

## 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS EN AMBOS MODELOS

Por lo expuesto en los puntos anteriores, y después de describir las diferencias fundamentales que existen entre el proceso de simulación y cálculo llevado a cabo por ambos modelos, a continuación se expondrán los resultados obtenidos y una comparativa al considerar varios ejemplos.

Aunque la variable de mayor importancia, la cual motiva el uso de cualquiera de los modelos, es la tasa equivalente de ventilación e infiltración, media de los caudales del sistema para velocidades de viento a 0 y 4 m/s, la comparación de los resultados obtenidos no se limita en exclusiva a esta variable. También se ha considerado interesante comparar las posibles diferencias que existen entre ambos modelos al calcular la permeabilidad global del edificio n50, y en consecuencia el valor que adquiere la permeabilidad de los opacos, ya que la permeabilidad de las ventanas siempre es un valor aportado por el usuario.

Otra de las variables evaluadas para su comparación ha sido el efecto del uso de diferentes tipos de aberturas de ventilación (convencionales, autorregulables o antirretorno) y diferente criterio de diseño de las mismas, evaluando los efectos de utilizar rejillas de diferente módulo.

Para realizar el proceso de comparación entre los modelos, hemos definido diez casos de edificios de viviendas, entre viviendas unifamiliares y viviendas en bloque, basándonos en ejemplos creados desde cero y otros realizados por el compañero Antonio Catalán Alarcón e su estudio. En el ANEXO I se incluye una descripción detallada de cada uno de los casos:

### 7.1 Cálculo de la permeabilidad global del edificio n50

El primero de los análisis que se plantea es la comparación en el procedimiento de cálculo junto con los resultados obtenidos de la permeabilidad global del edificio en ambos modelos. Hay que tener en cuenta que la permeabilidad global del edificio es función de la superficie y de la permeabilidad de opacos y de ventanas, siendo esta última siempre definida por el usuario en cualquiera de los modelos.

#### 7.1.1 Método de comparación

En el procedimiento simplificado, el valor de la permeabilidad global n50 se calculará con las tablas desarrolladas a partir de la expresión analítica en función de la permeabilidad de opacos, ventanas y de las características geométricas del edificio. El procedimiento consiste en determinar en primer lugar la relación de aspecto (relación entre superficie exterior y volumen), seleccionar la tabla correspondiente y a continuación, conociendo las permeabilidades de opacos y ventanas, así como con el porcentaje de superficie acristalada, entrar en la tabla y determinar el valor de la permeabilidad global que corresponda, en unidades de renovaciones por hora.

$$R.A. = \frac{Sup_{exterior}}{Volumen} \rightarrow Tabla\ n50\ (Perm_{opacos}, Perm_{ventanas}, \%Acrystalado) \rightarrow \boxed{n50}$$

En la capacidad adicional específica, por el contrario, uno de los valores que se solicitan al usuario es directamente el de la permeabilidad global n50, dejando la permeabilidad de

opacos como la variable dependiente, por lo que será ésta la variable que permitirá la comparación de cálculo entre ambos modelos.

Con esta peculiaridad, el proceso de comparación será como se indica a continuación: En primer lugar, se simularán los ejemplos utilizados para el análisis con la capacidad adicional, siendo el usuario quien determina la permeabilidad global del edificio y la permeabilidad de ventanas. El programa devuelve como resultado la permeabilidad de opacos para cada espacio, en m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> referenciados a 1Pa. Es importante tener en cuenta que las unidades m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> hacen referencia al volumen y la superficie exterior de opacos de cada zona, por lo que antes de realizar cualquier cálculo hay que convertirlas a unidades con una referencia común.

Por otro lado, el modelo de cálculo de la capacidad adicional específica, agrupa las zonas según su uso, por lo que hay que tener en cuenta las características geométricas del conjunto de zonas con mismo uso y no por separado. El proceso de transformación de unidades es el siguiente:

- En primer lugar, hay que agrupar todos los espacios que compartan uso, de forma que se obtienen 5 espacios globales de uso dormitorio, salón, pasillo, cocina y baño, con las características geométricas resultantes de la suma de todos los espacios de idéntico uso.
- El valor de la permeabilidad de opacos para cada tipo de espacio devuelto por la herramienta de cálculo de la capacidad adicional, viene indicado en unidades de m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> y referenciado a una diferencia de presión de 1Pa. Se procederá a evaluar la permeabilidad en unidades m<sup>3</sup>/h multiplicándola por la superficie de opacos de ese espacio:

$$Perm_{op_{1Pa}}^{(1)} \frac{m_{zona}^3}{h m_{op}^2} * m_{op}^2 \rightarrow Vop_{1Pa}^{(3)} \frac{m_{zona}^3}{h}$$

- (1) Permeabilidad de opacos a 1Pa, en m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, devuelto por la herramienta
- (2) Superficie exterior de opacos de la zona
- (3) Permeabilidad de opacos a 1Pa, en m<sup>3</sup>/h

- Una vez que se conoce la permeabilidad de cada tipo de espacio en m<sup>3</sup>/h, si se suman los valores obtenidos en todos los espacios, se obtiene el valor total de la permeabilidad de opacos en el edificio.

$$Vop_{1Pa}^{EDIFICIO} = Vop_{1Pa}^D + Vop_{1Pa}^S + Vop_{1Pa}^P + Vop_{1Pa}^C + Vop_{1Pa}^B$$

- A continuación se transforma la permeabilidad de opacos referenciados a 1Pa a una diferencia de presión de 4Pa, ya que desde un principio, ésta ha sido la diferencia de presión utilizada en el modelo simplificado. Para transformar las permeabilidades de 1Pa a 4Pa se utiliza la siguiente expresión:

$$Vop_{4Pa}^{EDIFICIO} = Vop_{1Pa}^{EDIFICIO} * \left(\frac{4}{1}\right)^{0.67}$$

- Por último, se vuelve a transformar la permeabilidad de los opacos a unidades de m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> para coincidir con las utilizadas en el modelo básico.

$$V_{op_{4Pa}} \cdot \frac{EDIFICIO \cdot m_{zona}^3}{h} \div m_{op}^2 \text{ (4)} \rightarrow Perm_{op_{4Pa}} \text{ (5)} \frac{m_{zona}^3}{h m_{op}^2}$$

- (4) Superficie exterior de opacos de todo el edificio
- (5) Permeabilidad de opacos a 4Pa, en m3/hm2, de todo el edificio

Una vez conseguido la permeabilidad de los opacos a una diferencia de presión de 4Pa y referenciados a todo el edificio, se han utilizado estos valores para simular cada caso con el modelo simplificado obteniendo los valores de n50 que servirán para la comparación. Comprobado los resultados obtenidos, y se observan dos peculiaridades:

- En primer lugar, en determinadas ocasiones, cuando el valor de la permeabilidad global n50 tiene valores pequeños, la herramienta de cálculo de la capacidad adicional devuelve valores de cero para la permeabilidad de opacos. Esto se explica debido a que solo la permeabilidad de las ventanas ya es superior a la permeabilidad global de la zona, por lo que de manera teórica se deberían conseguir valores negativos para la permeabilidad de opacos, cosa que de hecho carece de sentido, por lo que el criterio seguido ha sido que la herramienta devuelva valores nulos para esta variable.
- Por otro lado, se observa que en todas las zonas de un edificio se obtienen valores de permeabilidad de opacos aproximados pero nunca exactamente iguales. Esto se debe a que la herramienta asigna el mismo valor de n50 a todos los espacios con el mismo uso, sin embargo, estos espacios tienen diferente superficie de ventanas. Al ser la permeabilidad de opaco la única variable dependiente, es la que sufre pequeñas variaciones.

#### 7.1.2 Resultados obtenidos. Viviendas unifamiliares

El procedimiento anterior se ha llevado a cabo con los casos 01, 02, 03, 04, 05, 06 y 07; simulados en la capacidad adicional específica considerando 8 valores diferentes de permeabilidad globales n50 a cada uno de ellos (0.5, 1, 2, 3, 5, 7, 9 y 11), resultando un total de 56 casos diferentes.

Para definir el valor de la permeabilidad global n50 en la capacidad adicional específica, hay que modificar los archivos de definición del caso con extensión \*.CA\_VEN, añadiendo la línea "BLOWER-DOOR-n50 = ...", quedando de la siguiente forma:

```

VENTILATION-GROUP = 1
VENTILATION-SPACE-TYPE = DORMITORIO
VENTILATION-RATE-HS3 = (0.000000, 32.500000)
VENTILATION-MODE-SCHEDULE = "SN_HorarioGrupo"
BLOWER-DOOR-n50 = 7
...
    
```

Para cada una de las 56 simulaciones, se han realizado los cálculos expuestos en el punto anterior, hasta conseguir los valores de la permeabilidad de opacos a una diferencia de presión de 4P. Con este valor, se han vuelto a simular en el modelo básico para conseguir los

valores de permeabilidad global del edificio. Tras realizar todo el proceso se han conseguido los resultados expuestos en la siguiente tabla:

n50 1/h	Caso 01		Caso 02		Caso 03		Caso 04		Caso 05		Caso 06		Caso 07	
	Pop4Pa m3/hm2	n50 1/h												
0.5	0.006	0.9	0.000	0.6	0.000	0.9	0.000	0.9	0.008	0.9	0.039	1.3	0.106	0.9
1	0.058	1.1	0.116	1.0	0.030	1.1	0.051	1.1	0.053	1.1	0.171	1.7	0.315	1.4
2	0.232	2.1	0.400	2.1	0.233	2.0	0.407	2.0	0.302	2.0	0.439	2.7	0.732	2.3
3	0.425	3.1	0.684	3.1	0.451	3.0	0.788	3.0	0.569	2.9	0.707	3.7	1.149	3.2
5	0.811	5.1	1.253	5.1	0.887	5.0	1.551	5.1	1.102	4.8	1.243	5.6	1.983	5.1
7	1.196	7.2	1.822	7.1	1.323	7.0	2.314	7.1	1.635	6.7	1.780	7.6	2.818	7.0
9	1.582	9.2	2.391	9.1	1.760	9.0	3.077	9.1	2.168	8.6	2.316	9.5	3.652	8.8
11	1.968	11.3	2.960	11.2	2.196	11.0	3.840	11.1	2.700	10.5	2.852	11.4	4.486	10.7

Tabla 7. Resultados cálculo permeabilidad global en ambos modelos

La primera de las columnas hace referencia al valor de n50 asignado a cada caso en la capacidad adicional. Las columnas correspondientes a cada simulación, corresponden al valor de la permeabilidad de los opacos a una diferencia de presión de 4Pa, calculada a partir de los resultados devueltos por la capacidad adicional específica. Éste es el valor que se utiliza en el modelo básico para calcular la permeabilidad global del edificio (segunda columna de cada caso) junto con la permeabilidad de ventanas, el porcentaje de acristalado y la relación de aspecto, que son valores conocidos.

