

Actuaciones de remedio y prevención. Aspectos a considerar en la eficiencia energética



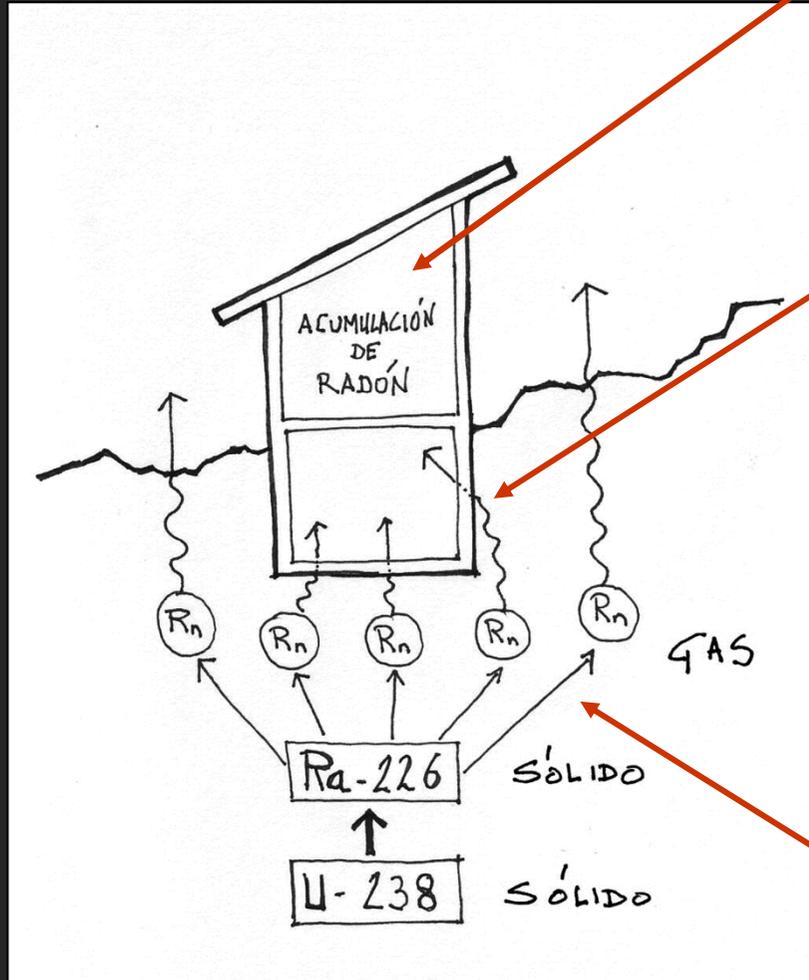
Borja Frutos Vázquez. Dr. Arquitecto.

Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja – (CSIC)

INSTITU
TO
EDUAR
DO
TOR
ROJA

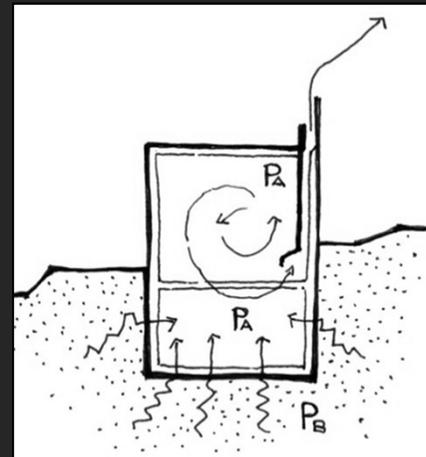


Entrada de Radón en edificios



Acumulación. Riesgo para los usuarios por la radiación que produce el radón en el interior de los pulmones al ser inhalado (alteración ADN)

Entrada de radón a través de materiales (porosidad) , fisuras, juntas



Flujo predominante por convección:

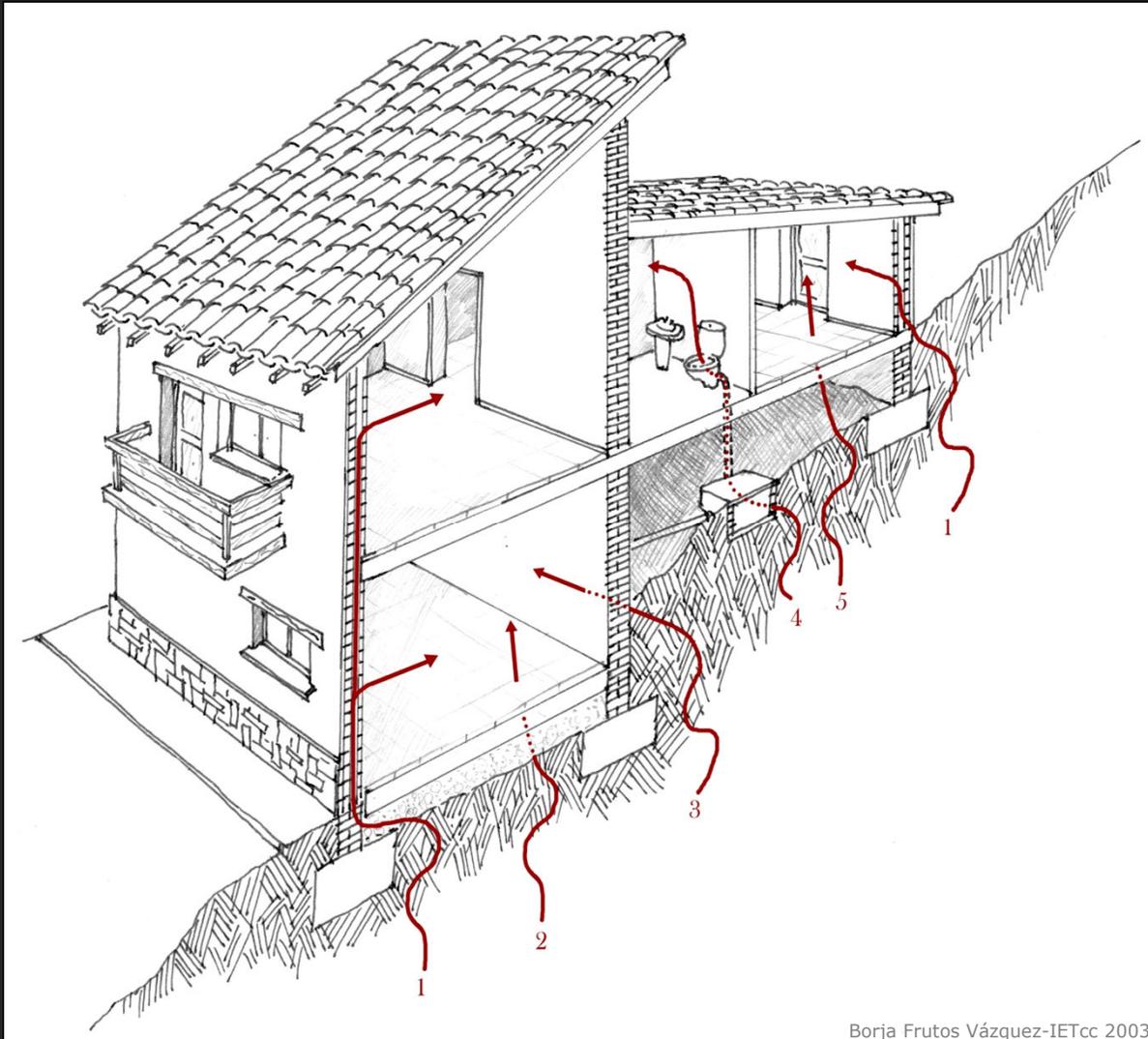
Cuando $P_B > P_A$

Generación de radón en terreno:

Desintegración **NATURAL** del radio.

Aparición del gas y movilidad entre los poros

Vías comunes de entrada.



1- Por el interior de la cámara de aire de los muros exteriores.

