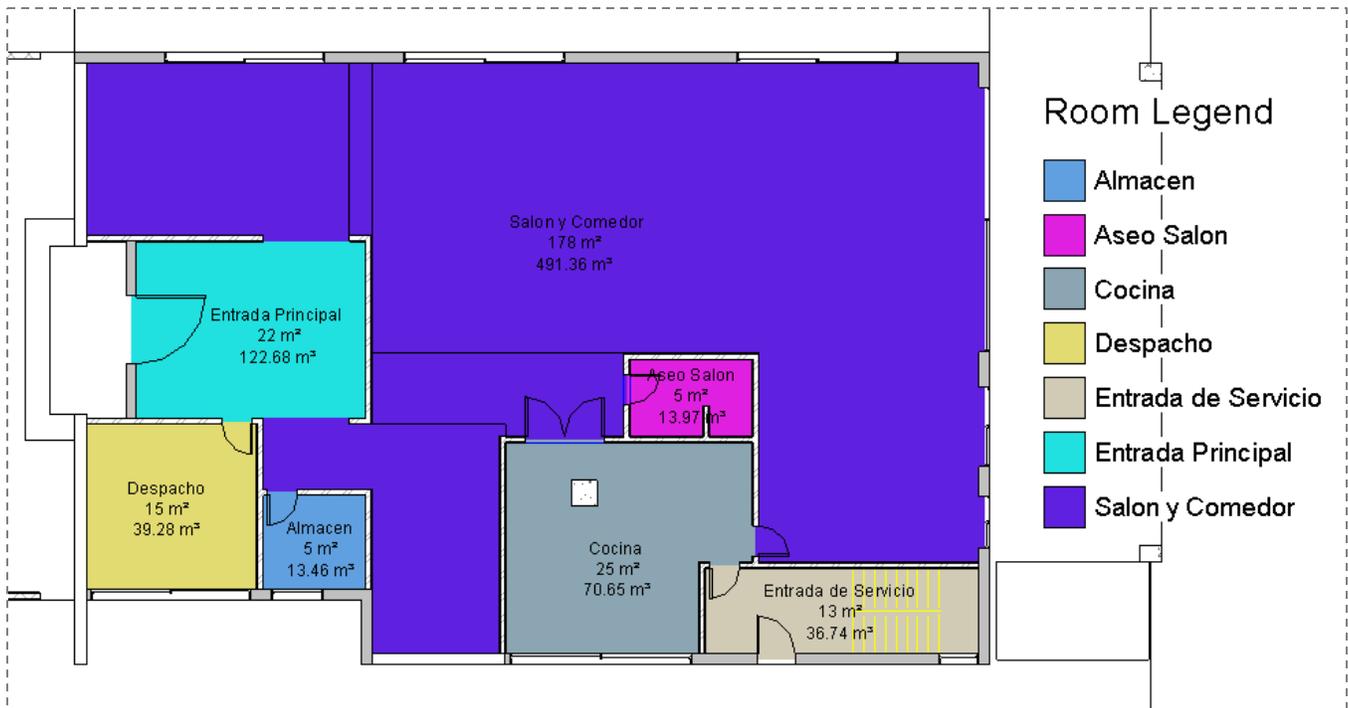
Nivel 1

- 1) Entrada Principal
- 2) Cocina
- 3) Aseo Salón
- 4) Entrada de Servicio
- 5) Almacén
- 6) Despacho
- 7) Salón y Comedor

Nivel 2

- 8) Habitación 1
- 9) Habitación 2
- 10) Habitación 3
- 11) Habitación 4 (suite)
- 12) Aseo 1
- 13) Aseo 2
- 14) Aseo 3
- 15) Aseo 4
- 16) Aseo 5
- 17) Aseo 6
- 18) Circulación Principal
- 19) Circulación de Servicio
- 20) Apoyo Cocina
- 21) Closet





Puede apreciarse que parte importante de la nueva propuesta, consiste en la reconfiguración de las áreas internas, con el objetivo de aumentar el potencial para la ventilación cruzada.

Los materiales utilizados durante esta fase, son exactamente iguales a los de la fase anterior, con la única variación del color sobre las caras externas de los cerramientos perimetrales. Este cambio hacia un color más claro, tuvo el siguiente efecto sobre las características térmicas del material

Propiedades térmicas:

- a) Cerramientos externos_Verticales_Fase 1.
 - a. U: **1.80 W/m² K**
 - b. Índice de absorción solar: **0.864**
 - c. Desfase de la onda térmica: **5.5 horas**

- b) Cerramientos externos_Verticales_Fase 2.
 - a. U: **1.80 W/m² K**
 - b. Índice de absorción solar: **0.119**
 - c. Desfase de la onda térmica: **6.0 horas**

Resultados de la simulación

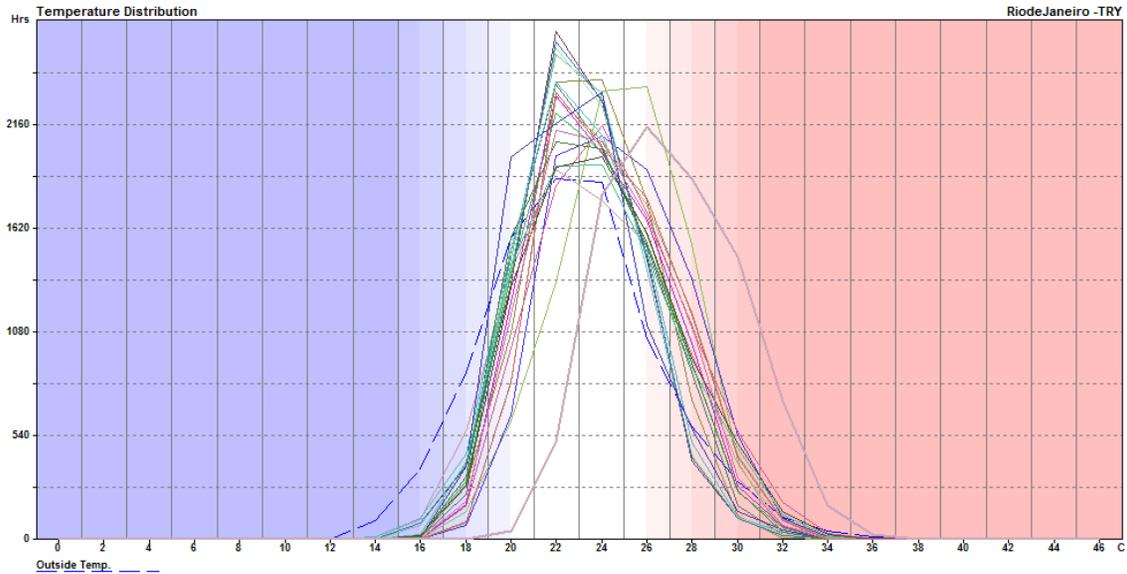
Los resultados de la simulación, han sido graficados y ordenados según su importancia para la situación higrotérmica resultante.

A continuación se enlistan todos los factores calculados:

- 1) Distribución anual de temperatura para cada zona
- 2) Perfil de temperaturas a cada hora –Temporada de invierno-
- 3) Perfil de temperaturas a cada hora –Temporada templada-
- 4) Perfil de temperaturas a cada hora –Temporada de verano-
- 5) Ganancias y pérdidas promedio según origen - Temporada de invierno-
- 6) Ganancias y pérdidas promedio según origen - Temporada templada-
- 7) Ganancias y pérdidas promedio según origen - Temporada de verano-
- 8) Desglose anual de ganancias y pérdidas de energía según origen
- 9) Relación entre temperatura externa y ganancias internas totales
- 10) Discomfort térmico promedio para el conjunto

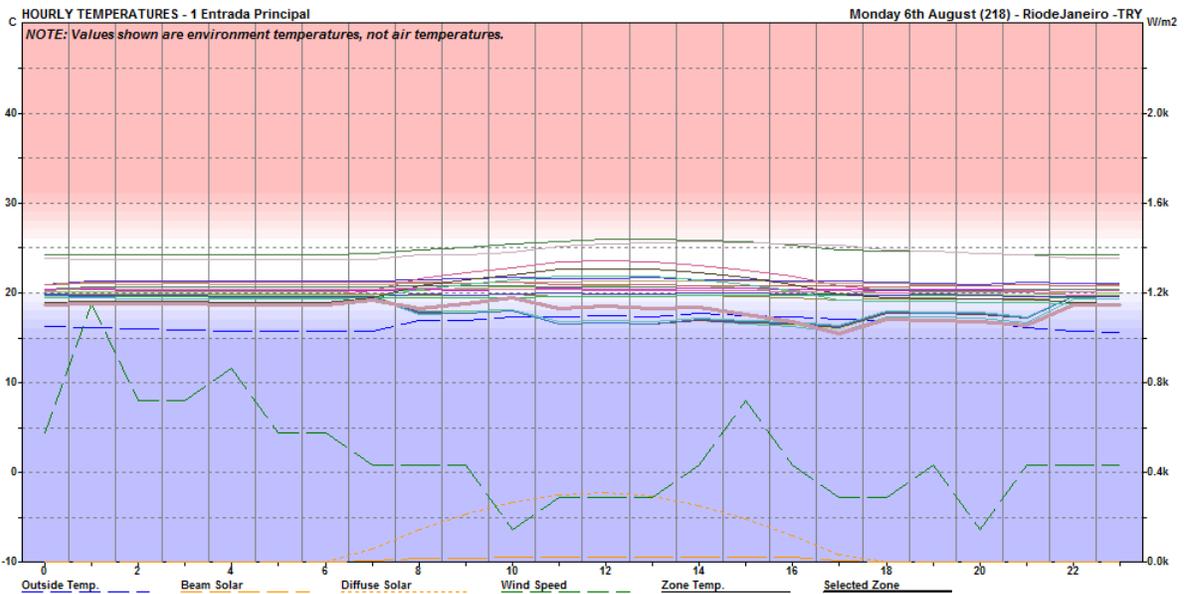
DISTRIBUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURA

El gráfico de distribución anual de temperatura ha mejorado significativamente, y para esta segunda fase de propuesta, la mayoría de las curvas de temperatura de cada zona se encuentra dentro del rango de confort. Adicionalmente se aprecia una mayor uniformidad de la distribución térmica entre las distintas zonas.