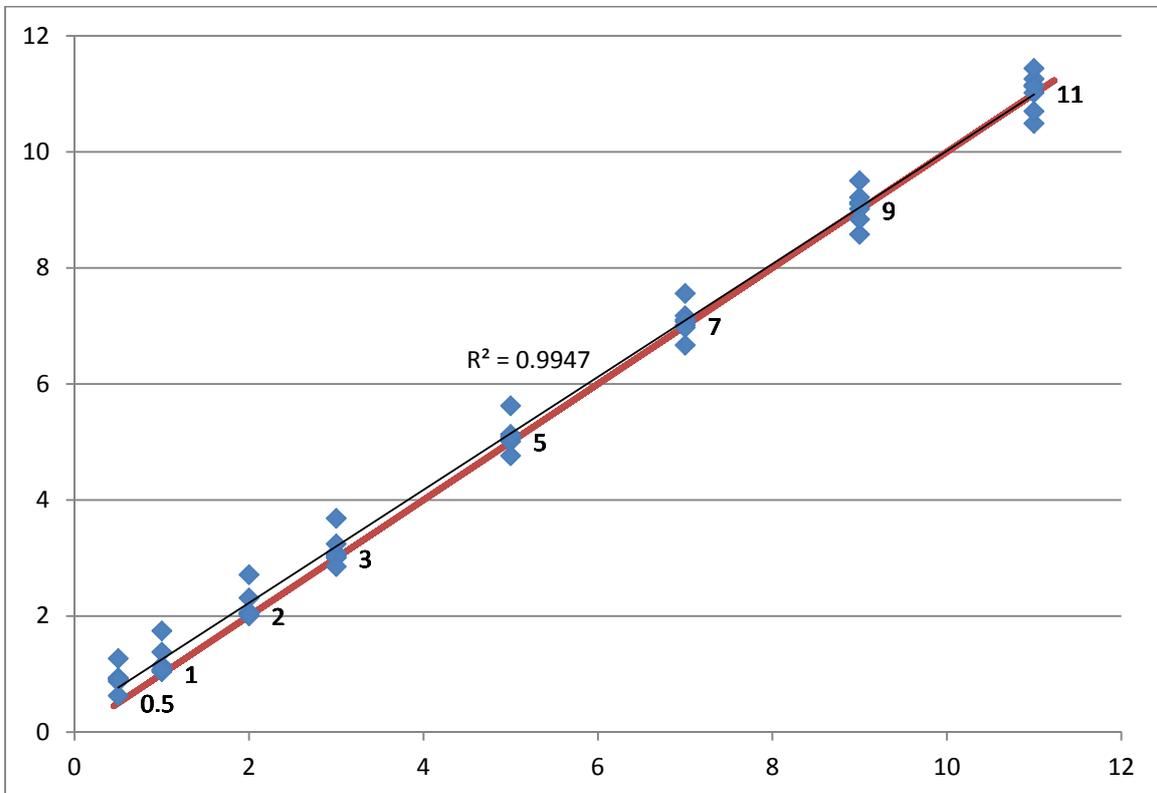


Ilustración 15. Tendencia en el cálculo de la permeabilidad global n50 en ambos modelos

Como se puede apreciar en tabla y gráfica, las mayores desviaciones aparecen en los casos con baja permeabilidad global n50, esto es debido a que el valor de la permeabilidad global se desvirtúa en parte por la permeabilidad de las ventanas, ya que la capacidad adicional asigna a la permeabilidad de opacos valores nulos en el caso de que teóricamente fuesen negativos. Sin embargo, la tendencia en el cálculo de la permeabilidad global entre ambos modelos es muy aproximada.

### 7.1.3 Edificio de bloque de viviendas

El mismo procedimiento desarrollado en el apartado anterior, se ha llevado a cabo en casos que consistían en bloques de vivienda, y al analizar los resultados, en ningún caso se conseguían valores coherentes con el modelo de cálculo descrito para la capacidad adicional específica. Recordemos que esta herramienta determinaba la permeabilidad de los opacos (en renovaciones hora) como la diferencia entre la permeabilidad global del edificio y la permeabilidad de las ventanas.

$$n50_{opacos} = n50 - n50_{ventanas}$$

Conocidas la permeabilidad global n50, y la permeabilidad de las ventanas a 100Pa, junto con las características geométricas de cada espacio (superficie y volumen) se puede determinar el valor de la permeabilidad global de los opacos para ese espacio.

$$n50_{opacos} = n50 - Perm_{ventanas} 100Pa * \left(\frac{50}{100}\right)^{0,67} * \frac{A_{ventanas}}{Volumen}$$

Se va a utilizar el caso 03, vivienda unifamiliar, con una permeabilidad global de 7 ren/h, como ejemplo del cálculo llevado a cabo por la capacidad adicional específica para determinar la permeabilidad de los opacos en cada espacio:

	Vol m3	Stext m2	Sop m2	Sven m2	n50 1/h	n50v 1/h	n50op 1/h	Cop1Pa m3/hm2
Dorm1	25.2	27.0	26.0	1.0	-	-	-	-
Dorm2	25.2	27.0	26.0	1.0	-	-	-	-
Dorm3	21.0	16.5	15.5	1.0	-	-	-	-
Tot.Dorm	71.4	70.5	67.5	3.0	7	0.7130	6.2870	0.4836
Salón	42.0	40.5	37.5	3.0	7	1.2121	5.7879	0.4714
Pasillo	33.6	16.5	14.5	2.0	7	1.0101	5.9899	1.0094
Cocina	21.0	24.0	23.0	1.0	7	0.8081	6.1919	0.4112
Aseo	14.0	12.5	11.5	1.0	7	1.2121	5.7879	0.5124

Tabla 8. Características geométricas y permeabilidades de vivienda. Caso 03

Como se aprecia en la tabla, los espacios con uso dormitorio se agrupan para el cálculo de la permeabilidad de los elementos que conforman la envuelta. La permeabilidad de las ventanas, en renovaciones hora, se determina a partir del valor de la permeabilidad en m3/hm2 a 100Pa que el usuario introdujo al definir el caso, en este caso son ventanas del tipo 2 y su permeabilidad es 27 m3/hm2 a 100Pa. Para calcular la permeabilidad de las ventanas en cualquier espacio se usa la misma expresión, que en el caso del espacio dormitorio quedaría de la siguiente forma:

$$n50_{ventanas} = 27 \left(\frac{50}{100}\right)^{0.67} \frac{A_{ventanas}}{Volumen} \rightarrow 27 \frac{m^3}{hm^2} \left(\frac{50}{100}\right)^{0.67} \frac{3.0 m^2}{71.4 m^3} = 0.7130 \text{ ren}/h$$

La permeabilidad de los opacos a 50 Pa en cada espacio, es la diferencia entre la permeabilidad global y la permeabilidad de las ventanas:

$$n50_{opacos} = n50 - n50_{ventanas} = 7 - 0.7130 = 6.2870 \text{ ren}/h$$

Cuando se ha determinado la permeabilidad de los opacos en renovaciones hora, puede pasarse a unidades de m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> multiplicando por el volumen y dividiendo por la superficie total de opacos de cada zona. Este valor se referenciará a 1 Pa para comparar el resultado calculado con el devuelto por la herramienta:

$$Q1_{opacos} = n50_{opacos} \frac{Volumen}{A_{opacos}} \left(\frac{1}{50}\right)^{0.67} \rightarrow 6.2870 \frac{\text{ren}}{h} \frac{71.4 m^3}{67.5 m^2} \left(\frac{1}{50}\right)^{0.67} = 0.4836 \frac{m^3}{hm^2}$$

En la siguiente tabla aparecen los valores calculados según el procedimiento de cálculo descrito para la capacidad adicional junto con los valores devueltos por la herramienta al simular el caso, se puede observar que los valores son prácticamente idénticos, las posibles variaciones se deben a la inexactitud al definir la geometría de los espacios:

	CALCULADO HERRAMIENTA	
	Cop1Pa m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Cop1Pa m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
TD	0.4836	0.4841
Salón	0.4714	0.4712
Pasillo	1.0094	1.0188
Cocina	0.4112	0.4119
Aseo	0.5124	0.5137

Tabla 9. Permeabilidad de opacos referenciados a 1 Pa calculados en ambos modelos. Caso 03

Este procedimiento se desarrollado de nuevo usando los casos 10, consistente en un bloque de viviendas de 4 plantas con 4 viviendas por planta (16 viviendas en total); en el caso 11, un bloque de 3 plantas con 2 viviendas por planta; y en el caso 12, un bloque con 3 plantas con 2 bloques por planta y un patio interior. Éstos son los valores obtenidos, siendo Qop1Pa el valor de la permeabilidad de opacos calculada según el procedimiento, y Qop1Pa (CA) el valor devuelto por la herramienta al simular cada caso:

Caso 10	Vol m <sup>3</sup>	Stext m <sup>2</sup>	Sop m <sup>2</sup>	Sven m <sup>2</sup>	n50 1/h	n50v 1/h	n50op 1/h	Cop1Pa m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Cop1Pa(CA) m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
TDorm	78.4	33.0	30.0	3.0	7	0.6494	6.3506	1.2070	0.0000
TSalón	60.9	9.0	7.5	1.5	7	0.4180	6.5820	3.8869	1.1718
TPasillo	56.7	12.0	12.0	0.0	7	0.0000	7.0000	2.4054	2.4054
TAseo	16.8	9.0	7.5	1.5	7	1.5152	5.4848	0.8935	0.0000
TCocina	33.6	9.0	7.5	1.5	7	0.7576	6.2424	2.0339	0.0000

Tabla 10. Características geométricas y permeabilidades de vivienda. Caso 10

Caso 11	Vol m3	Stext m2	Sop m2	Sven m2	n50 1/h	n50v 1/h	n50op 1/h	Cop1Pa m3/hm2	Cop1Pa(CA) m3/hm2
TDorm	67.2	18.0	13.5	4.5	7	1.1364	5.8636	2.1227	0.0658
TSalón	44.8	24.0	21.8	2.3	7	0.8523	6.1477	0.9209	0.2826
TPasillo	28.0	18.0	15.8	2.3	7	1.3636	5.6364	0.7287	0.0000
TAseo	42.0	24.0	21.8	2.3	7	0.9091	6.0909	0.8554	0.2170

Tabla 11. Características geométricas y permeabilidades de vivienda. Caso 11

Caso 12	Vol m3	Stext m2	Sop m2	Sven m2	n50 1/h	n50v 1/h	n50op 1/h	Cop1Pa m3/hm2	Cop1Pa(CA) m3/hm2
TDorm	98.0	66.0	64.0	2.0	7	0.3463	6.6537	0.7410	0.6746
TSalón	67.2	30.0	28.0	2.0	7	0.5051	6.4949	1.1336	0.6929
TPasillo	16.8	10.5	9.5	1.0	7	1.0101	5.9899	0.7704	0.1208
TAseo	35.0	30.0	29.0	1.0	7	0.4848	6.5152	0.5719	0.3591

Tabla 12. Características geométricas y permeabilidades de vivienda. Caso 12

Se aprecia como en ninguno de los casos el valor de la permeabilidad de los opacos a 1 Pa, en m3/hm2, determinado según el procedimiento de cálculo, coincide con el valor devuelto de por la herramienta.

Analizando los resultados, he observado como en todos los casos la herramienta de cálculo devolvía valores correctos para la permeabilidad de ventanas e incorrectos para la de opacos. Dado que ambas variables son dependientes, el error debe de producirse en alguno de los pasos intermedios.

$$n50_{ventanas} = 27 \left( \frac{50}{100} \right)^{0.67} \frac{A_{ventanas}}{Volumen} \quad ; \quad n50_{opacos} = n50 - n50_{ventanas}$$

Finalmente el error aparece en la primera de las ecuaciones. Cuando la herramienta de cálculo determina la permeabilidad de las ventanas para cada tipo de espacio, en lugar de multiplicarla por la superficie de ventanas de ese espacio, la multiplica por la superficie de ventanas de esa zona para todo el edificio, aunque pertenezcan a grupos de ventilación diferentes. Una vez que la permeabilidad de ventanas (n50ventanas) se calcula de forma equivocada, la permeabilidad de los opacos obtiene un valor erróneo.

Se utilizará el caso 11 como ejemplo del cálculo llevado a cabo por la herramienta. En primer lugar el cálculo correcto:

$$n50_{ventanas}^{Dorm} = 27 \left( \frac{50}{100} \right)^{0.67} \frac{A_{ventanas}}{Volumen} \rightarrow 27 \left( \frac{50}{100} \right)^{0.67} \frac{4,5 \text{ m}^2}{71,4 \text{ m}^3} = 1.1364 \text{ ren/h}$$

A continuación el cálculo que de hecho realiza la herramienta:

$$n50_{ventanas}^{Dorm} = 27 \left( \frac{50}{100} \right)^{0.67} \frac{A_{ventanas}^{TOTAL}}{Volumen} \rightarrow 27 \left( \frac{50}{100} \right)^{0.67} \frac{4,5 \text{ m}^2 * 6 \text{ viv}}{71.4 \text{ m}^3} = 6.8182 \text{ ren/h}$$

Realizado el mismo cálculo para cada tipo de espacio, estos son los valores calculados con el procedimiento erróneo (Qop1Pa\*), y los valores devueltos por la herramienta (Qop1Pa (CA)):

	Vol m3	Stext m2	Sop m2	Sven m2	n50 1/h	n50v 1/h	n50op 1/h	Cop1Pa* m3/hm2	Cop1Pa (CA) m3/hm2
TDorm	67.2	18.0	13.5	4.5	7	6.8182	0.1818	0.0658	0.0658
TSalón	44.8	24.0	21.8	2.3	7	5.1136	1.8864	0.2826	0.2826
TPasillo	28.0	18.0	15.8	2.3	7	8.1818	-1.1818 → 0	-0.1528 → 0	0.0000
Taseo	42.0	24.0	21.8	2.3	7	5.4545	1.5455	0.2170	0.2170

Tabla 13. Características geométricas y permeabilidades de vivienda. Valores devueltos por herramienta de cálculo de la capacidad adicional. Caso 11

Este error se ha comprobado que sucede en todos los casos correspondientes a edificios de bloque de viviendas, donde siempre existen grupos de ventilación diferentes. Una vez que se aprecia el error en el cálculo de la permeabilidad de opacos, carece de sentido utilizar estos casos en análisis posteriores, puesto que el valor de las infiltraciones y por extensión, la tasa equivalente de ventilación e infiltración no se ajustarán a la realidad.