2- A través de la solera

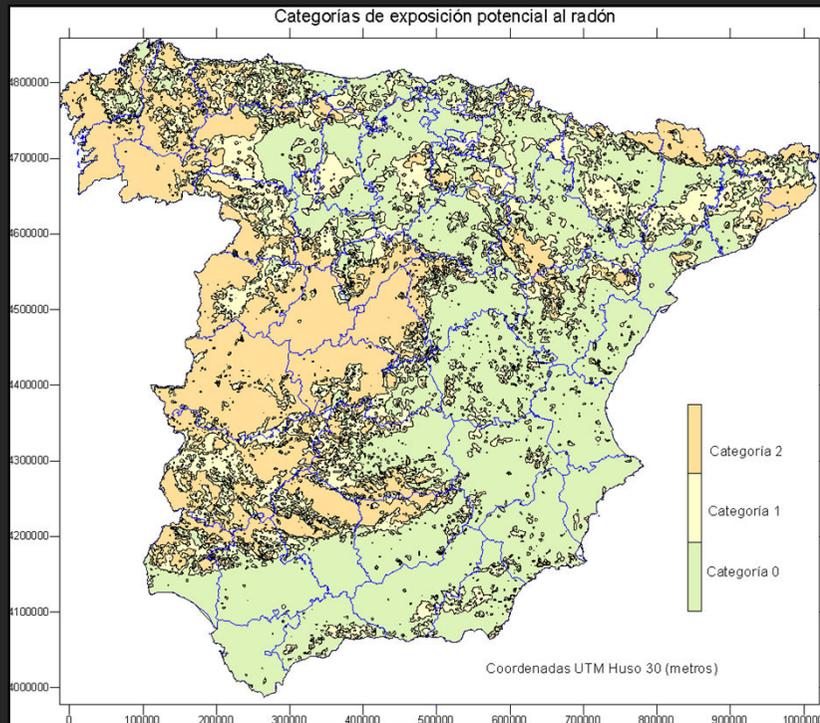
3- A través de los muros de sótano

4- A través de conductos de saneamiento

5- A través del forjado sanitario

6- A través de fisuras, grietas, juntas

Mapa nacional de exposición potencial al radón.



CSN. Proyecto MARNA (Mapa de radiación natural)

Estimación de radón en viviendas a partir de datos de radiación natural en terreno (radiación gamma asociada).

→ Riesgo alto ($> 200 \text{ Bq/m}^3$)

→ Riesgo medio: ($150\text{-}200 \text{ Bq/m}^3$)

→ Riesgo bajo ($<150 \text{ Bq/m}^3$)

Gran parte del territorio de España supera el nivel de riesgo

Límites recomendados.

Fuente	Viv. Existentes	Viv. Nuevas
Recomendación Europea. (90/143/EURATOM):	400 Bq/m^3	200 Bq/m^3
OMS.	300 Bq/m^3	100 Bq/m^3
Nueva Directiva Europea (BSS-2013)	300 Bq/m^3	200 Bq/m^3

Soluciones de protección frente a la inmisión

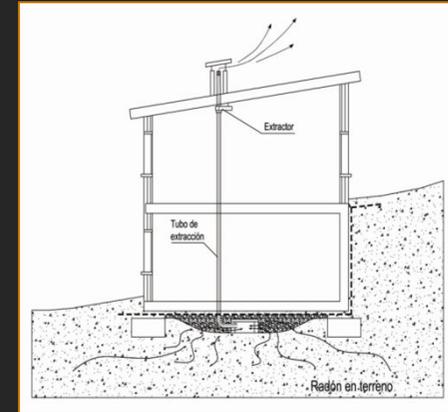
Se basan en 3 estrategias de actuación:

Sistemas de **extracción o presurización**

Facilitar una vía preferente al radón para que no entre

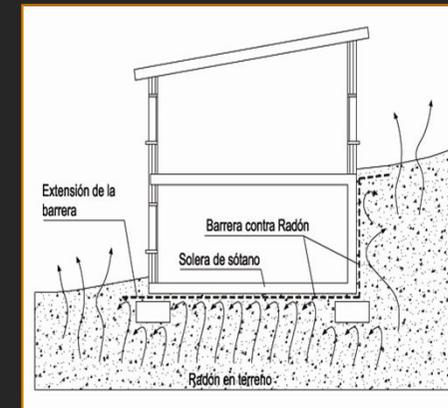
Existen distintas variaciones:

- Extracción por arquetas (forzada o natural)
- Extracción desde el terreno circundante
- Extracción por cámara de forjado sanitario
- Extracción por tubos "Dren" o sistemas similares
- Presurización (inversa- Bulbo de presiones)



Sistemas de **barreras**

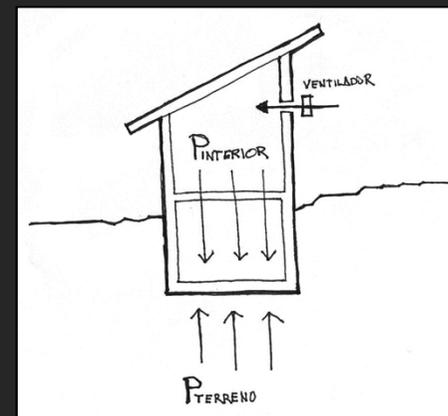
Crear estanquidad frente al paso del gas mediante la interposición barreras en todo elemento constructivo que esté en contacto con el terreno . (Soleras, muros)