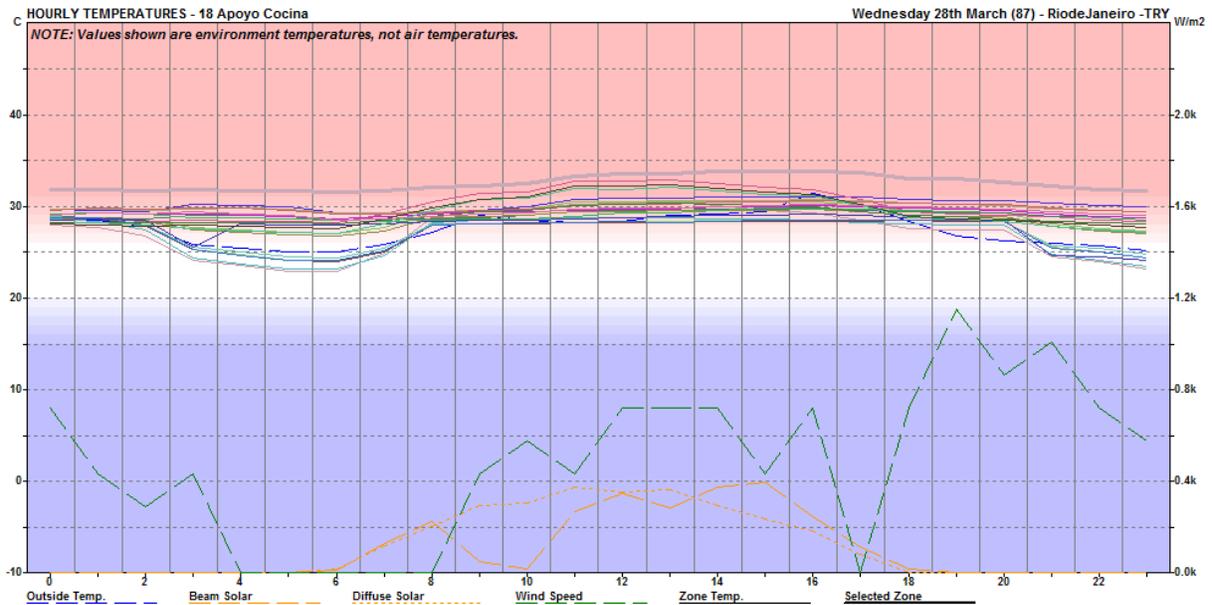
PERFIL HORARIO DE TEMPERATURAS –TEMPORADA DE INVIERNO-

Las líneas del perfil horario durante la temporada de invierno ilustran claramente la regularidad mencionada, con tan solo pequeñas variaciones de temperatura a lo largo del año. Adicionalmente puede observarse una disminución general de las temperaturas internas para todas las zonas.



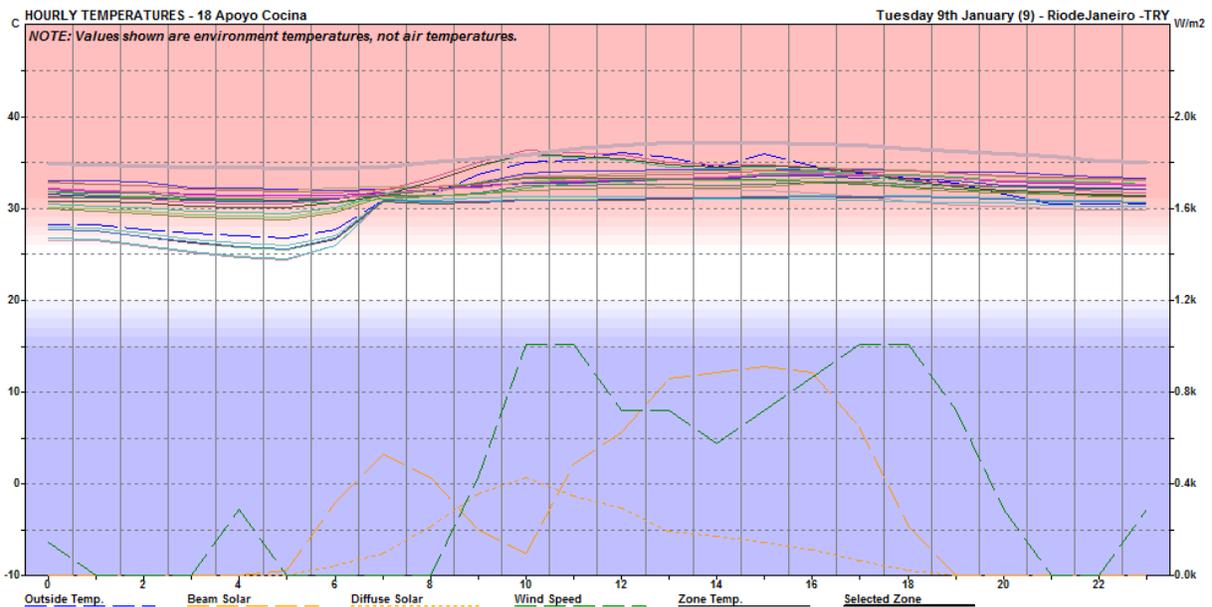
PERFIL HORARIO DE TEMPERATURAS –TEMPORADA TEMPLADA-

La temporada templada exhibe el mismo patrón general, con temperaturas ligeramente superiores durante las horas del medio día, pero con un desarrollo relativamente constante.



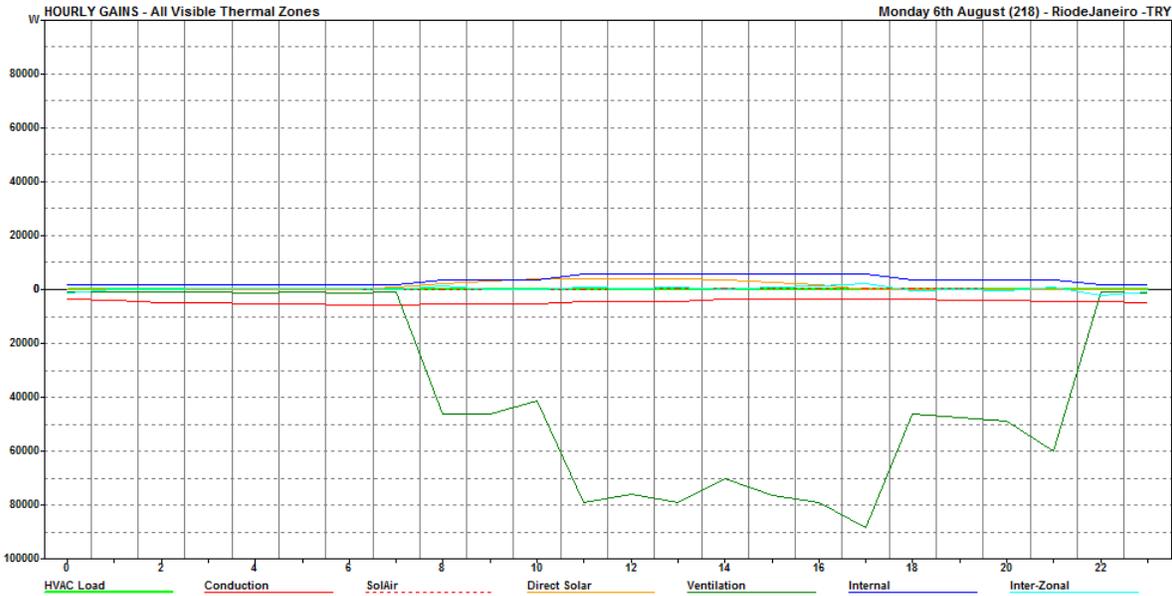
PERFIL HORARIO DE TEMPERATURAS –TEMPORADA DE VERANO-

La temporada de verano muestra las mayores temperaturas registradas, sin embargo, estas son en promedio, unos 4°C inferiores a las de la fase 1. Es interesante notar el efecto de la estrategia de ventilación nocturna sobre algunas de las zonas durante esta temporada, con un cambio relativamente abrupto a las 7:00a.m. cuando se cierran las ventanas para proteger del aumento de temperatura del aire exterior