## 7.2 Cálculo de la tasa equivalente de ventilación e infiltración (ACH)

Para realizar el estudio comparativo entre los métodos de cálculo de la tasa equivalente de ventilación e infiltración obtenida en cada uno de los modelos, se utilizarán las gráficas Tasa de ventilación - Tasa equivalente para una presión debida a una velocidad de viento de 4 m/s. Recordemos que la tasa equivalente de ventilación e infiltración, no es más que la media del caudal de aire total del sistema a presiones debidas a viento de 0 m/s y 4 m/s. Una vez conseguido los caudales, en m3/h, basta con dividirlos entre el volumen total del edificio para transformarlo en unidades de renovaciones por hora.

$$\frac{q_{sys}^{0m/s} \left( \text{m}^3/h \right) + q_{sys}^{4m/s} \left( \text{m}^3/h \right)}{2} \rightarrow \overline{q_{sys}} = \frac{q_{sys}^{0m/s} + q_{sys}^{4m/s}}{2} \left( \text{m}^3/h \right) \rightarrow \overline{ACH}_{sys} = \frac{\overline{q_{sys}}}{Volumen} \left( \text{ren/h} \right)$$

### 7.2.1 Proceso de cálculo

En el modelo básico, el procedimiento para conseguir el caudal de aire para una velocidad de viento de 4 m/s fue descrito en apartados anteriores, basándose en el método de bucle de presiones, de forma que el caudal total del sistema es función del caudal de extracción y del flujo de aire que pasa a través de opacos, ventanas y rejillas en las fachadas a barlovento (1) y sotavento (2).

$$q_{sys}(4 \text{ m/s}) = \frac{|q_{op1}| + |q_{ven1}| + |q_{rej1}| + |q_{op2}| + |q_{ven2}| + |q_{rej2}| + q_{ext}}{2}$$

Conocidos el caudal de ventilación según HS3 y el caudal total del sistema con viento a 4 m/s y convertidos en unidades de renovaciones hora, se obtiene una gráfica como la que se indica a continuación:

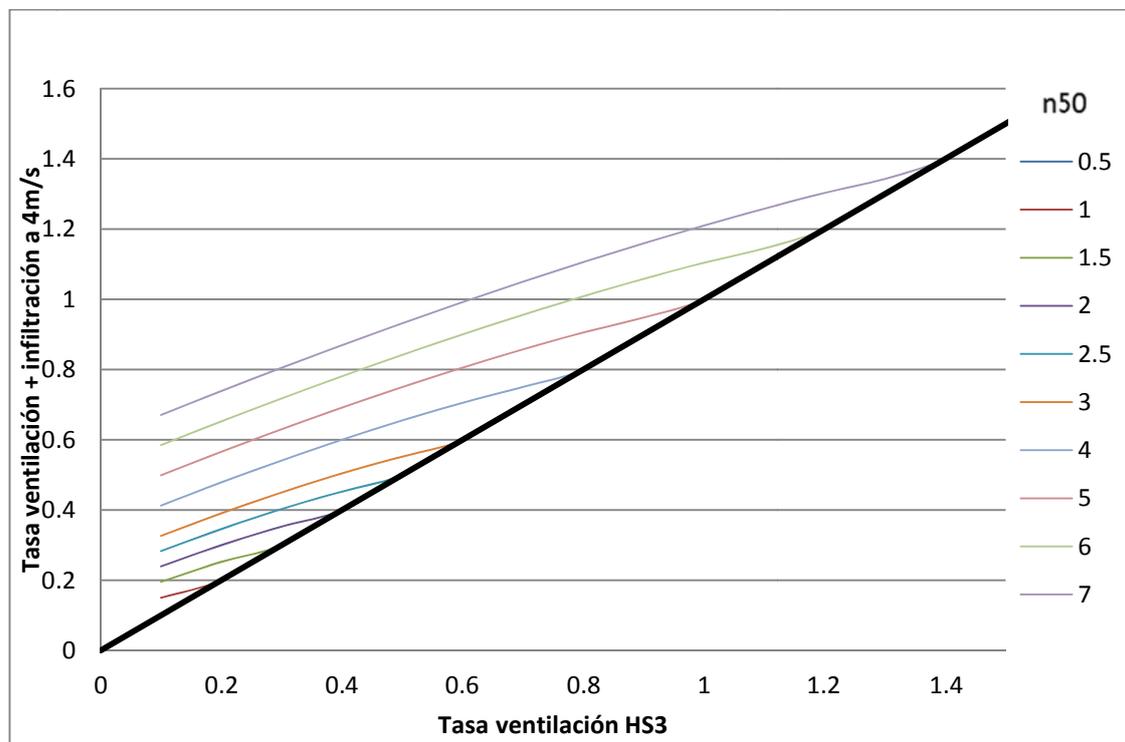


Ilustración 16. Tasa equivalente de ventilación e infiltración a 4m/s según modelo básico

En el eje de abscisas de la gráfica aparece la tasa de ventilación y en el de ordenadas la tasa equivalente incluyendo infiltraciones para un viento a 4 m/s. El conjunto de líneas paralelas hacen referencia a las diferentes permeabilidades globales de edificio. Se puede observar, que para una baja tasa de ventilación y a medida que empeora la permeabilidad global del edificio, el peso de las infiltraciones aumenta considerablemente. Por el contrario, en el caso de encontrarse en la diagonal, indica que la tasa de ventilación y la tasa equivalente son iguales, por lo que no existen infiltraciones.

Sin embargo, la capacidad adicional específica no devuelve directamente el caudal del sistema para viento de 4 m/s. En los datos obtenidos al simular un caso con esta herramienta, se obtienen los caudales medios debidos a una velocidad de viento de 0 m/s y 4 m/s, a través de opacos, ventanas y rejillas para cada uno de los espacio, con la peculiaridad de que estos caudales son solo de entrada. Para trabajar con estos datos, hay que desarrollar en primer lugar el balance de aire del sistema, determinando los caudales de entrada y salida, y por extensión, el caudal total del sistema. Seguidamente se calculará el caudal del sistema a 4 m/s, que es la variable que se introduce en la gráfica anterior y que servirá de variable de comparación entre ambos modelos.

Dado que la herramienta solo devuelve los caudales de entrada de aire en cada espacio, al sumar el valor de todos estos caudales se obtiene el caudal total de aire de entrada al edificio, que es a su vez el caudal total del sistema, pudiendo tener un valor igual o superior al caudal de extracción, pero nunca inferior.

$$q_{IN} = \sum_{k=1}^n (q_{IN_k}^{op} + q_{IN_k}^{ven} + q_{IN_k}^{rej}) = \overline{q_{sys}}$$

Este caudal, sin embargo, es el caudal medio debido a una velocidad de viento de 0 m/s y 4 m/s. Cuando el viento es nulo, el caudal de entrada al edificio es el mismo que el caudal de extracción, y como éste es un caudal conocido por el usuario, se puede determinar de forma directa el caudal de entrada al sistema debido a una velocidad de viento de 4 m/s, del siguiente modo:

$$\overline{q_{sys}} = \frac{q_{sys}(4 \text{ m/s}) + q_{ext}}{2} \rightarrow q_{sys}(4 \text{ m/s}) = 2 \overline{q_{sys}} - q_{ext}$$

Una vez determinado el caudal de entrada al edificio a 4 m/s, pueden suceder dos opciones:

- Que el caudal de entrada sea el mismo que el caudal de extracción, de forma que todo el aire que se extrae del edificio entra a través del flujo de aire de opacos, ventanas y rejillas. En este caso no existen infiltraciones.

$$q_{IN} = q_{ext} \rightarrow q_{INF} = 0$$

- Que el caudal de entrada sea superior al caudal de extracción. En este caso, solo parte del flujo de aire que se introduce en el edificio, por opacos, ventanas y rejillas, sale del interior del edificio por la extracción, el resto sale por los opacos, ventanas y rejillas de la fachada a sotavento. En este caso, el valor de las infiltraciones es el del flujo de aire que se introduce al edificio y no sale por el sistema de extracción.

$$q_{IN} > q_{ext} \rightarrow q_{INF} = q_{IN} - q_{extr}$$

Una vez que se consigue determinar el valor del caudal del sistema para viento de 4 m/s, y conocido el caudal de extracción, se puede conseguir la misma gráfica de Tasa de ventilación – Tasa equivalente que en el modelo simplificado:

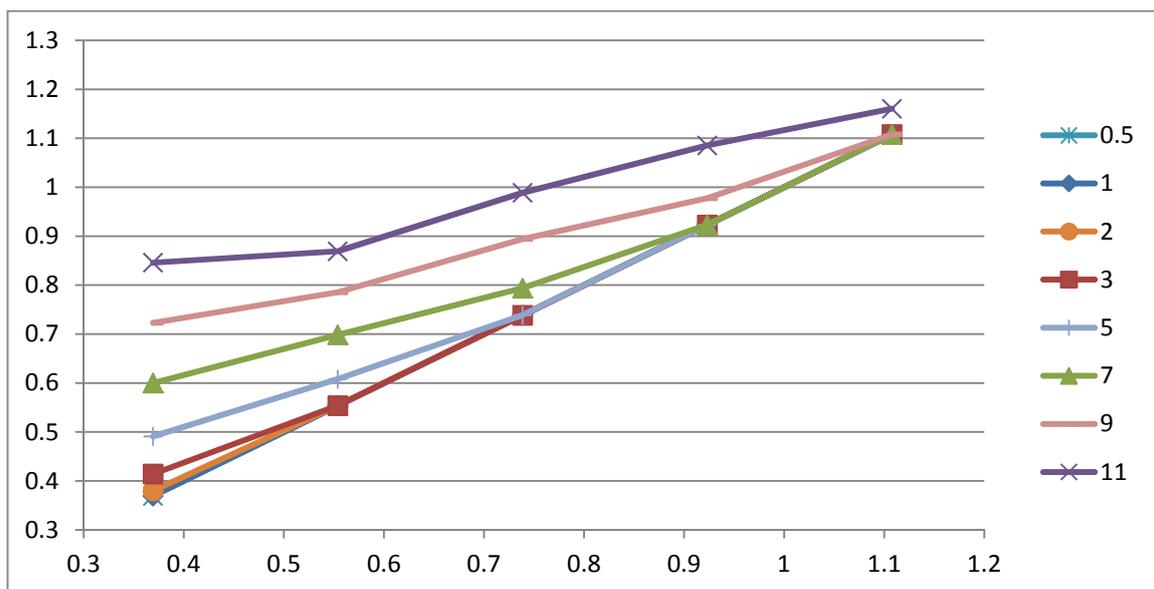


Ilustración 17. Tasa equivalente de ventilación e infiltración a 4m/s según capacidad adicional específica

Se aprecia como los valores conseguidos siguen una distribución muy aproximada a los obtenidos en el modelo simplificado.

Por último, he considerado oportuno destacar que la capacidad adicional específica asigna automáticamente un caudal de ventilación a cada vivienda en función de su distribución y ocupación, de tal forma que para cada vivienda se consigue una única tasa de ventilación y por consiguiente una sola tasa equivalente, lo que haría imposible la consecución de las gráficas que se buscan. Para solucionar este inconveniente, ha sido necesario modificar algunas líneas de los archivos de definición de la capacidad adicional con extensión \*.CA\_VEN, de tal forma que se altera la asignación de los caudales de ventilación de cada espacio dándole los valores que se deseen.