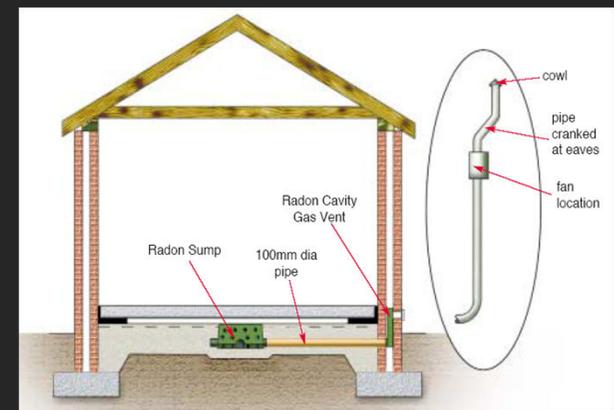
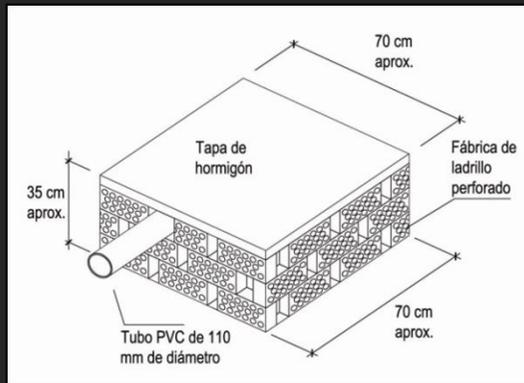
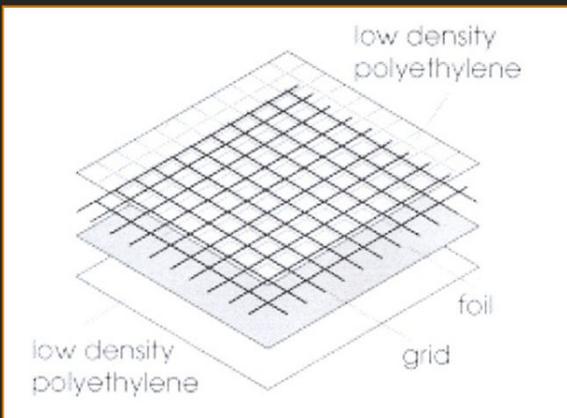
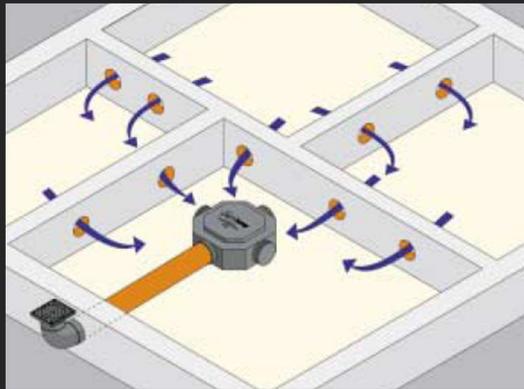
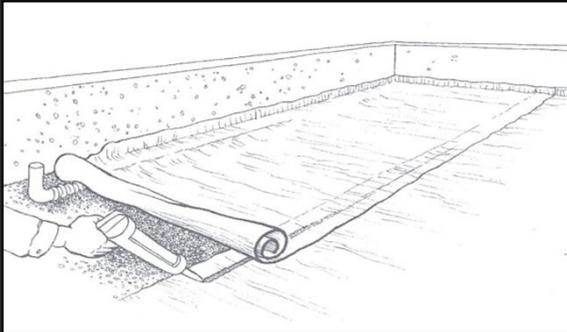
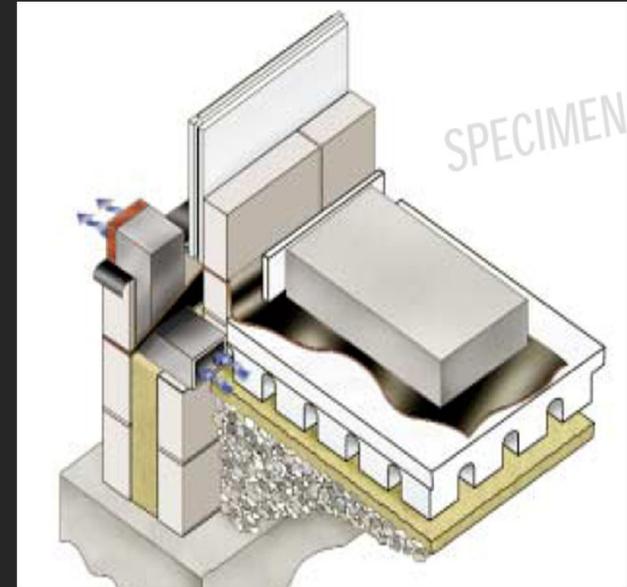