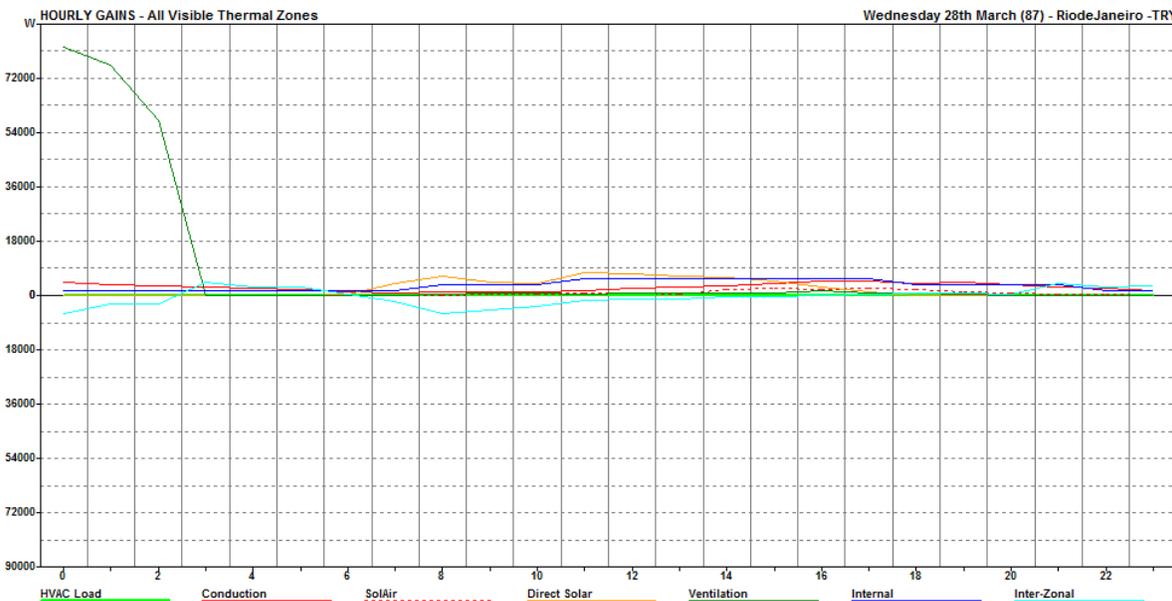
GANANCIAS Y PERDIDAS PROMEDIO –TEMPORADA DE INVIERNO-

El cambio más notorio en el comportamiento higrotérmico de la vivienda puede apreciarse en el desglose de ganancias y pérdidas. Como se muestra en los gráficos, el principal componente de transferencia ha pasado a ser la ventilación en lugar de las ganancias internas, y la conductividad superficial



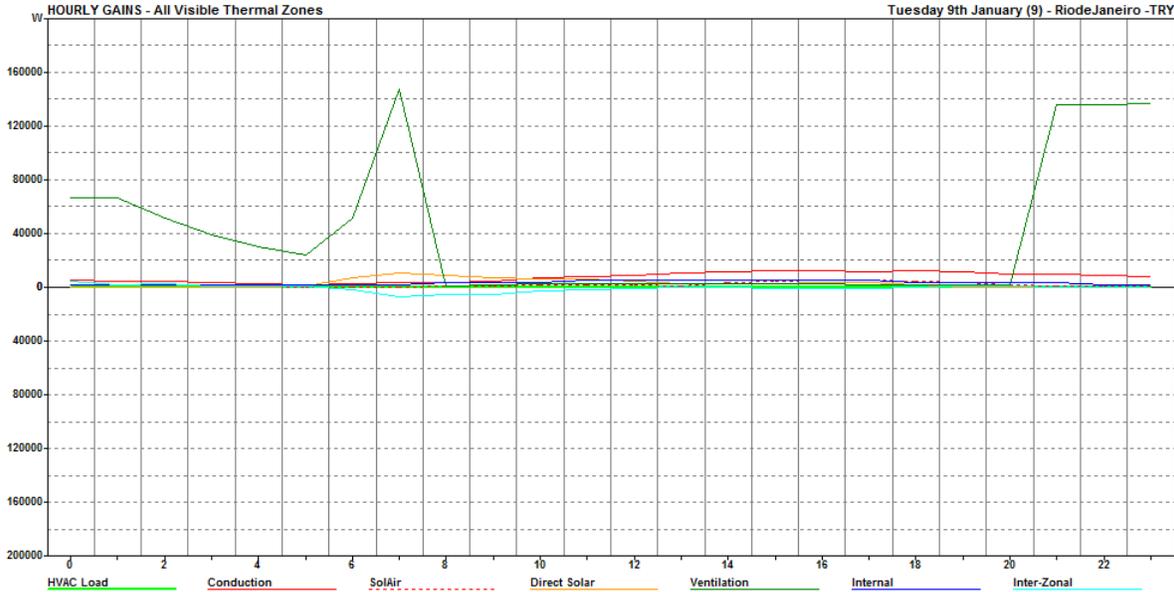
GANANCIAS Y PERDIDAS PROMEDIO –TEMPORADA TEMPLADA-

El mismo patrón regular y constante puede apreciarse durante la temporada templada, para la cual, las líneas de transferencia energética se mantienen en valores cercanos al 0 durante todo el día. Este fenómeno es consistente con los valores igualmente regulares del perfil horario para la misma temporada.



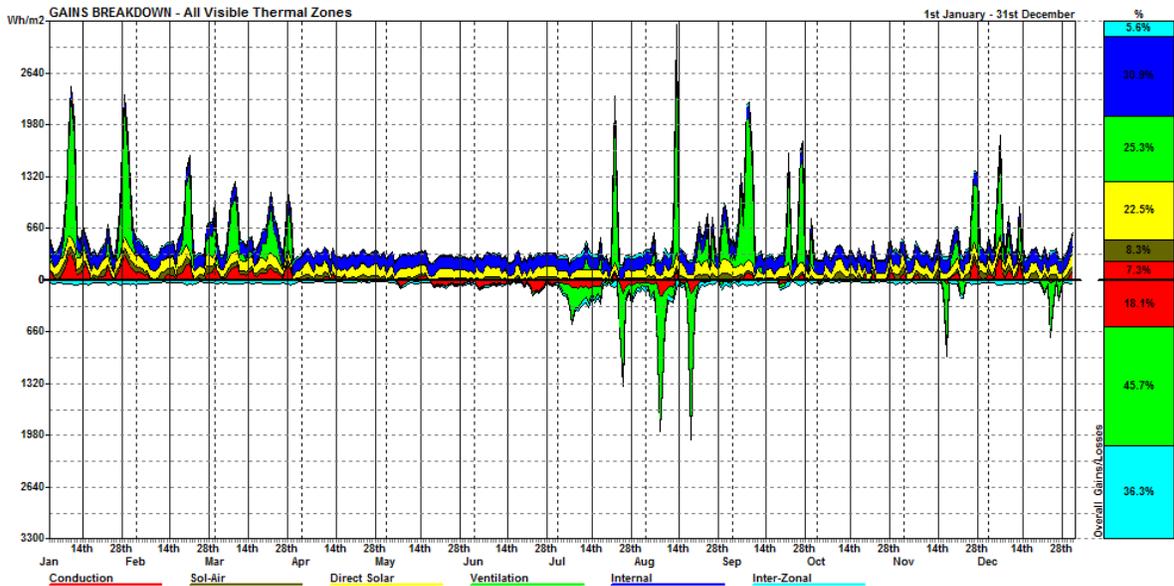
GANANCIAS Y PERDIDAS PROMEDIO –TEMPORADA DE VERANO-

Una vez más, durante la temporada de verano, casi no hay transferencia energética entre las zonas, sino que los aportes calóricos provienen del factor ventilación, el cual hace un aporte significativo de temperatura hacia el interior de la vivienda.



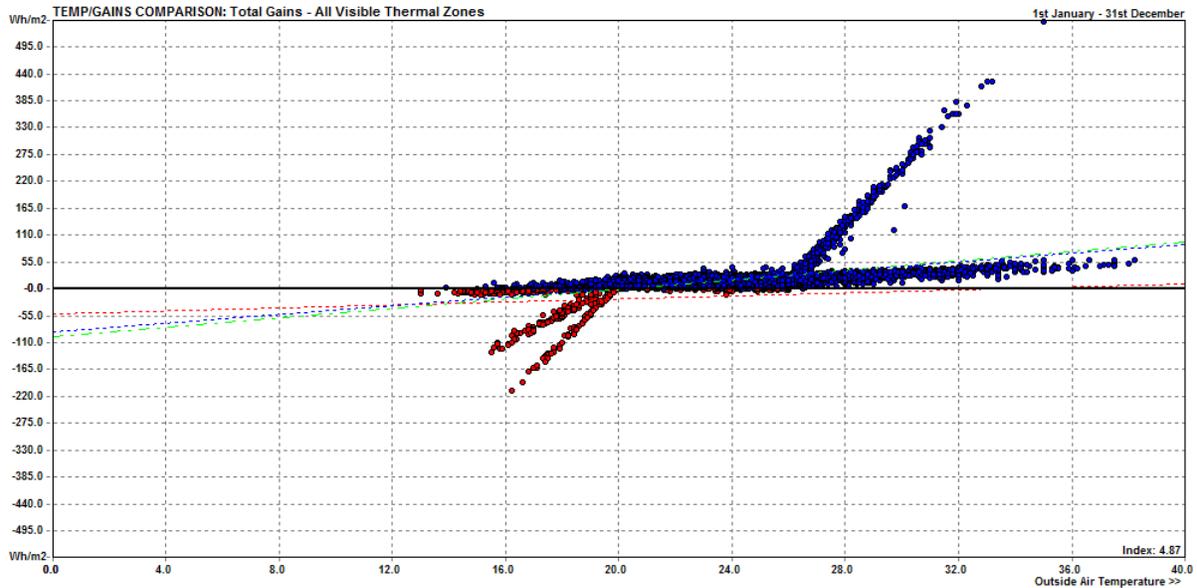
DESGLOSE ANUAL DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS

Este cambio en el origen principal de las transferencias de energía es daramente visible en el desglose anual de Ganancias/ Perdidas en donde el factor de ventilación alcanza un total acumulado del 71%, en contraste con un 41,8% del factor Inter-zonal, y un 30,9% del factor de Ganancias internas.