### 7.2.2 Resultados obtenidos

Para esta comparación he partido de los 56 casos anteriores, que recuerdo que consistían en 7 viviendas con 8 permeabilidades globales diferentes, y a cada caso se le han asignado cinco valores diferentes de caudales de ventilación.

Con los diferentes valores de caudales de ventilación se obtienen los múltiples valores para el eje de abscisas, mientras que con las diferentes permeabilidades se obtienen cada una de las líneas paralelas. Como consecuencia se han conseguido 280 casos que han sido simulados tanto en el modelo simplificado como en la capacidad adicional. Finalmente con los valores obtenidos, y después de realizar los cálculos planteados en el apartado anterior se han conseguido los siguientes resultados:

Caso 01			SIMPLIFICADO		CAPACIDAD ADICIONAL		Dif.
n50	qext	ACHv	qsys (4m/s)	ACHsys	qsys (4m/s)	ACHsys	
1/h	l/s	1/h	m3/h	1/h	m3/h	1/h	
0.5	20	0.4137931	72	0.4138	72	0.4138	0%
0.5	30	0.6206897	108	0.6207	108	0.6206	0%
0.5	40	0.8275862	144	0.8276	144	0.8276	0%
0.5	50	1.0344828	180	1.0345	180	1.0345	0%
0.5	60	1.2413793	216	1.2414	216	1.2413	0%
1	20	0.4137931	72	0.4138	72	0.4139	0%
1	30	0.6206897	108	0.6207	108	0.6206	0%
1	40	0.8275862	144	0.8276	144	0.8275	0%
1	50	1.0344828	180	1.0345	180	1.0345	0%
1	60	1.2413793	216	1.2414	216	1.2414	0%
2	20	0.4137931	72	0.4138	72	0.4138	0%
2	30	0.6206897	108	0.6207	108	0.6206	0%
2	40	0.8275862	144	0.8276	144	0.8275	0%
2	50	1.0344828	180	1.0345	180	1.0344	0%
2	60	1.2413793	216	1.2414	216	1.2414	0%
3	20	0.4137931	89	0.5113	77	0.4439	13%
3	30	0.6206897	108	0.6207	108	0.6208	0%
3	40	0.8275862	144	0.8276	144	0.8276	0%
3	50	1.0344828	180	1.0345	180	1.0344	0%

COMPARATIVA ENTRE EL MODELO SIMPLIFICADO Y LA CAPACIDAD ADICIONAL ESPECÍFICA DE VENTILACIÓN

3	60	1.2413793	216	1.2414	216	1.2414	0%
5	20	0.4137931	122	0.7000	91	0.5209	26%
5	30	0.6206897	142	0.8167	115	0.6605	19%
5	40	0.8275862	160	0.9178	144	0.8276	10%
5	50	1.0344828	180	1.0339	180	1.0345	0%
5	60	1.2413793	216	1.2408	216	1.2414	0%
7	20	0.4137931	153	0.8782	114	0.6568	25%
7	30	0.6206897	175	1.0040	131	0.7537	25%
7	40	0.8275862	195	1.1207	152	0.8754	22%
7	50	1.0344828	214	1.2270	180	1.0345	16%
7	60	1.2413793	230	1.3195	216	1.2413	6%
9	20	0.4137931	183	1.0534	139	0.7992	24%
9	30	0.6206897	206	1.1845	145	0.8327	30%
9	40	0.8275862	228	1.3080	170	0.9781	25%
9	50	1.0344828	248	1.4247	190	1.0903	23%
9	60	1.2413793	267	1.5339	216	1.2414	19%
11	20	0.4137931	214	1.2276	164	0.9414	23%
11	30	0.6206897	237	1.3609	170	0.9775	28%
11	40	0.8275862	259	1.4897	186	1.0686	28%
11	50	1.0344828	281	1.6121	209	1.1995	26%
11	60	1.2413793	301	1.7293	227	1.3051	25%

**Tabla 14. Tasa equivalente de ventilación e infiltración a 4m/s según capacidad adicional específica. Caso 01**

Las tres primeras columnas hacen referencia a la permeabilidad global, el caudal de extracción (l/s) y la tasa de ventilación (1/h) asignados a cada caso. Las siguientes cuatro columnas son los valores obtenidos para el caudal del sistema (m<sup>3</sup>/h) y la tasa equivalente (1/h) producida por viento a 4 m/s para el modelo simplificado y la capacidad adicional respectivamente, y la última columna hace referencia a la diferencia porcentual entre los valores obtenidos en cada uno de los modelos. Es importante señalar, que en el modelo básico siempre se han obtenido valores superiores a los obtenidos con la capacidad adicional. La representación gráfica de estos valores se indica a continuación:

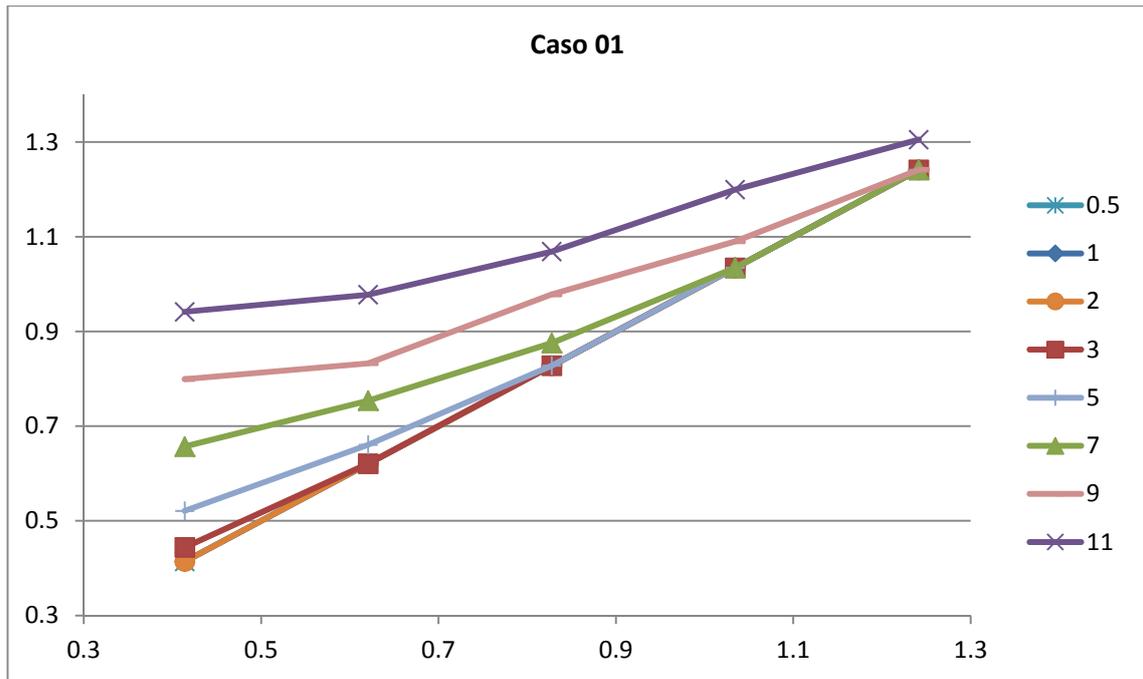


Ilustración 18. Tasa equivalente de ventilación e infiltración a 4m/s según capacidad adicional específica. Caso 01

COMPARATIVA ENTRE EL MODELO SIMPLIFICADO Y LA CAPACIDAD ADICIONAL ESPECÍFICA DE VENTILACIÓN

Caso 02			SIMPLIFICADO		CAPACIDAD ADICIONAL		Dif.
n50	qext	ACHv	qsys (4m/s)	ACHsys	qsys (4m/s)	ACHsys	
1/h	l/s	1/h	m3/h	1/h	m3/h	1/h	
0.5	20	0.413793	72	0.4138	72	0.4138	0%
0.5	30	0.62069	108	0.6207	108	0.6206	0%
0.5	40	0.827586	144	0.8276	144	0.8275	0%
0.5	50	1.034483	180	1.0345	180	1.0345	0%
0.5	60	1.241379	216	1.2414	216	1.2414	0%
1	20	0.413793	72	0.4138	72	0.4138	0%
1	30	0.62069	108	0.6207	108	0.6207	0%
1	40	0.827586	144	0.8276	144	0.8275	0%
1	50	1.034483	180	1.0345	180	1.0345	0%
1	60	1.241379	216	1.2414	216	1.2414	0%
2	20	0.413793	72	0.4138	72	0.4138	0%
2	30	0.62069	108	0.6207	108	0.6207	0%
2	40	0.827586	144	0.8276	144	0.8275	0%
2	50	1.034483	180	1.0345	180	1.0345	0%
2	60	1.241379	216	1.2414	216	1.2413	0%
3	20	0.413793	89	0.5113	72	0.4139	19%
3	30	0.62069	108	0.6207	108	0.6207	0%
3	40	0.827586	144	0.8276	144	0.8276	0%
3	50	1.034483	180	1.0345	180	1.0345	0%
3	60	1.241379	216	1.2414	216	1.2414	0%
5	20	0.413793	122	0.7000	84	0.4816	31%
5	30	0.62069	142	0.8167	108	0.6207	24%
5	40	0.827586	160	0.9178	144	0.8276	10%
5	50	1.034483	180	1.0339	180	1.0345	0%
5	60	1.241379	216	1.2408	216	1.2414	0%
7	20	0.413793	153	0.8782	101	0.5793	34%
7	30	0.62069	175	1.0040	113	0.6480	35%
7	40	0.827586	195	1.1207	144	0.8276	26%
7	50	1.034483	214	1.2270	180	1.0344	16%
7	60	1.241379	230	1.3195	216	1.2413	6%
9	20	0.413793	183	1.0534	118	0.6759	36%
9	30	0.62069	206	1.1845	132	0.7572	36%
9	40	0.827586	228	1.3080	144	0.8275	37%
9	50	1.034483	248	1.4247	180	1.0345	27%
9	60	1.241379	267	1.5339	216	1.2414	19%
11	20	0.413793	214	1.2276	134	0.7717	37%
11	30	0.62069	237	1.3609	150	0.8603	37%
11	40	0.827586	259	1.4897	161	0.9260	38%
11	50	1.034483	281	1.6121	180	1.0345	36%

11	60	1.241379	301	1.7293	216	1.2413	28%
----	----	----------	-----	--------	-----	--------	-----

Tabla 15. Tasa equivalente de ventilación e infiltración a 4m/s según capacidad adicional específica. Caso 02

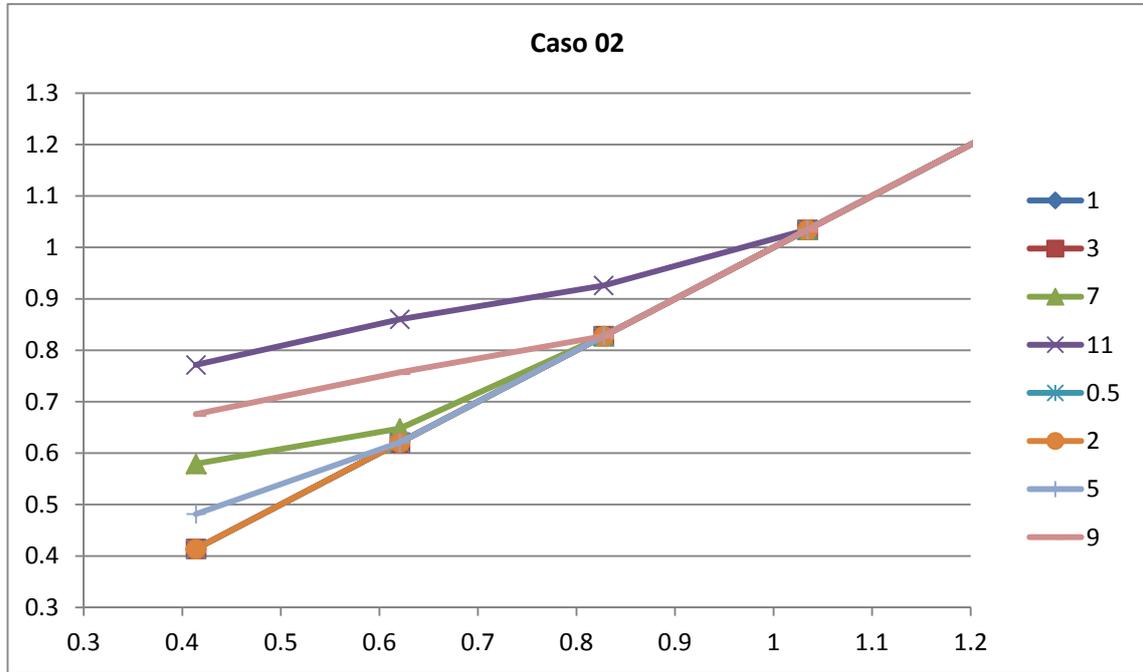


Ilustración 19. Tasa equivalente de ventilación e infiltración a 4m/s según capacidad adicional específica. Caso 02