Sistemas de **Ventilación**

Intercambiar aire con el exterior. Dilución del gas.

- Introduciendo aire (presión positiva)
- Sacando aire (presión negativa)





Coste implícito en las soluciones

- Coste ejecución: gasto de ejecución material en la implementación de la solución de remedio

+

- Coste de uso y mantenimiento: Lo que conlleva mantener la medida activa durante la vida útil de la misma. (Medidas pasivas y activas –ventiladores-, reparaciones, sustituciones, control, etc.)

+

- Coste energético en demanda térmica.
Mantenimiento de las condiciones de confort

Solución	Ejecución	Uso y mantenimiento (1 año)	Eficiencia energética (1 año)
Barrera anti-radón	~1.500 €	Pasiva (no aplica)	Sin repercusión
SUMP. Extr. Natural	~1.500 €	Pasiva (no aplica)	Sin repercusión
SUMP. Extr. Forzada	~2.000 €	Activa (60Wh*24h*365 días*1 año) ~ 520kWh	Sin repercusión
Ventilación Nat.	Sin coste	Pasiva (no aplica)	Incremento demanda por condiciones térmicas
Ventilación Forz.	Sistema Ventilación mecánica. ~1.000 €	Activa (60Wh*24h*365 días*1 año) ~ 520kWh	Incremento demanda por condiciones térmicas

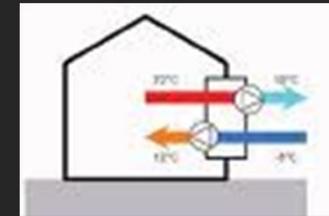
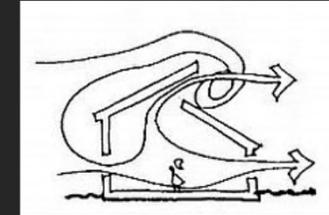
Caso de estudio

Ejemplo: Estrategia de VENTILACIÓN

Basados en 2 mecanismos:

- **Dilución del gas** por intercambio de aire con el exterior.

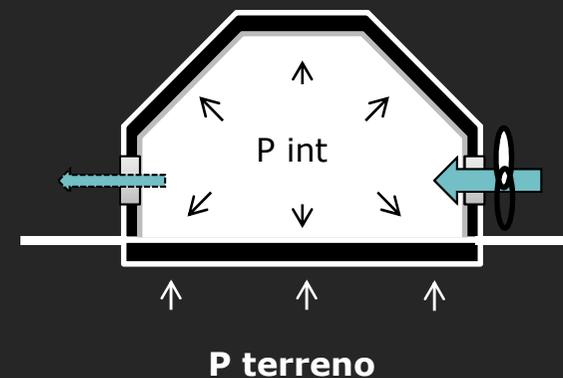
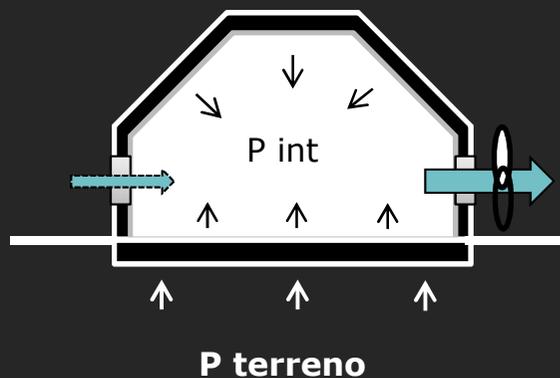
Aire exterior (10-20 Bq/m³)
Aire interior (>100 Bq/m³) } Mezcla ↓ concentración