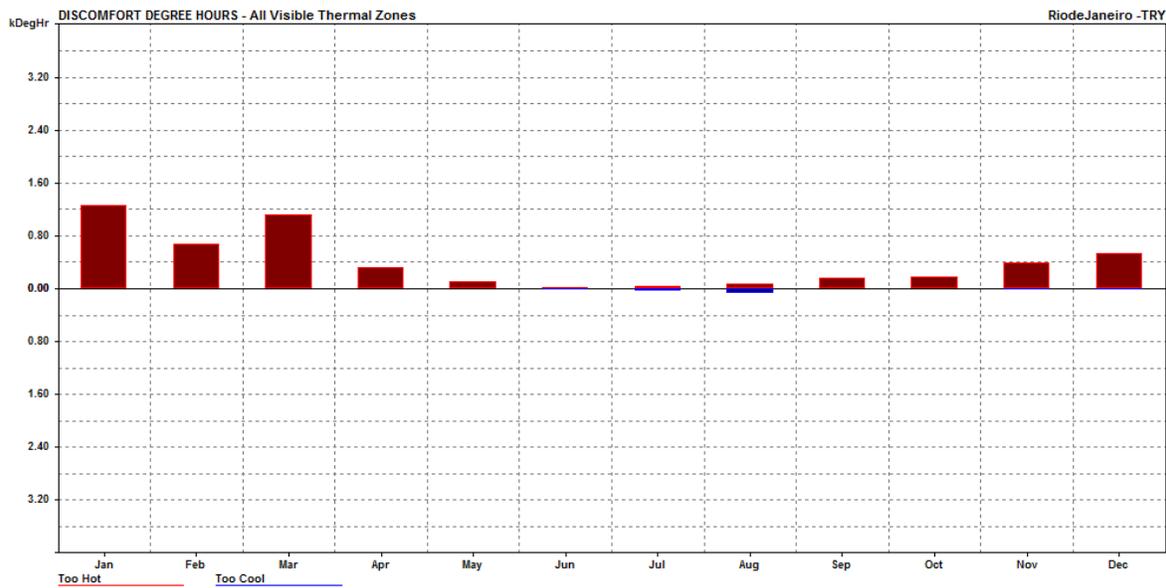
RELACIÓN ENTRE TEMPERATURAS EXTERNAS Y GANANCIAS INTERNAS TOTALES

La revisión del gráfico asociativo entre temperaturas exteriores, y ganancias internas, denota una tendencia mucho más horizontal que su homólogo de la fase 1. Esto se interpreta como un funcionamiento desasociado entre las dos variables, según el cual, un aumento progresivo de la temperatura exterior no afecta significativamente la temperatura interior, y esta se mantiene dentro de un margen de variación constante. Las pequeñas zonas fuera de la “curva” principal, corresponden a los periodos de ventilación cruzada nocturna, la cual debe estudiarse con mayor detalle en el apartado de análisis de ventilación natural.



DISCONFORT TÉRMICO PROMEDIO

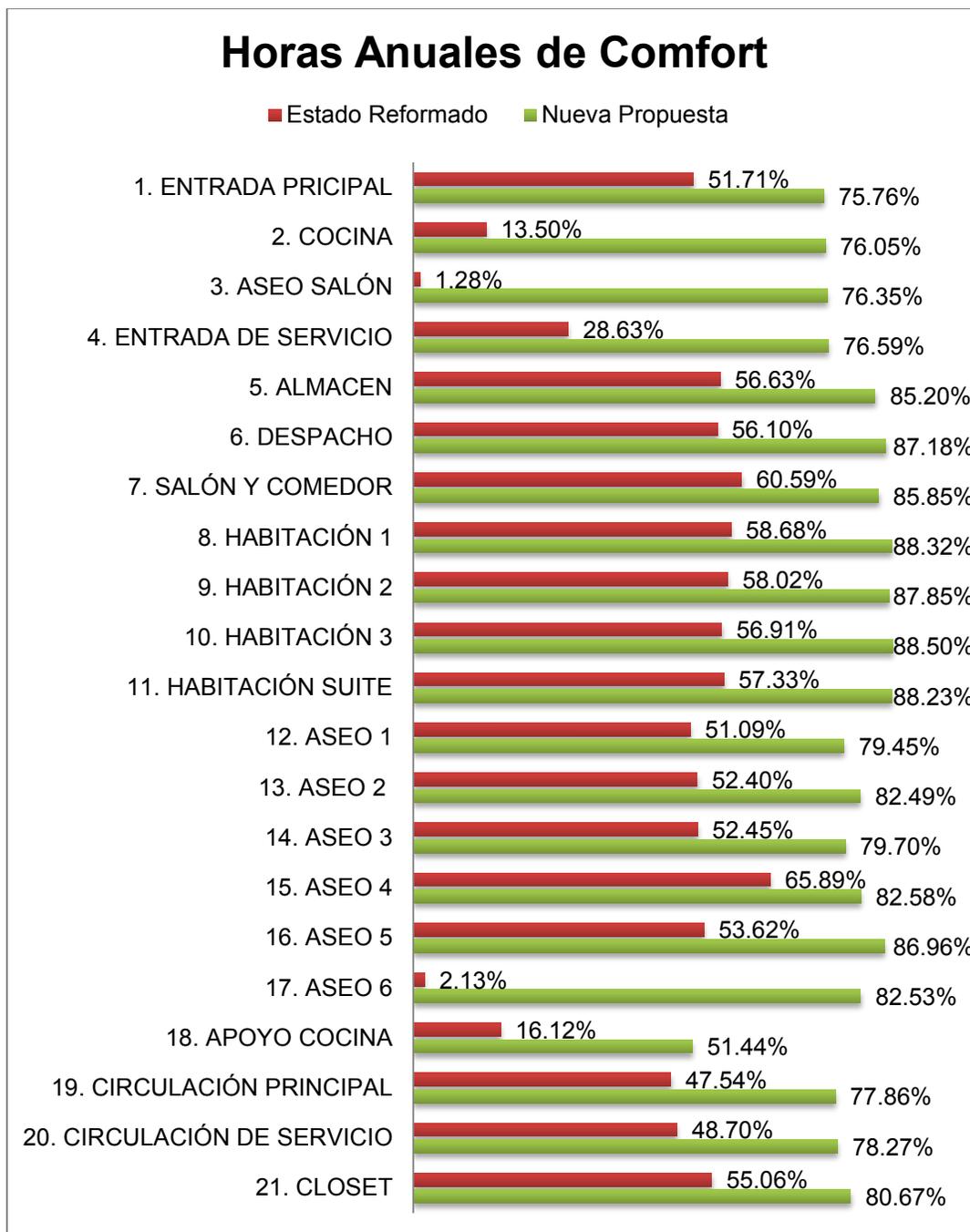
A pesar de apreciar múltiples diferencias en los gráficos vistos hasta ahora, la diferencia más dramática y notoria se da con una considerable disminución de los Grados-Hora mensuales para el conjunto de la vivienda.



Conclusiones

- 1) El requerimiento de refrigeración constante apreciado durante la primera fase, con la vivienda en su *estado reformado*, ha bajado considerablemente en la fase de nueva propuesta, igualmente, se han regularizado significativamente las fluctuaciones de temperatura en los espacios internos
- 2) La gran mayoría de las zonas térmicas son capaces de mantener positivamente temperaturas cercanas al rango de confort, a pesar de la elevación sostenida de la temperatura del aire exterior, probablemente gracias a la protección brindada por la nueva extensión de la cubierta.
- 3) No existen cambios bruscos en el rendimiento higrotérmico de las zonas, siendo que aún la de peor rendimiento, *18. Apoyo Cocina*, alcanza un total de **4494 horas anuales de confort térmico (51,44%)**
- 4) El resto de las zonas se sitúa uniformemente en un ámbito muy favorable de entre 6500 hrs – 7500 hrs anuales de confort, lo que equivale a un porcentaje de entre 75% - 85% del año.
- 5) A continuación una tabla comparativa de la cantidad de horas en confort para cada zona térmica, y su representatividad porcentual al año.