COMPARATIVA ENTRE EL MODELO SIMPLIFICADO Y LA CAPACIDAD ADICIONAL ESPECÍFICA DE VENTILACIÓN

Caso 03			SIMPLIFICADO		CAPACIDAD ADICIONAL		Dif.
n50	qext	ACHv	qsys (4m/s)	ACHsys	qsys (4m/s)	ACHsys	
1/h	l/s	1/h	m3/h	1/h	m3/h	1/h	
0.5	20	0.369231	72	0.3692	72	0.3692	0%
0.5	30	0.553846	108	0.5538	108	0.5537	0%
0.5	40	0.738462	144	0.7385	144	0.7385	0%
0.5	50	0.923077	180	0.9231	180	0.9231	0%
0.5	60	1.107692	216	1.1082	216	1.1076	0%
1	20	0.369231	72	0.3692	72	0.3693	0%
1	30	0.553846	108	0.5538	108	0.5537	0%
1	40	0.738462	144	0.7385	144	0.7383	0%
1	50	0.923077	180	0.9231	180	0.9232	0%
1	60	1.107692	216	1.1082	216	1.1076	0%
2	20	0.369231	75	0.3828	74	0.3798	1%
2	30	0.553846	108	0.5538	108	0.5540	0%
2	40	0.738462	144	0.7385	144	0.7385	0%
2	50	0.923077	180	0.9231	180	0.9231	0%
2	60	1.107692	216	1.1082	216	1.1077	0%
3	20	0.369231	95	0.4882	81	0.4142	15%
3	30	0.553846	112	0.5744	108	0.5539	4%
3	40	0.738462	144	0.7385	144	0.7383	0%
3	50	0.923077	180	0.9231	180	0.9230	0%
3	60	1.107692	216	1.1082	216	1.1078	0%
5	20	0.369231	131	0.6728	96	0.4908	27%
5	30	0.553846	152	0.7805	119	0.6079	22%
5	40	0.738462	171	0.8764	144	0.7385	16%
5	50	0.923077	187	0.9569	180	0.9230	4%
5	60	1.107692	216	1.1077	216	1.1076	0%
7	20	0.369231	166	0.8497	117	0.6000	29%
7	30	0.553846	188	0.9641	136	0.6985	28%
7	40	0.738462	209	1.0718	155	0.7939	26%
7	50	0.923077	228	1.1713	180	0.9229	21%
7	60	1.107692	246	1.2621	216	1.1078	12%
9	20	0.369231	200	1.0241	141	0.7229	29%
9	30	0.553846	223	1.1426	153	0.7854	31%
9	40	0.738462	245	1.2559	174	0.8942	29%
9	50	0.923077	266	1.3631	191	0.9774	28%
9	60	1.107692	286	1.4646	216	1.1077	24%
11	20	0.369231	234	1.1979	165	0.8459	29%
11	30	0.553846	257	1.3185	169	0.8692	34%
11	40	0.738462	280	1.4349	193	0.9887	31%
11	50	0.923077	302	1.5472	212	1.0854	30%

11	60	1.107692	323	1.6549	226	1.1603	30%
----	----	----------	-----	--------	-----	--------	-----

Tabla 16. Tasa equivalente de ventilación e infiltración a 4m/s según capacidad adicional específica. Caso 03

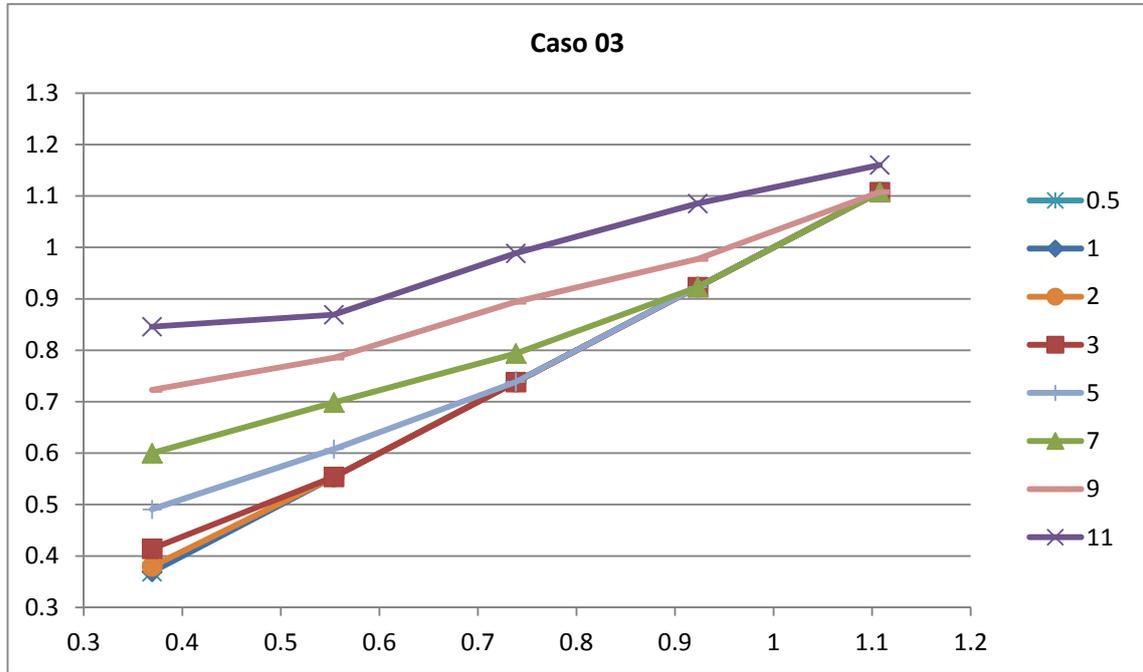


Ilustración 20. Tasa equivalente de ventilación e infiltración a 4m/s según capacidad adicional específica. Caso 03

COMPARATIVA ENTRE EL MODELO SIMPLIFICADO Y LA CAPACIDAD ADICIONAL ESPECÍFICA DE VENTILACIÓN

Caso 04			SIMPLIFICADO		CAPACIDAD ADICIONAL		Dif.
n50	qext	ACHv	qsys (4m/s)	ACHsys	qsys (4m/s)	ACHsys	
1/h	l/s	1/h	m3/h	1/h	m3/h	1/h	
0.5	20	0.369231	72	0.3692	72	0.3692	0%
0.5	30	0.553846	108	0.5538	108	0.5537	0%
0.5	40	0.738462	144	0.7385	144	0.7385	0%
0.5	50	0.923077	180	0.9231	180	0.9231	0%
0.5	60	1.107692	216	1.1082	216	1.1076	0%
1	20	0.369231	72	0.3692	72	0.3693	0%
1	30	0.553846	108	0.5538	108	0.5538	0%
1	40	0.738462	144	0.7385	144	0.7386	0%
1	50	0.923077	180	0.9231	180	0.9230	0%
1	60	1.107692	216	1.1082	216	1.1079	0%
2	20	0.369231	75	0.3828	72	0.3693	4%
2	30	0.553846	108	0.5538	108	0.5538	0%
2	40	0.738462	144	0.7385	144	0.7385	0%
2	50	0.923077	180	0.9231	180	0.9230	0%
2	60	1.107692	216	1.1082	216	1.1078	0%
3	20	0.369231	95	0.4882	88	0.4497	8%
3	30	0.553846	112	0.5744	108	0.5539	4%
3	40	0.738462	144	0.7385	144	0.7385	0%
3	50	0.923077	180	0.9231	180	0.9231	0%
3	60	1.107692	216	1.1082	216	1.1077	0%
5	20	0.369231	131	0.6728	121	0.6184	8%
5	30	0.553846	152	0.7805	133	0.6810	13%
5	40	0.738462	171	0.8764	144	0.7385	16%
5	50	0.923077	187	0.9569	180	0.9230	4%
5	60	1.107692	216	1.1082	216	1.1078	0%
7	20	0.369231	166	0.8497	152	0.7804	8%
7	30	0.553846	188	0.9641	166	0.8529	12%
7	40	0.738462	209	1.0718	178	0.9147	15%
7	50	0.923077	228	1.1713	187	0.9587	18%
7	60	1.107692	246	1.2621	216	1.1077	12%
9	20	0.369231	200	1.0241	183	0.9408	8%
9	30	0.553846	223	1.1426	199	1.0182	11%
9	40	0.738462	245	1.2559	212	1.0885	13%
9	50	0.923077	266	1.3631	224	1.1499	16%
9	60	1.107692	286	1.4646	234	1.1979	18%
11	20	0.369231	234	1.1979	215	1.1010	8%
11	30	0.553846	257	1.3185	230	1.1811	10%
11	40	0.738462	280	1.4349	245	1.2557	12%
11	50	0.923077	302	1.5472	258	1.3244	14%

11	60	1.107692	323	1.6549	270	1.3854	16%
----	----	----------	-----	--------	-----	--------	-----

Tabla 17. Tasa equivalente de ventilación e infiltración a 4m/s según capacidad adicional específica. Caso 04

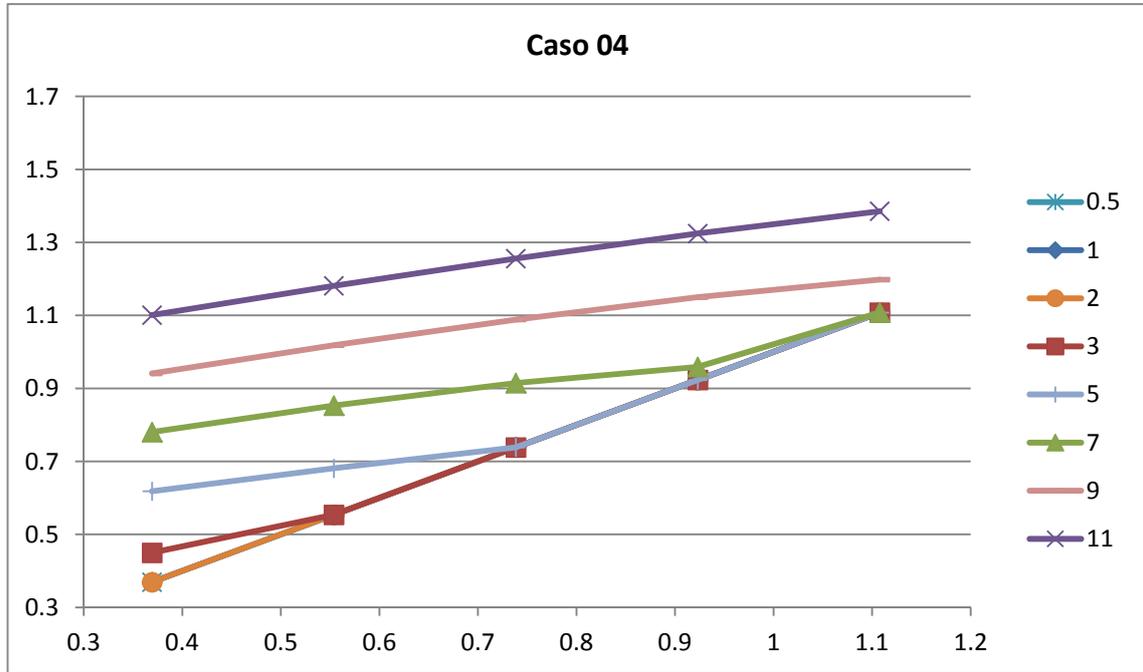


Ilustración 21. Tasa equivalente de ventilación e infiltración a 4m/s según capacidad adicional específica. Caso 04