- **Modificación del estado de presiones.**

Al intercambiar aire con el exterior, de manera natural o forzada, se modifican los gradientes de presiones:

ΔP (Interior-Exterior) y por tanto también ΔP (Terreno-Interior)



↑↑ ΔP (Terreno-Interior) **Depresión**

↓↓ ΔP (Terreno-Interior) **Presurización**

TASA HERMETICIDAD vs. DILUCIÓN

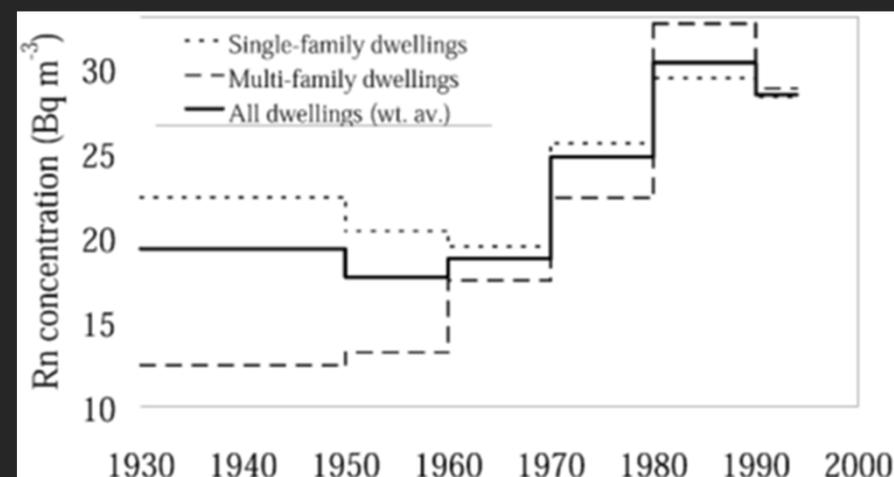
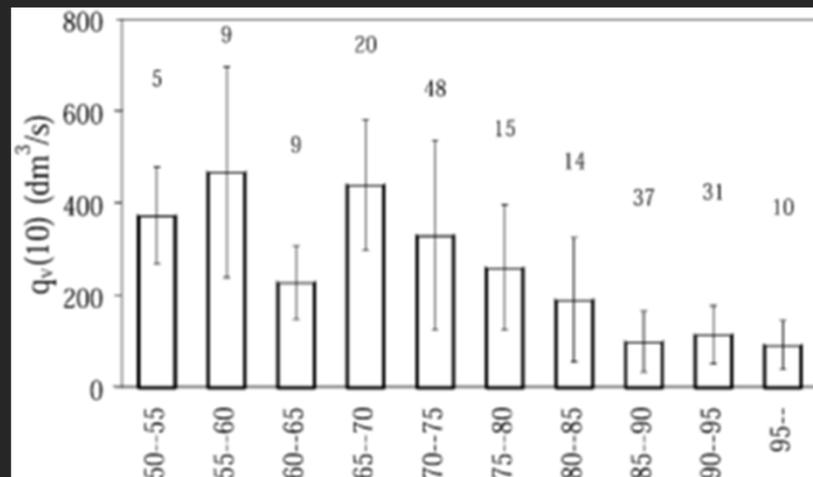
Hermeticidad: Define el grado permeabilidad de la envolvente. (carpinterías, grietas, encuentros, etc.)

Ensayo de Blower Door

- Viviendas de cierta antigüedad (< 1950) renovaciones $1,5 \text{ (h}^{-1}\text{)}$
- Viviendas actuales $0,25 \text{ renovaciones (h}^{-1}\text{)}$

Intercambiando aire con el exterior. **DILUCIÓN.....disminuye la concentración**

Directivas **eficiencia energética** → Mayor estanquidad para evitar pérdidas



Evolución de las tasas de infiltración y su repercusión en los niveles de radón interior
(Johan Lembrechts, 2001)

CASO DE ESTUDIO

Objetivo: **Ventilación** necesaria para reducir los niveles de radón de una vivienda. Repercusión en la demanda energética.