Zona	Horas anuales de Confort ESTADO REFORMADO		Horas anuales de Confort NUEVA PROPUESTA	
1. ENTRADA PRICIPAL	4517	51,71%	6618	75,76%
2. COCINA	1179	13,50%	6644	76,05%
3. ASEO SALÓN	112	1,28%	6670	76,35%
4. ENTRADA DE SERVICIO	2501	28,63%	6691	76,59%
5. ALMACEN	4947	56,63%	7443	85,20%
6. DESPACHO	4901	56,10%	7616	87,18%
7. SALÓN Y COMEDOR	5293	60,59%	7500	85,85%
8. HABITACIÓN 1	5126	58,68%	7716	88,32%
9. HABITACIÓN 2	5069	58,02%	7675	87,85%
10. HABITACIÓN 3	4972	56,91%	7731	88,50%
11. HABITACIÓN SUITE	5008	57,33%	7708	88,23%
12. ASEO 1	4463	51,09%	6941	79,45%
13. ASEO 2	4578	52,40%	7206	82,49%
14. ASEO 3	4582	52,45%	6963	79,70%
15. ASEO 4	5756	65,89%	7214	82,58%
16. ASEO 5	4684	53,62%	7597	86,96%
17. ASEO 6	186	2,13%	7210	82,53%
18. APOYO COCINA	1408	16,12%	4494	51,44%
19. CIRCULACIÓN PRINCIPAL	4153	47,54%	6802	77,86%
20. CIRCULACIÓN DE SERVICIO	4254	48,70%	6838	78,27%
21. CLOSET	4810	55,06%	7047	80,67%



6) Las **principales transferencias de energía**, responsables por las ganancias y pérdidas de temperatura, **proviene del factor de ventilación**, sobre todo **gracias al cambio de la distribución y proporción de los huecos**, así como a la reconfiguración de los espacios internos. Ahora bien, este rendimiento añadido del factor ventilación, debe tratarse cuidadosamente, porque de utilizarse indiscriminadamente podría contribuir al sobrecalentamiento durante las horas diurnas de la temporada de verano, cuando la temperatura del aire exterior es superior a la del aire interior. Es por esta razón que durante este periodo, se ha empleado una estrategia pasiva de ventilación nocturna.

2 | ANÁLISIS DE VENTILACIÓN NATURAL

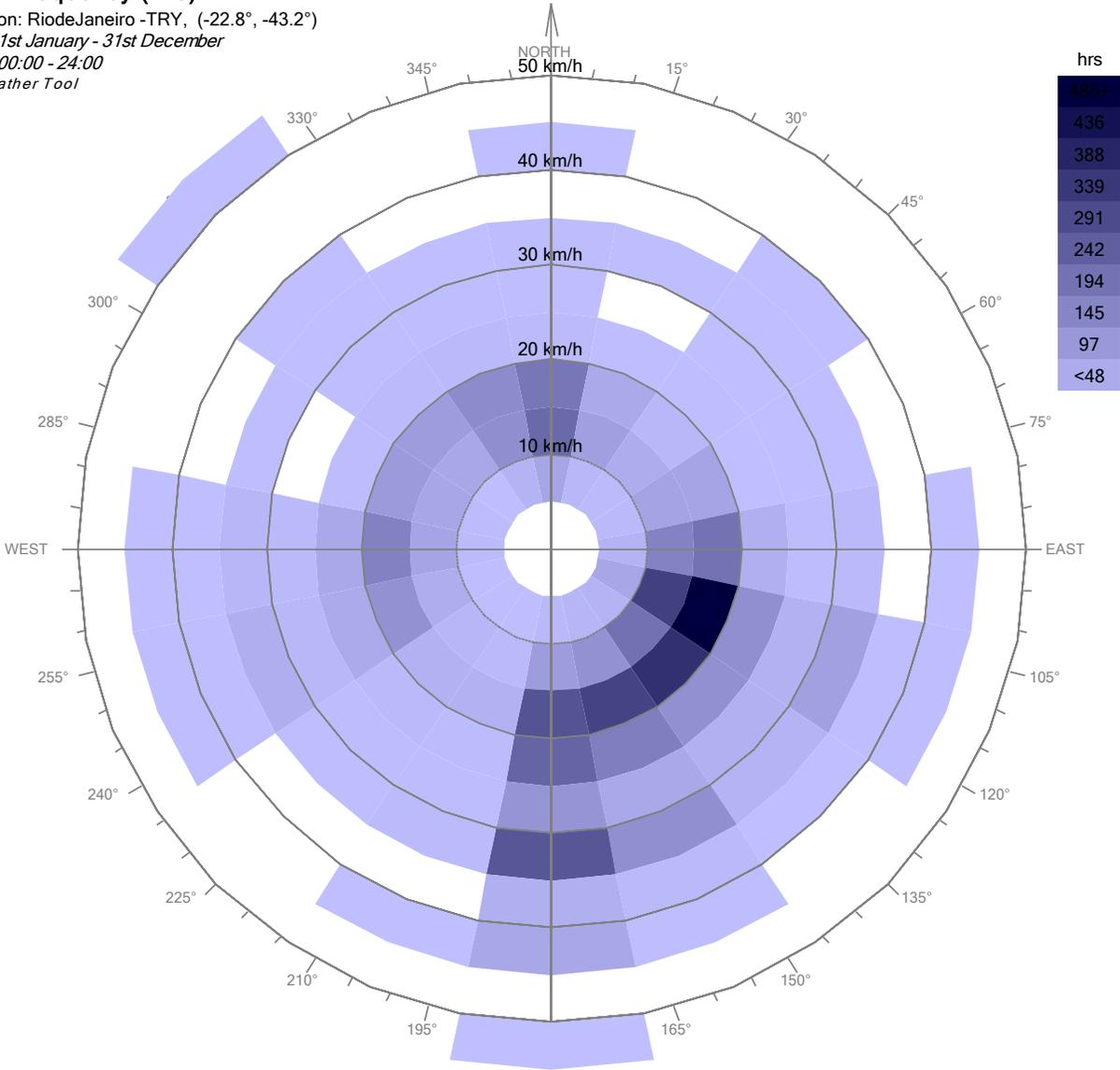
Breve repaso de condiciones climáticas

Un análisis breve de los principales patrones de viento permite identificar un vector de origen dominante con una apertura angular de 115° con respecto del Norte. Al mismo tiempo, puede notarse una velocidad inicial predominante de 15km/h.

Prevailing Winds

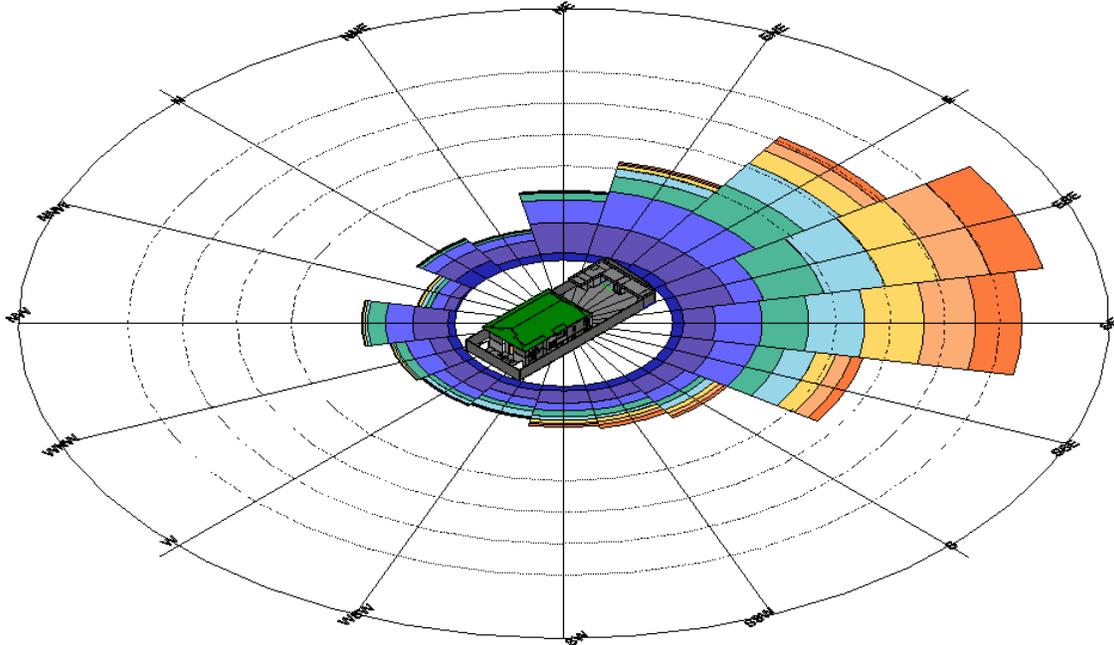
Wind Frequency (Hrs)

Location: RiodeJaneiro -TRY, (-22.8°, -43.2°)
Date: 1st January - 31st December
Time: 00:00 - 24:00
© Weather Tool



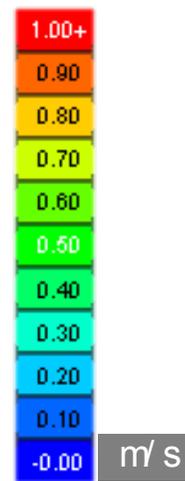
Condiciones de la simulación

Quando se sobrepone la rosa de los vientos al modelo tridimensional, se aprecia con claridad la relación geométrica de los patrones anteriormente descritos, y la volumetría del proyecto.