COMPARATIVA ENTRE EL MODELO SIMPLIFICADO Y LA CAPACIDAD ADICIONAL ESPECÍFICA DE VENTILACIÓN

Caso 05			SIMPLIFICADO		CAPACIDAD ADICIONAL		Dif.
n50	qext	ACHv	qsys (4m/s)	ACHsys	qsys (4m/s)	ACHsys	
1/h	l/s	1/h	m3/h	1/h	m3/h	1/h	
0.5	50	0.360577	180	0.3604	177	0.3606	2%
0.5	75	0.540865	270	0.5407	263	0.5409	2%
0.5	100	0.721154	360	0.7210	350	0.7212	3%
0.5	125	0.901442	450	0.9010	436	0.9014	3%
0.5	150	1.081731	540	1.0813	523	1.0817	3%
1	50	0.360577	180	0.3604	174	0.3606	3%
1	75	0.540865	270	0.5407	258	0.5409	5%
1	100	0.721154	360	0.7210	342	0.7212	5%
1	125	0.901442	450	0.9010	425	0.9014	5%
1	150	1.081731	540	1.0813	509	1.0817	6%
2	50	0.360577	189	0.3794	180	0.3606	5%
2	75	0.540865	270	0.5407	255	0.5409	6%
2	100	0.721154	360	0.7210	337	0.7212	6%
2	125	0.901442	450	0.9010	418	0.9014	7%
2	150	1.081731	540	1.0813	500	1.0817	7%
3	50	0.360577	241	0.4834	197	0.3938	19%
3	75	0.540865	284	0.5689	255	0.5409	10%
3	100	0.721154	360	0.7210	336	0.7212	7%
3	125	0.901442	450	0.9010	417	0.9014	7%
3	150	1.081731	540	1.0813	498	1.0817	8%
5	50	0.360577	333	0.6673	236	0.4728	29%
5	75	0.540865	386	0.7728	278	0.5574	28%
5	100	0.721154	433	0.8676	338	0.7212	22%
5	125	0.901442	473	0.9483	418	0.9014	12%
5	150	1.081731	540	1.0813	498	1.0817	8%
7	50	0.360577	421	0.8440	277	0.5554	34%
7	75	0.540865	477	0.9561	324	0.6497	32%
7	100	0.721154	530	1.0617	355	0.7212	33%
7	125	0.901442	579	1.1597	422	0.9014	27%
7	150	1.081731	624	1.2492	501	1.0817	20%
9	50	0.360577	508	1.0182	324	0.6492	36%
9	75	0.540865	566	1.1340	370	0.7410	35%
9	100	0.721154	621	1.2448	407	0.8147	35%
9	125	0.901442	674	1.3504	429	0.9014	36%
9	150	1.081731	724	1.4501	505	1.0817	30%
11	50	0.360577	595	1.1915	380	0.7603	36%
11	75	0.540865	654	1.3097	415	0.8316	37%
11	100	0.721154	711	1.4237	456	0.9126	36%
11	125	0.901442	766	1.5335	487	0.9749	36%



COMPARATIVA ENTRE EL MODELO SIMPLIFICADO Y LA CAPACIDAD ADICIONAL ESPECÍFICA DE VENTILACIÓN

Caso 06			SIMPLIFICADO		CAPACIDAD ADICIONAL		Dif.
n50 1/h	qext l/s	ACHv 1/h	qsys (4m/s) m3/h	ACHsys 1/h	qsys (4m/s) m3/h	ACHsys 1/h	
0.5	50	0.3987	180	0.3991	180	0.3986	0%
0.5	75	0.5980	270	0.5987	270	0.5980	0%
0.5	100	0.7973	360	0.7982	360	0.7973	0%
0.5	125	0.9967	451	0.9978	450	0.9967	0%
0.5	150	1.1960	541	1.1973	540	1.1960	0%
1	50	0.3987	180	0.3991	181	0.4015	-1%
1	75	0.5980	270	0.5987	270	0.5980	0%
1	100	0.7973	360	0.7982	360	0.7974	0%
1	125	0.9967	451	0.9978	450	0.9967	0%
1	150	1.1960	541	1.1973	540	1.1960	0%
2	50	0.3987	180	0.3991	189	0.4187	-5%
2	75	0.5980	270	0.5987	270	0.5981	0%
2	100	0.7973	360	0.7982	360	0.7974	0%
2	125	0.9967	451	0.9978	450	0.9966	0%
2	150	1.1960	541	1.1973	540	1.1960	0%
3	50	0.3987	228	0.5041	211	0.4672	7%
3	75	0.5980	270	0.5987	277	0.6125	-2%
3	100	0.7973	360	0.7982	360	0.7974	0%
3	125	0.9967	451	0.9978	450	0.9967	0%
3	150	1.1960	541	1.1973	540	1.1960	0%
5	50	0.3987	312	0.6915	281	0.6233	10%
5	75	0.5980	364	0.8053	298	0.6592	18%
5	100	0.7973	409	0.9052	375	0.8297	8%
5	125	0.9967	451	0.9978	450	0.9967	0%
5	150	1.1960	541	1.1973	540	1.1960	0%
7	50	0.3987	393	0.8695	351	0.7768	11%
7	75	0.5980	448	0.9918	373	0.8272	17%
7	100	0.7973	499	1.1056	399	0.8827	20%
7	125	0.9967	546	1.2100	474	1.0492	13%
7	150	1.1960	588	1.3025	540	1.1960	8%
9	50	0.3987	472	1.0447	420	0.9303	11%
9	75	0.5980	529	1.1714	445	0.9859	16%
9	100	0.7973	583	1.2921	466	1.0313	20%
9	125	0.9967	635	1.4060	499	1.1052	21%
9	150	1.1960	683	1.5125	573	1.2698	16%
11	50	0.3987	550	1.2186	489	1.0841	11%
11	75	0.5980	609	1.3482	516	1.1429	15%
11	100	0.7973	665	1.4729	539	1.1943	19%
11	125	0.9967	719	1.5922	558	1.2355	22%

11	150	1.1960	770	1.7061	599	1.3275	22%
----	-----	--------	-----	--------	-----	--------	-----

Tabla 19. Tasa equivalente de ventilación e infiltración a 4m/s según capacidad adicional específica. Caso 06

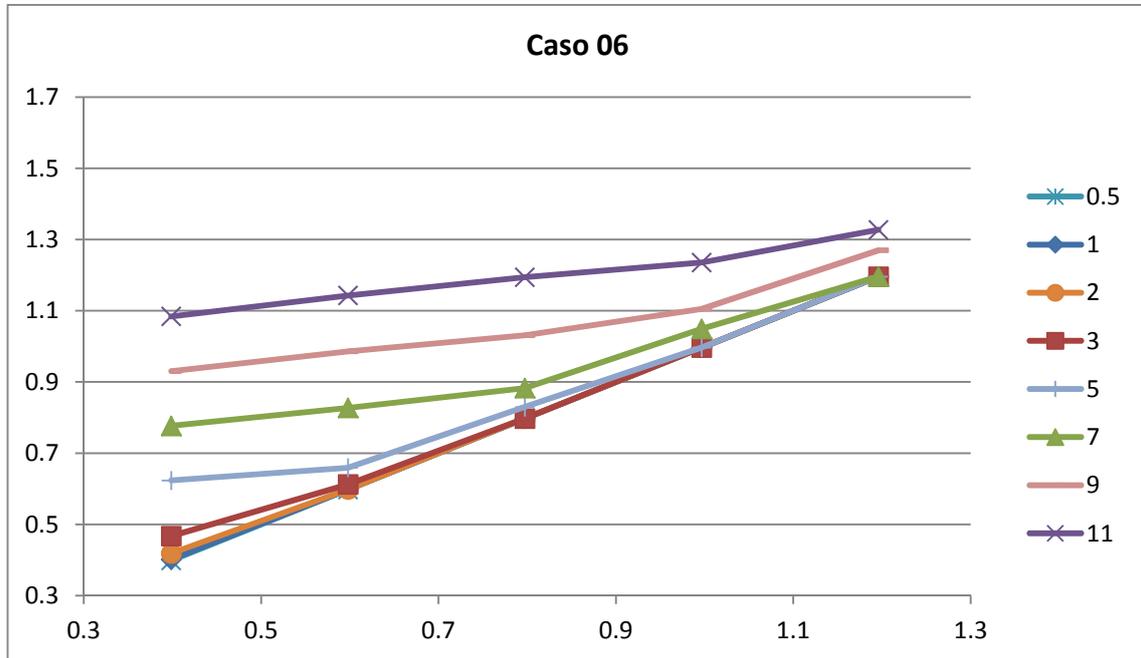


Ilustración 23. Tasa equivalente de ventilación e infiltración a 4m/s según capacidad adicional específica. Caso 06

COMPARATIVA ENTRE EL MODELO SIMPLIFICADO Y LA CAPACIDAD ADICIONAL ESPECÍFICA DE VENTILACIÓN

Caso 07			SIMPLIFICADO		CAPACIDAD ADICIONAL		Dif.
n50 1/h	qext l/s	ACHv 1/h	qsys (4m/s) m3/h	ACHsys 1/h	qsys (4m/s) m3/h	ACHsys 1/h	
0.5	50	0.3987	180	0.3991	180	0.3987	0%
0.5	75	0.5980	270	0.5987	270	0.5980	0%
0.5	100	0.7973	360	0.7982	360	0.7973	0%
0.5	125	0.9967	451	0.9978	450	0.9967	0%
0.5	150	1.1960	541	1.1973	540	1.1960	0%
1	50	0.3987	180	0.3991	180	0.3987	0%
1	75	0.5980	270	0.5987	270	0.5980	0%
1	100	0.7973	360	0.7982	360	0.7973	0%
1	125	0.9967	451	0.9978	450	0.9967	0%
1	150	1.1960	541	1.1973	540	1.1960	0%
2	50	0.3987	180	0.3991	181	0.4018	-1%
2	75	0.5980	270	0.5987	270	0.5980	0%
2	100	0.7973	360	0.7982	360	0.7974	0%
2	125	0.9967	451	0.9978	450	0.9967	0%
2	150	1.1960	541	1.1973	540	1.1960	0%
3	50	0.3987	228	0.5041	198	0.4391	13%
3	75	0.5980	270	0.5987	270	0.5980	0%
3	100	0.7973	360	0.7982	360	0.7973	0%
3	125	0.9967	451	0.9978	450	0.9967	0%
3	150	1.1960	541	1.1973	540	1.1960	0%
5	50	0.3987	312	0.6915	245	0.5424	22%
5	75	0.5980	364	0.8053	297	0.6588	18%
5	100	0.7973	409	0.9052	360	0.7974	12%
5	125	0.9967	451	0.9978	450	0.9967	0%
5	150	1.1960	541	1.1973	540	1.1961	0%
7	50	0.3987	393	0.8695	313	0.6934	20%
7	75	0.5980	448	0.9918	328	0.7261	27%
7	100	0.7973	499	1.1056	397	0.8788	21%
7	125	0.9967	546	1.2100	450	0.9966	18%
7	150	1.1960	588	1.3025	540	1.1960	8%
9	50	0.3987	472	1.0447	380	0.8426	19%
9	75	0.5980	529	1.1714	400	0.8850	24%
9	100	0.7973	583	1.2921	430	0.9532	26%
9	125	0.9967	635	1.4060	496	1.0990	22%
9	150	1.1960	683	1.5125	549	1.2149	20%
11	50	0.3987	550	1.2186	448	0.9915	19%
11	75	0.5980	609	1.3482	469	1.0378	23%
11	100	0.7973	665	1.4729	485	1.0747	27%
11	125	0.9967	719	1.5922	532	1.1780	26%

11	150	1.1960	770	1.7061	596	1.3196	23%
----	-----	--------	-----	--------	-----	--------	-----

Tabla 20. Tasa equivalente de ventilación e infiltración a 4m/s según capacidad adicional específica. Caso 07

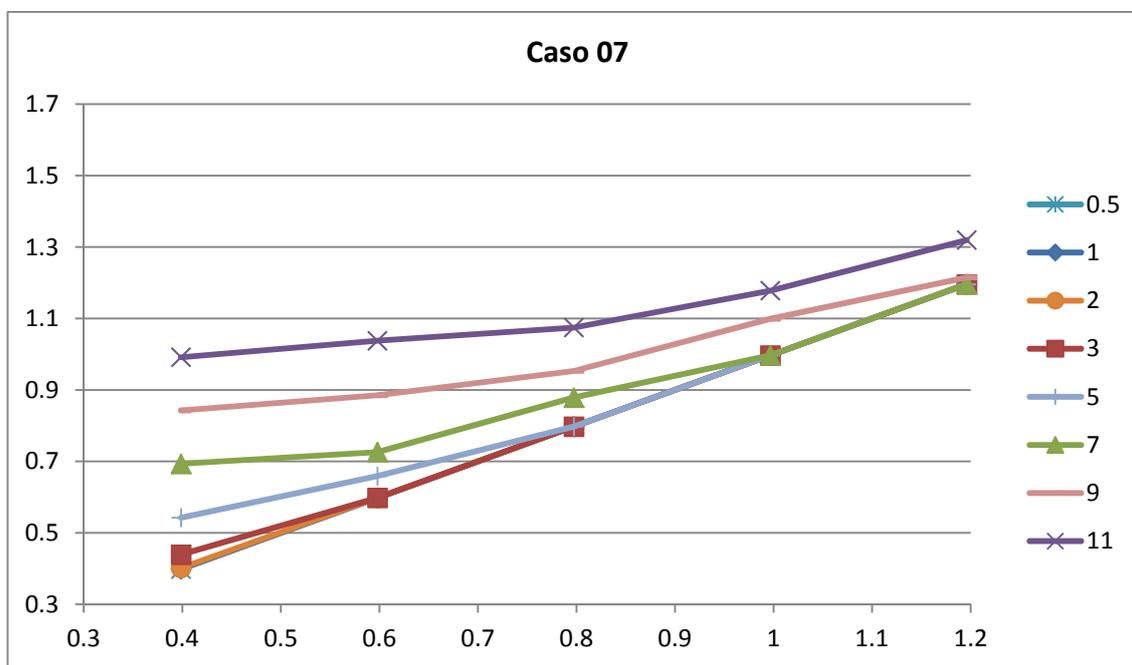


Ilustración 24. Tasa equivalente de ventilación e infiltración a 4m/s según capacidad adicional específica. Caso 07

Como se observa en todos los casos simulados, 40 por cada gráfica, el efecto de las infiltraciones se hace mucho más notable a medida que la tasa de ventilación se reduce (ACH bajas), esto se debe a que el gradiente de presiones generado por la extracción es baja en comparación a la generada por el efecto del viento. Evidentemente, por otro lado, como era de esperar, a medida que la permeabilidad de la envolvente del edificio empeora, con n50 altos, las infiltraciones también aumentan, ya que el flujo de aire que pasa a través de ventanas y opacos es superior.

Hay que destacar, que al contrario de lo que ocurre con el modelo simplificado, en el que se consigue una sola gráfica idéntica para cualquier caso, en la capacidad adicional se han obtenido una gráfica diferente para edificio. Por ello, para comparar de forma definitiva el comportamiento global de ambos métodos, he optado por agrupar todos los valores de caudal a 4m/s obtenidos con la capacidad adicional y sacar las rectas de regresión para la nube de puntos asociada a cada permeabilidad, intentando conseguir una sola gráfica que englobe el comportamiento diverso para cada caso. Sin embargo, a medida que la permeabilidad global del edificio aumenta, las desviaciones se hacen excesivas, como se comprueba en la siguiente gráfica:

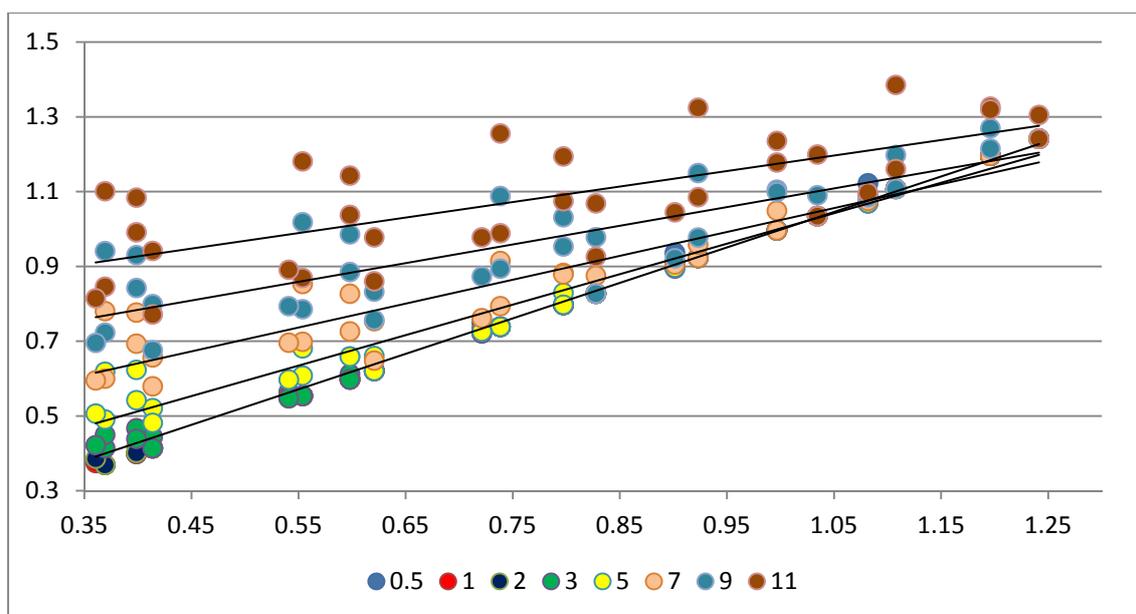


Ilustración 25. Tasa equivalente de ventilación e infiltración a 4m/s según capacidad adicional específica. Líneas de tendencia en función de los valores obtenidos en todos los casos.

### 7.3 Cálculo en el diseño de las rejillas

En este apartado se expondrán los resultados obtenidos de la comparación llevada a cabo entre ambos modelos respecto a su comportamiento con el uso de diferentes tipos de rejillas, así como con la modificación del criterio de diseño de las mismas.

#### 7.3.1 Comparación con el uso de diferentes tipos de rejillas

Se comparará el efecto en el cálculo realizado por la capacidad adicional del uso de las rejillas convencionales, autorregulables y antirretorno como aberturas de aireación en el edificio. Como se indicó en el apartado 3.4 de este estudio, en la sección referente a las diferentes calidades de rejillas, se ha realizado una simulación del comportamiento de cada una de ellas con el modelo simplificado y se llegó a la conclusión de que para viento a 4 m/s se produce un gradiente de presiones tan bajo, que no existe una diferencia real entre el comportamiento de los diferentes tipos de rejillas.

Para analizar el efecto en la capacidad adicional, se ha utilizado el caso 01, asignándole 4 permeabilidades globales ( $n_{50} = 1, 3, 5$  y  $7$ ) y 5 caudales de ventilación diferentes ( $q_{ext} = 20, 30, 40, 50$  y  $60$  l/s). Los 20 casos diferentes han sido simulados con cada tipo de rejillas, resultando finalmente 60 simulaciones. Para conseguir el caudal del sistema se ha procedido de la misma forma que en el apartado anterior: en primer lugar se realiza el balance de caudales de entrada y salida del sistema y a continuación se calcula el caudal a 4 m/s a partir del caudal medio. Los resultados obtenidos se indican a continuación:

n50 1/h	qext		Convencional	Antirretorno	Autorregulable
	l/s	m3/h	qsys m3/h	qsys m3/h	qsys m3/h
1	20	72	72	72	72
1	30	108	108	108	108
1	40	144	144	144	144
1	50	180	180	180	180
1	60	216	216	216	216
3	20	72	77	77	77
3	30	108	108	108	108
3	40	144	144	144	144
3	50	180	180	180	180
3	60	216	216	216	216
7	20	72	93	93	93
7	30	108	131	131	131
7	40	144	148	148	148
7	50	180	180	180	180
7	60	216	216	216	216
11	20	72	118	118	118
11	30	108	139	139	139
11	40	144	165	165	165
11	50	180	209	209	209
11	60	216	222	222	222

Tabla 21. Caudales de ventilación e infiltración en función del tipo de rejilla obtenidos con la capacidad adicional específica.

De los resultados obtenidos, se demuestra que el uso de diferentes tipos de rejillas en la definición de las aberturas de aireación con la capacidad adicional tampoco tiene efecto sobre el caudal resultante del sistema.

### 7.3.2 Comparación en el criterio de dimensionado de las rejillas. Parámetro C

La otra variable que podría tener interés para comparar el comportamiento de las rejillas, era el criterio de dimensionado de las mismas, esto es, el uso de rejillas dimensionadas para dejar pasar un determinado caudal con diferentes gradientes de presiones. El parámetro que determina esta variable es el coeficiente de caudal de la rejilla referenciado a un determinado gradiente de presión según se indica en la siguiente ecuación:

$$q_{rej} = C_{\Delta P} * (\Delta P)^{0,5}$$

El parámetro C es el que determina el caudal de aire que pasa a través de la rejilla para el gradiente de presiones  $\Delta P$ .

En el modelo básico, se estudió el comportamiento de la rejilla en el caso de ser dimensionadas para dejar pasar todo el caudal de ventilación para dos gradientes de presiones diferentes de 20 Pa y 50 Pa. Dado que el gradiente de presiones que existe en el

interior del edificio viene determinado por el efecto del viento, según el criterio de dimensionado elegido, el caudal de aire que pase por la rejilla será mayor en el caso de 20 Pa o menor en el caso de 50 Pa.

La herramienta de cálculo de la capacidad adicional utiliza por defecto un criterio de dimensionado diferente, que se desarrolló anteriormente en el apartado 6.3 del presente estudio. Al tratarse de criterios de dimensionado diferentes, se analizará el comportamiento de la capacidad adicional asumiendo el criterio utilizado en el modelo básico, y que se basa, en el dimensionado de las rejillas para dejar pasar todo el caudal de extracción a 20 Pa. Se intentará comprobar si, como ocurre con el modelo básico, al elegir un criterio de diseño a 50 Pa, se reduce el tamaño de las rejillas y por consiguiente el caudal total del sistema.

La única posibilidad para modificar el valor de la C de las rejillas en la capacidad adicional, consiste en editar el archivo de definición del caso con extensión \*CA\_VEN, añadiéndole una línea con el nuevo coeficiente C. Hay que tener en cuenta algunos detalles importantes para definir el nuevo coeficiente C:

- La herramienta de cálculo siempre lee el coeficiente C referido a 20 Pa, por lo tanto, sea cual sea el gradiente de presiones de diseño, en nuestro caso 20 Pa o 50 Pa, siempre debe ser convertido a una referencia de 20 Pa. El proceso de conversión se realiza de la siguiente forma:

$$C_{20} = C_{\Delta P} * \left(\frac{20}{\Delta P}\right)^{0,5} \rightarrow C_{20} = C_{50} * \left(\frac{20}{50}\right)^{0,5}$$

- La herramienta de cálculo, cumpliendo con lo establecido en el DB HS3, solo establece las aberturas de ventilación para los espacios de tipo salón o dormitorios, el resto de espacios carecen de rejillas.
- Otro detalle a tener en cuenta es que la herramienta de cálculo de la capacidad adicional agrupa los espacios con mismo uso. El coeficiente C que devuelve la herramienta para los espacios que comparten uso es el mismo, y es en realidad el coeficiente que corresponde a un solo espacio que engloba al conjunto.

La herramienta devuelve un parámetro llamado “Módulo de rejillas a 1 Pa en m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>” asignado a cada espacio con uso de salón o dormitorio. Este parámetro no es más que el coeficiente C referenciado a 1 Pa. Para determinar el coeficiente C referido a un gradiente de presión diferente, se parte de este valor aplicando la siguiente expresión:

$$C_{\Delta P} = \frac{C_1 * (\Delta P)^{0,5}}{N}$$

Como vemos, aparece el parámetro N, que hace referencia al número de espacios con el mismo uso. La herramienta de cálculo, como se indicó con anterioridad, agrupa los espacios de un edificio que comparten uso. El hecho de dividir el coeficiente C entre el número de espacios hará que se reparta el módulo total de rejilla entre todos los espacios del mismo uso.