Además, se detalla a continuación una tabla de asociación entre el rango de velocidad del viento y la sensibilidad humana.

Velocidad del aire	Rango de sensibilidad humana
0,10 m/s	Imperceptible
0,30 m/s	Apenas perceptible
0,50 m/s	Brisa ligera
0,70 m/s	Brisa agradable
1,00 m/s	Movimiento de objetos ligeros
1,40 m/s	Brisa desagradable
1,70 m/s	Corriente de aire molesta
2,00 m/s	Ventoso, incómodo



Bajo estas premisas, las condiciones de información meteorológica básica para la simulación de Dinámica Computacional de Fluidos CFD pueden resumirse a continuación:

Estación Meteorológica: 846107 (ASHRAE)
Año: 2006
Latitud: -22,903539657592
Longitud: -43,209587097168
Distancia al proyecto: 0,00 kilómetros
Elevación: 24,00 m.s.n.m

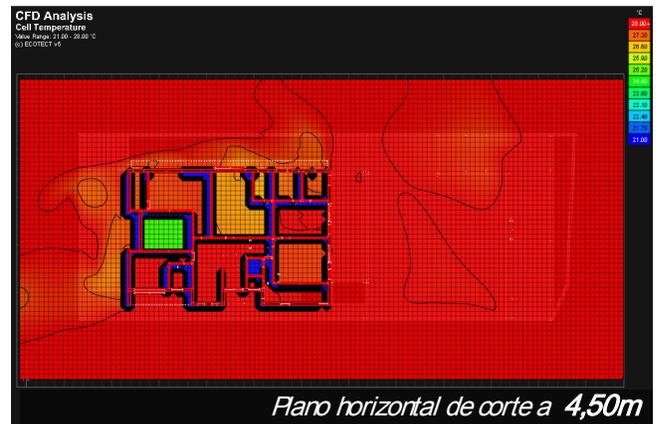
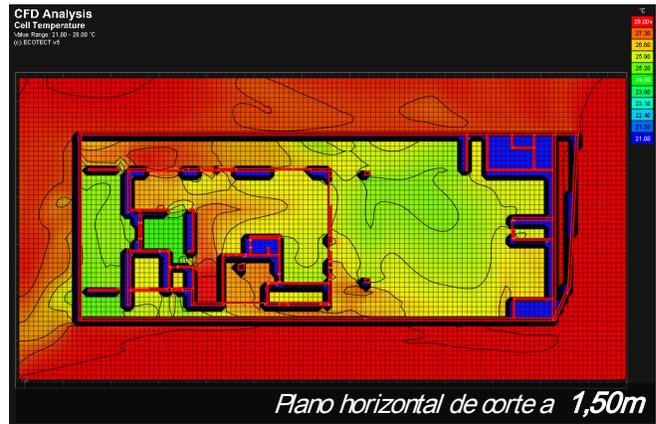
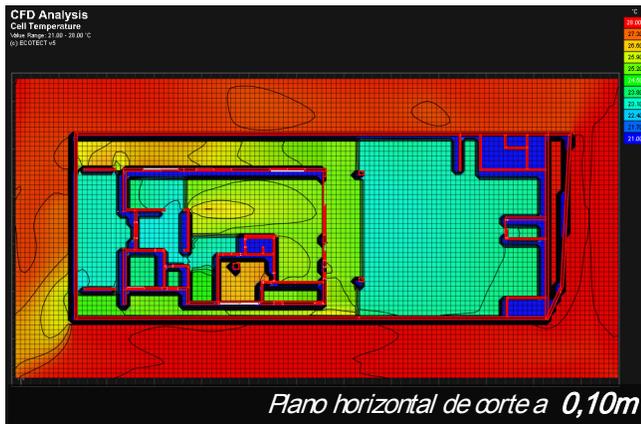
Vector de Origen: Período_1: 115°

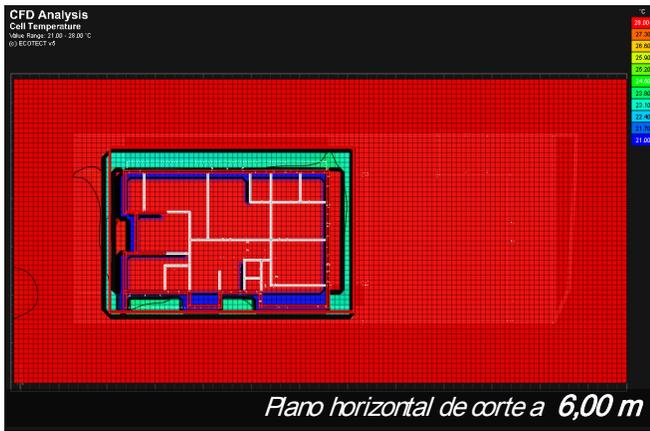
Resultados de la simulación

La simulación se efectuó para el período 1, comprendido entre octubre y marzo, y durante el cual, la brisa predominante proviene del sur-este.

Se han analizado 3 factores relacionados con la ventilación natural: Temperatura del aire, Tasa de flujo de aire (velocidad), y Vector de flujo (dirección). A continuación se muestra la progresión de la temperatura en una secuencia sucesiva de alturas: 0.10m – 1.50m – 3.00m – 4.50m – 6.00m

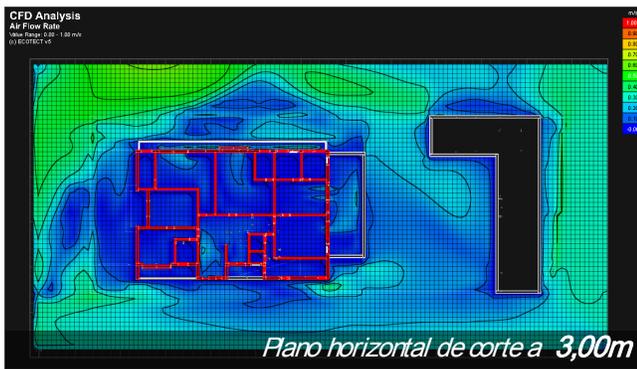
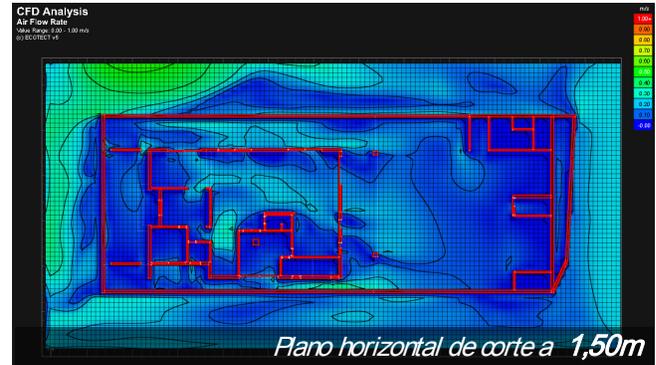
TEMPERATURA DEL AIRE

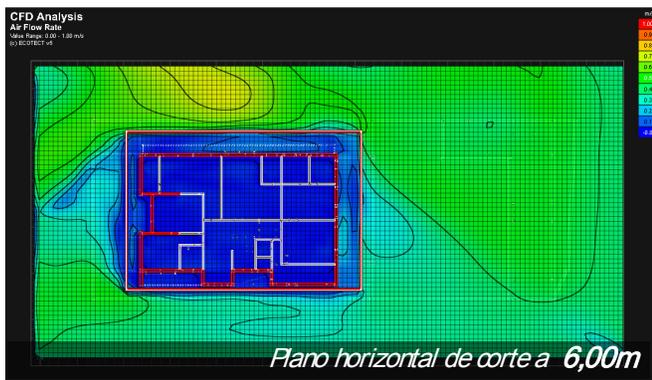




El efecto de sobrecalentamiento por la acción de la ventilación indiscriminada, puede apreciarse claramente en la secuencia anterior de imágenes. Es notable, que a partir de los 3,00m de altura (inicio de la segunda planta), la temperatura del aire interior empieza a elevarse rápidamente hasta equipararse con la del aire exterior. Por esta razón puede concluirse también, que el efecto de sobrecalentamiento por ventilación afecta en mayor medida al nivel superior.