El hecho de determinar que el criterio de dimensionado de la rejilla sea para un gradiente de presiones u otro, consiste en que el mismo caudal de aire pase por la rejilla a 20 Pa o a 50

Pa. Para cambiar el criterio dimensionado de 20 a 50 Pa, hay que imponer que el caudal que pasa por la rejilla a 50 Pa sea el mismo caudal que pasa a través de la rejilla cuando ésta es dimensionada a 20 Pa.

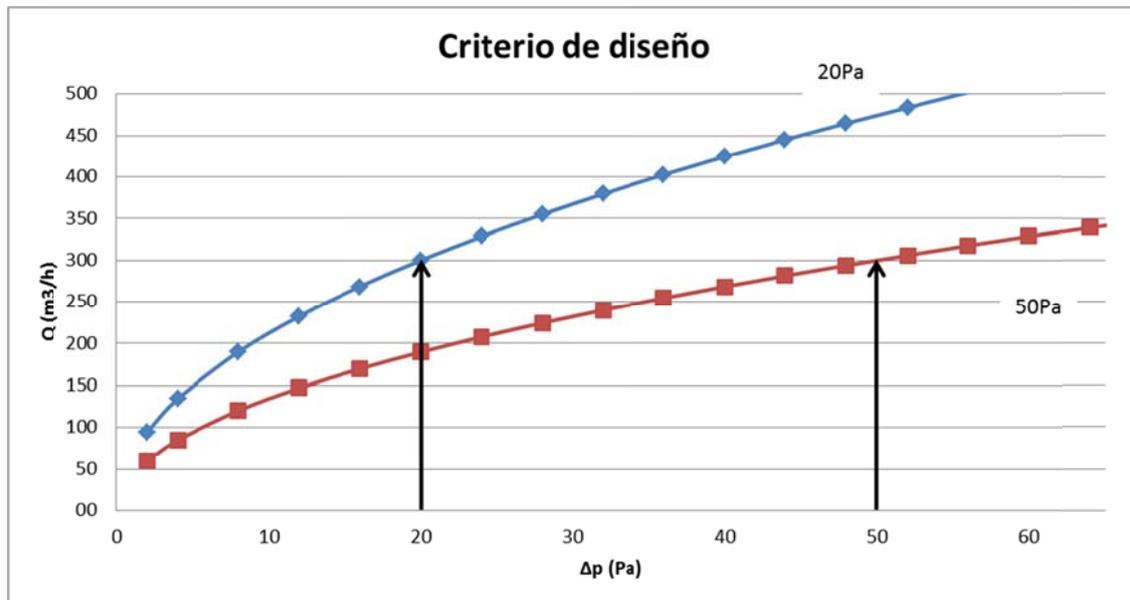


Ilustración 26. Caudales a través de rejillas en función del criterio de dimensionado

Por lo tanto, para determinar el valor de C referenciado a 50 Pa, simplemente hay que conocer el valor de C a 20 Pa. El procedimiento a seguir para evaluar el criterio de dimensionado a 50Pa, será, en primer lugar, calcular el caudal que pasa por la rejilla a 20Pa a partir del valor devuelto por la herramienta (C\_1), usando la siguiente expresión:

$$C_{20} = C_1 * (20)^{0,5}$$

A continuación se impone que este caudal sea el que pase por la rejilla para un gradiente de presiones de 50 Pa, lo que conlleva una reducción en su módulo.

$$C_{20} \rightarrow C_{50}$$

Seguidamente hay que convertirlo de 50 a 20 Pa, ya que la herramienta de cálculo siempre utiliza el parámetro C para un gradiente de presiones a 20Pa.

$$C_{20*} = \frac{C_{50} * \left(\frac{20}{50}\right)^{0,5}}{N}$$

Una vez conocido el valor de C a 50 Pa, y su homólogo referenciado a 20 Pa (C\_20\*), es éste último el que se añade en el archivo \*CA\_VEN para cada espacio con uso dormitorio o salón. En concreto la cadena de caracteres quedaría de la siguiente forma:

```

VENTILATION-GROUP = 1
VENTILATION-SPACE-TYPE = DORMITORIO
VENTILATION-RATE-HS3 = (0.000000, 32.500000)
VENTILATION-MODE-SCHEDULE = "SN_HorarioGrupo"
BLOWER-DOOR-n50 = 7
C-VENT=16.787
    
```

...

Para realizar la comparación entre ambos procedimientos, se ha simulado en caso 06 con 8 valores diferentes de permeabilidad y 5 caudales de ventilación, resultando un total de 40 casos diferentes. Cada uno de los casos resultantes ha sido simulado utilizando un criterio de dimensionado de rejillas a 20 Pa y a 50 Pa, resultando un total de 80 simulaciones.

A continuación se indican los valores tabulados para definir el parámetro C de las rejillas. La columna C1 hace referencia a los valores devueltos por la herramienta de cálculo una vez que ha sido simulado con rejillas a 20 Pa. La columna C20 es el mismo parámetro que C1 pero referenciado a 20 Pa. La tercera columna, C20\*, es el valor introducido manualmente en la herramienta de cálculo para evaluar el criterio de dimensionado de la rejilla a 50 Pa.

	C1 m3/hm2		C20 → C50 m3/hm2		C20* m3/hm2	
	Salón	Dorm	Salón	Dorm	Salón	Dorm
n50						
0.5	40.19	27.56	179.75	41.09	113.68	25.98
1	37.27	25.56	166.67	38.10	105.41	24.09
2	33.48	22.96	149.73	34.22	94.70	21.65
3	31.06	21.30	138.89	31.75	87.84	20.08
5	27.96	19.17	125.05	28.58	79.09	18.08
7	25.97	17.81	116.12	26.54	73.44	16.79
9	24.52	16.81	109.66	25.07	69.36	15.85
11	23.40	16.05	104.66	23.92	66.19	15.13

Tabla 22. Valores de la C de la rejilla devueltos por la herramienta. Valores calculados para cambiar el criterio de dimensionado de la rejilla en la capacidad adicional específica.

Como se observa, los valores que toma el parámetro C para rejillas a 50 Pa que aparecen en las últimas columnas, son inferiores a los del dimensionado a 20 Pa, esto se traduce por un menor tamaño de rejillas.

A continuación se muestran los resultados de forma tabulada, separados según el criterio de dimensionado de la rejilla a 20 Pa y a 50 Pa. Las columnas calificadas como qsys(1) hacen referencia a los valores obtenidos con el modelo simplificado y las qsys(2) a los de la capacidad adicional:

n50	ACHv	20 Pa			50 Pa		
		qsys(1)	qsys(2)	Dif.	qsys(1)	qsys(2)	Dif.
1/h	1/h	m3/h	m3/h		m3/h	m3/h	
0.5	0.399	180	180	0%	180	180	0%
0.5	0.598	270	270	0%	270	270	0%
0.5	0.797	360	360	0%	360	360	0%
0.5	0.997	451	451	0%	450	450	0%
0.5	1.196	541	541	0%	540	540	0%
1	0.399	180	180	0%	181	180	1%
1	0.598	270	270	0%	270	270	0%

COMPARATIVA ENTRE EL MODELO SIMPLIFICADO Y LA CAPACIDAD ADICIONAL ESPECÍFICA DE VENTILACIÓN

1	0.797	360	360	0%	360	360	0%
1	0.997	451	451	0%	450	450	0%
1	1.196	541	541	0%	540	540	0%
2	0.399	180	180	0%	189	185	2%
2	0.598	270	270	0%	270	270	0%
2	0.797	360	360	0%	360	360	0%
2	0.997	451	451	0%	450	450	0%
2	1.196	541	541	0%	540	540	0%
3	0.399	228	212	7%	211	195	7%
3	0.598	270	270	0%	277	265	4%
3	0.797	360	360	0%	360	355	1%
3	0.997	451	451	0%	450	450	0%
3	1.196	541	541	0%	540	540	0%
5	0.399	312	298	5%	281	263	7%
5	0.598	364	341	6%	298	290	3%
5	0.797	409	375	8%	375	370	1%
5	0.997	451	451	0%	450	450	0%
5	1.196	541	541	0%	540	540	0%
7	0.399	393	378	4%	351	334	5%
7	0.598	448	426	5%	373	356	5%
7	0.797	499	470	6%	399	396	1%
7	0.997	546	507	7%	474	466	2%
7	1.196	588	541	8%	540	540	0%
9	0.399	472	458	3%	420	404	4%
9	0.598	529	508	4%	445	429	4%
9	0.797	583	554	5%	466	449	4%
9	0.997	635	598	6%	499	496	1%
9	1.196	683	637	7%	573	567	1%
11	0.399	550	536	3%	489	475	3%
11	0.598	609	588	3%	516	501	3%
11	0.797	665	636	4%	539	524	3%
11	0.997	719	683	5%	558	541	3%
11	1.196	770	726	6%	599	596	1%

**Tabla 23. Caudales de ventilación e infiltración en ambos modelos en función del criterio de dimensionado de las rejillas.**

Como se observa en la tabla, y de forma más clara en la siguiente gráfica, el comportamiento al dimensionar las rejillas para dejar pasar el caudal de ventilación a 20 o 50 Pa es muy parecido en ambos procedimientos. Se observa como la elección de un criterio de dimensionado de rejillas a 50 Pa produce una reducción del caudal del sistema a 4 m/s de casi el 10% con respecto al uso de rejillas dimensionadas a 20 Pa.

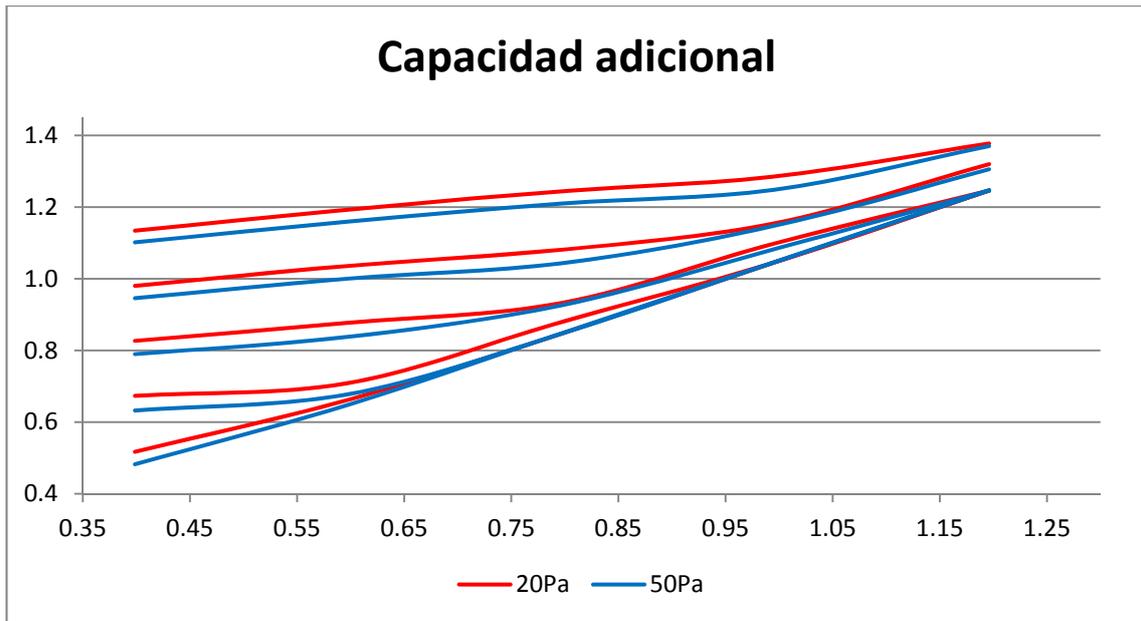


Ilustración 27. Reducción de la tasa equivalente de ventilación e infiltración en función del criterio de dimensionado de las rejillas. Valores obtenidos con la capacidad adicional específica