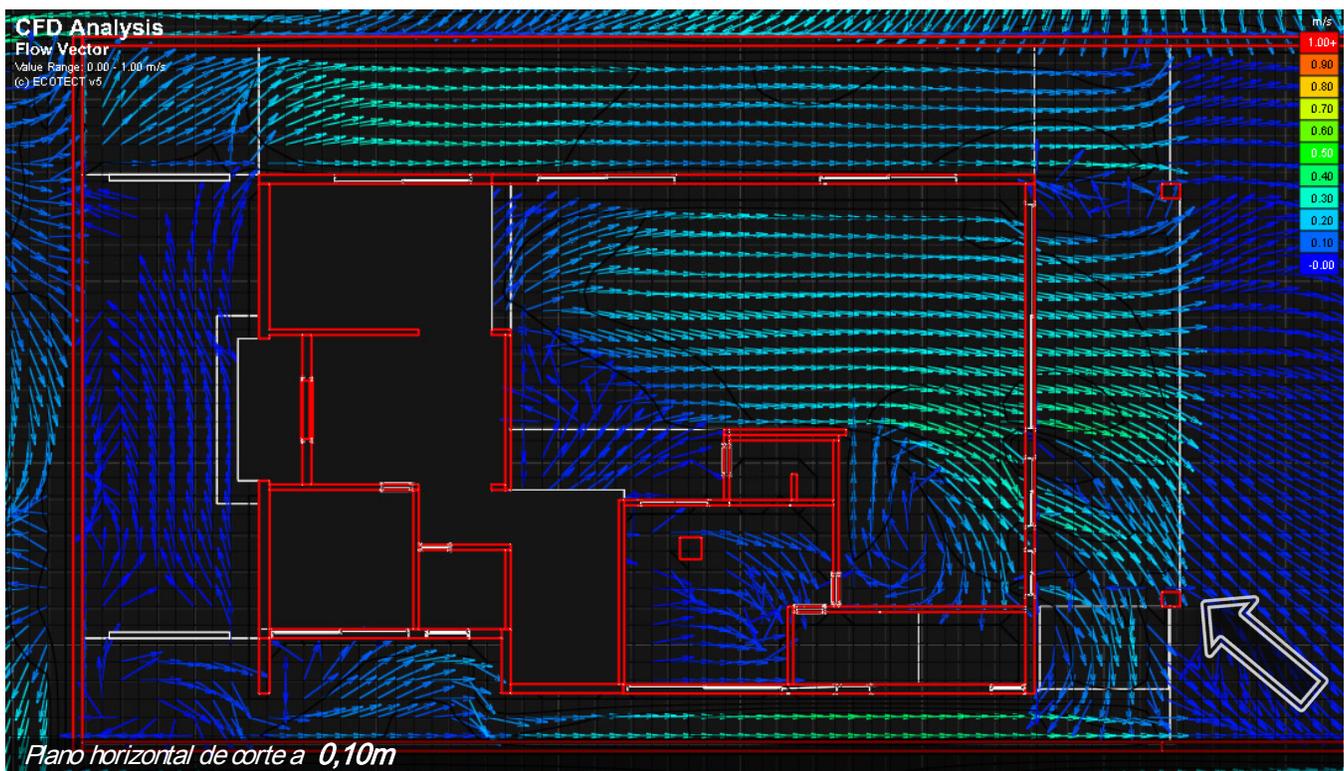
TASA DE FLUJO DEL AIRE



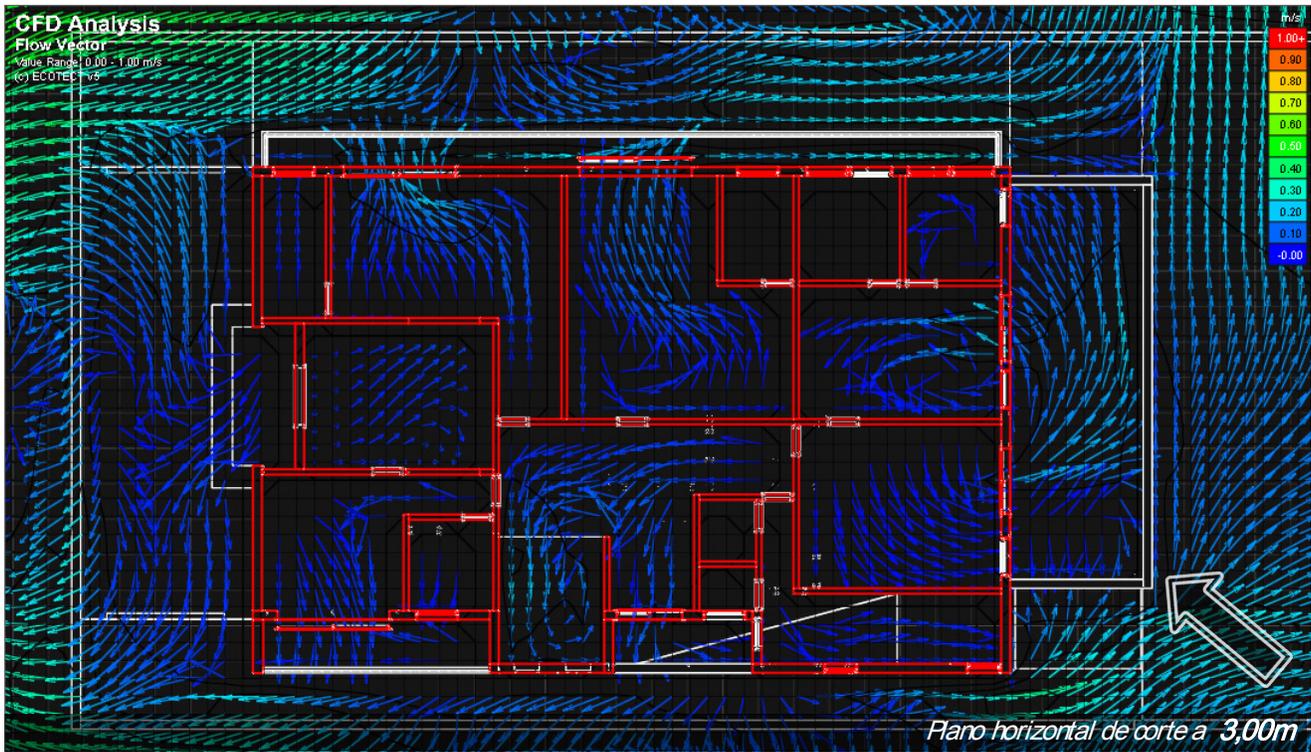
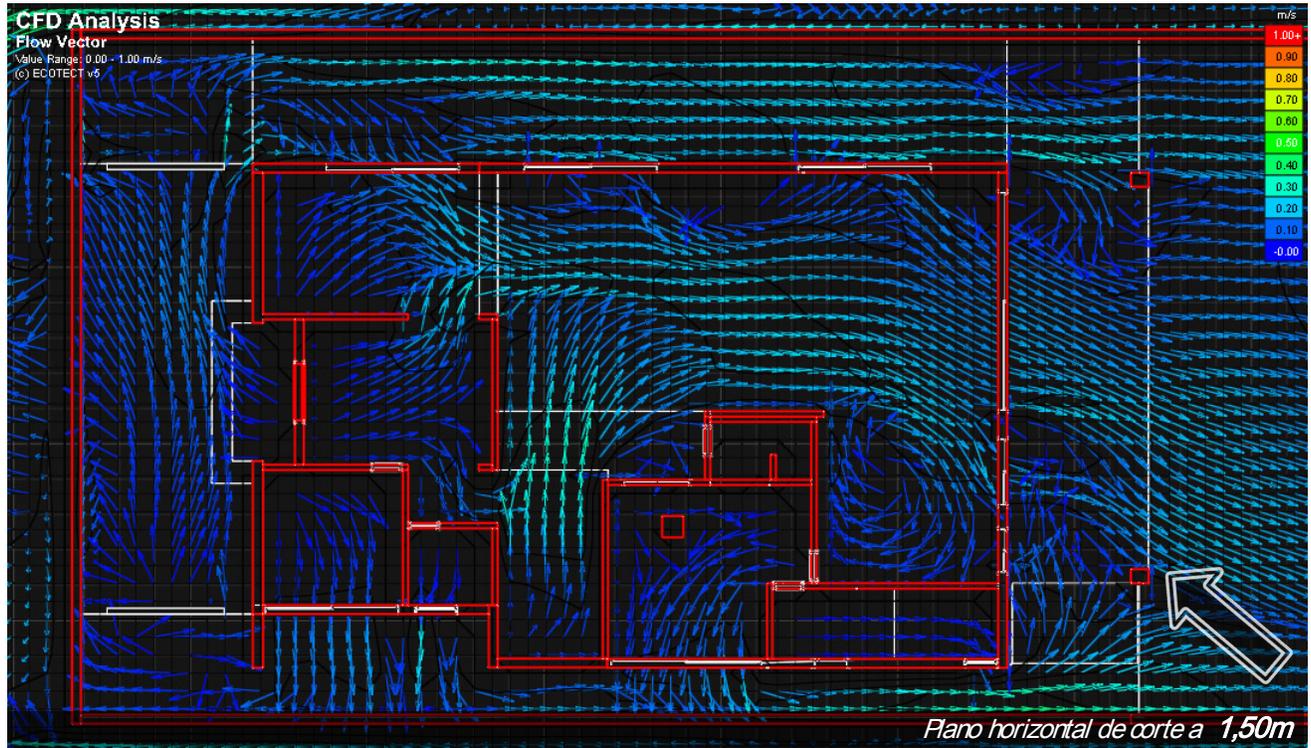


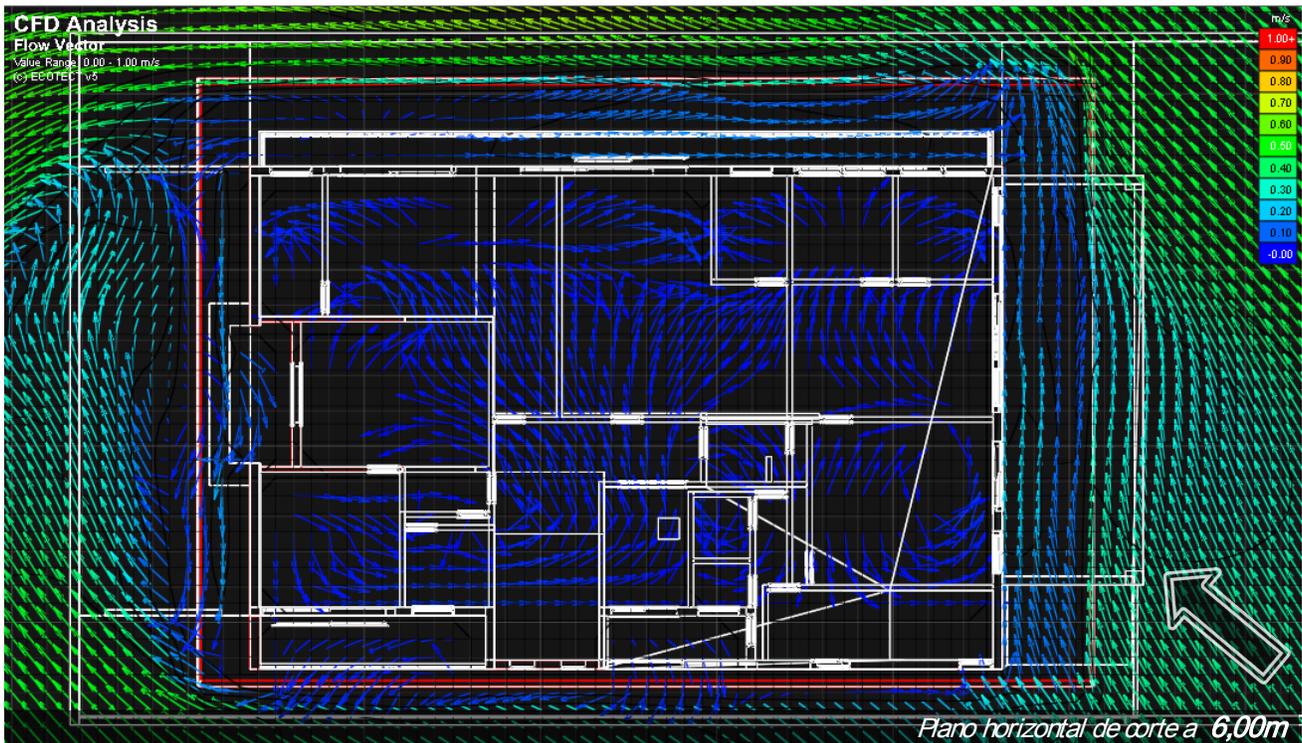
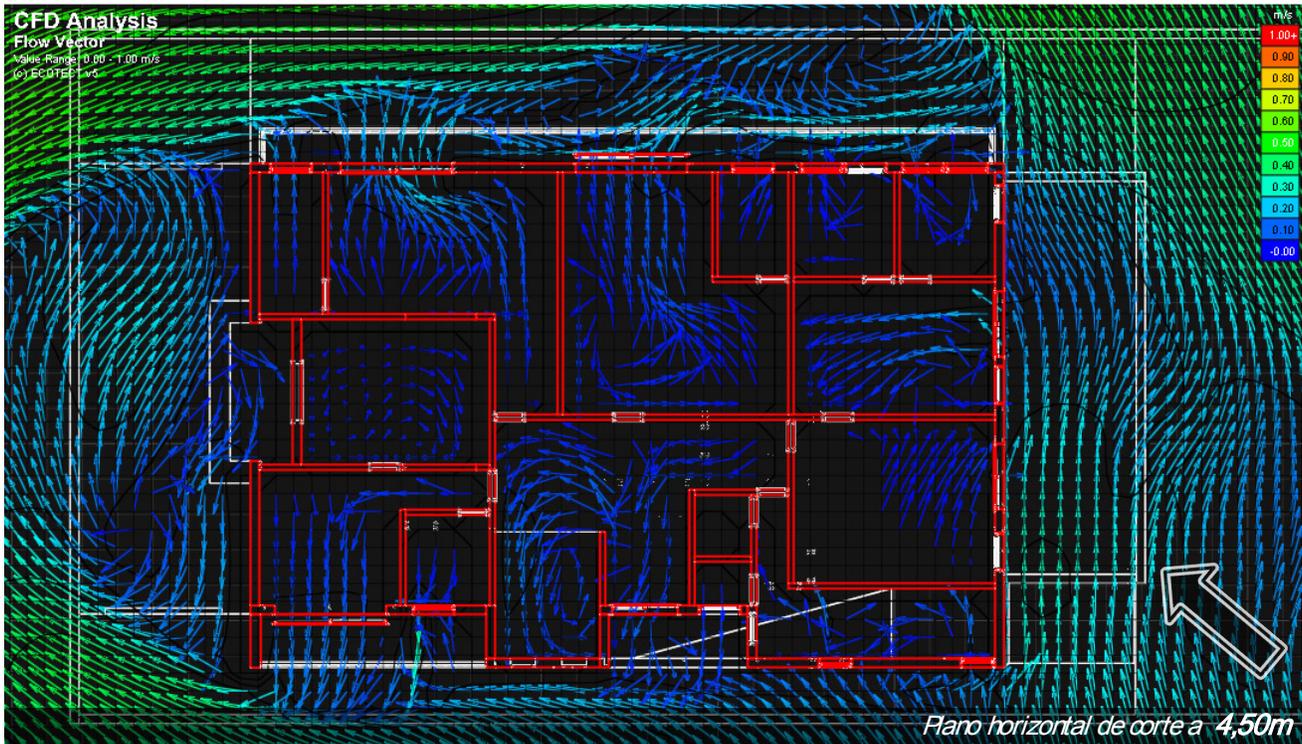
Para la segunda fase, se observa un ligero crecimiento de las tasas de flujo de aire en el primer nivel, con velocidades de casi 1,00 m/s en la zona de *Salón y Comedor*, así como de *Circulación principal*. A pesar de esto, no es visible este efecto en el segundo nivel, donde las velocidades de movimiento de aire siguen siendo bajas con respecto del exterior. Aun así, el análisis en detalle del vector de flujo revela que sí se ha incrementado la circulación de aire general en el interior de la vivienda.

VECTOR DE FLUJO DEL AIRE



Tan solo con la primera imagen, se advierte un importante flujo de aire ingresando y distribuyéndose en la zona de *Salón y Comedor* del primer nivel. Como se aprecia, este es un flujo complejo, con múltiples direcciones y un ligero arremolinamiento.





Es bastante notorio, el aumento en la circulación interior del aire, sobre todo en los espacios perimetrales de la vivienda. Tanto los vectores como la tasa de flujo, muestran mayores niveles de

desplazamiento e intensidad, lo cual hace pensar en un mejor funcionamiento general de la estrategia de ventilación. Sin embargo debe adarse que a pesar de los cambios, no existe aún un patrón claro de ventilación cruzada efectiva, con la sola excepción de la zona de *Salón y Comedor* en el primer nivel.

Conclusiones

- 1) La temperatura del aire (no la ambiental) varía en un rango de aproximadamente 5°C con respecto de la altura y la posición dentro de la vivienda. Como tendencia general, se encuentra que **la temperatura se eleva de manera proporcional a la altura del plano de corte**, sin embargo debe estudiarse cada gráfico para obtener los detalles de cada zona.
- 2) **Los huecos verticales sobre los cerramientos del “Nueva Propuesta” mejoran significativamente los vectores de flujo al interior de la vivienda**, los valores máximos alcanzados para la velocidad del flujo de aire son de **apenas 0,40m/s, y en su mayoría no caen por debajo de los 0,20m/s.**
- 3) Las zonas que **más se han beneficiado** de los cambios propuestos disposición son: **La zona 7 *Salón y Comedor*, así como las zonas 8, 9, 10, 11, las *Habitaciones* del nivel superior.**
- 4) La redistribución de las zonas con menor volumen hacia los muros perimetrales del volumen principal, también **implica un efecto beneficioso en sus parámetros de ventilación natural.** Especialmente necesario en el caso específico de los aseos.
- 5) **Sigue existiendo un doble efecto beneficioso/perjudicial de los muros perimetrales**, sobre los patrones de movimiento de aire en el conjunto:
 - a. Se encuentra el beneficio de **aminoración de la temperatura del aire.** Los muros impiden la entrada directa del aire caliente desde el exterior hacia el primer nivel, con lo cual ejercen un efecto de refrigeración haciendo que el espacio de jardín actúe a manera de patio central.
 - b. Al mismo tiempo los muros **ralentizan excesivamente la velocidad del aire**, dificultando su entrada por las aberturas verticales durante periodos de refrescamiento tales como la noche, o los periodos anuales con menores temperaturas del aire exterior. En síntesis impiden la utilización adecuada y estratégica del recurso viento.
- 6) El aumento general de la circulación interior del aire trae consigo el **riesgo de sobrecalentamiento por inyección de aire exterior** (a mayor temperatura). Esta situación es especialmente crítica en el nivel superior, donde los muros perimetrales no ofrecen ninguna protección. Por esta razón **se recomienda enfáticamente, la utilización de una estrategia selectiva de ventilación natural nocturna**, durante la época de verano.