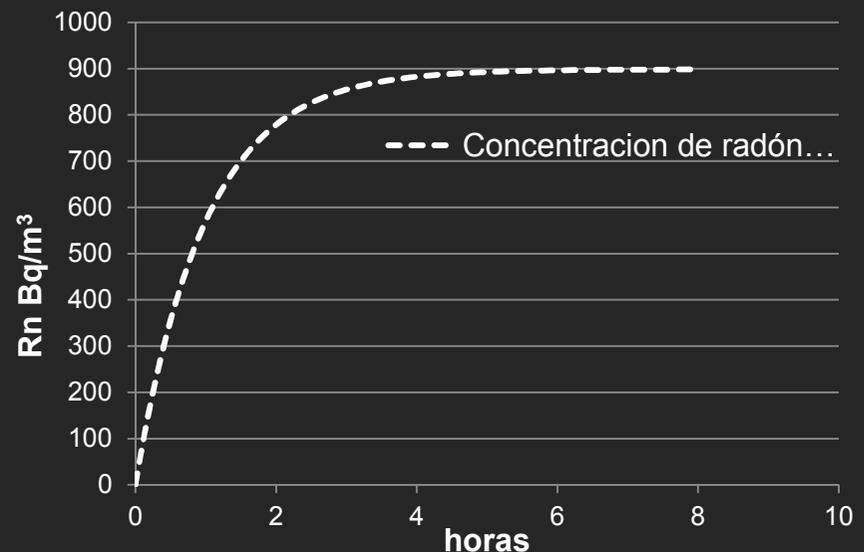
Vivienda unifamiliar pareada.

- 2 plantas + ático.
- Sup. habitable: 240 m². Vol. de aire **696 m³**.

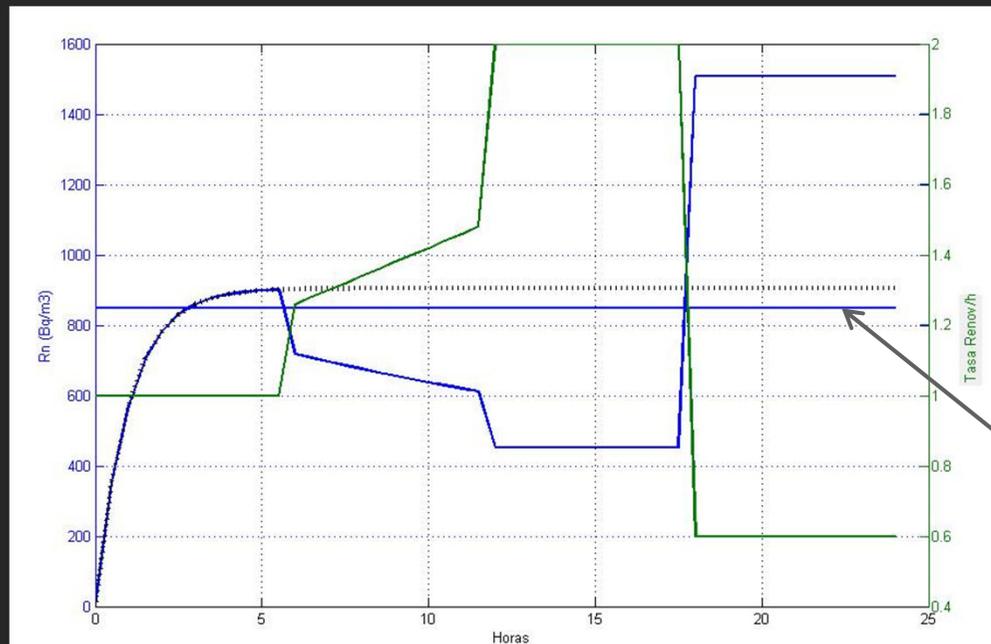
Conc. media de radón. planta baja: 900 Bq/m³.
(Terreno 37000 Bq/m³)

Curva de evolución de la concentración de radón. $C=(R/\lambda t.V)*(1-e^{-\lambda t.t})$

- λt (h⁻¹) Sumatorio:
 - λd constante desintegración radón (0,00756)
 - λh tasa de hermeticidad (1)
 - λr tasa de renovaciones /h (0)
- V Volumen (696 m³)
- t tiempo



Ejemplo: Perfil de ventilación. **Tasas Variables**



Media C Rn
(850 Bq/m³)

Media tasas de
ventilación.
1.22 r/h

Tasas de ventilación:

0-6 h	-----	1 r/h
6-12 h	---incremento-----	1.5 r/h
12- 18 h	---incremento-----	2 r/h
18- 24 h	---descenso -----	0.6 r/h

Reducir concentración con ventilación

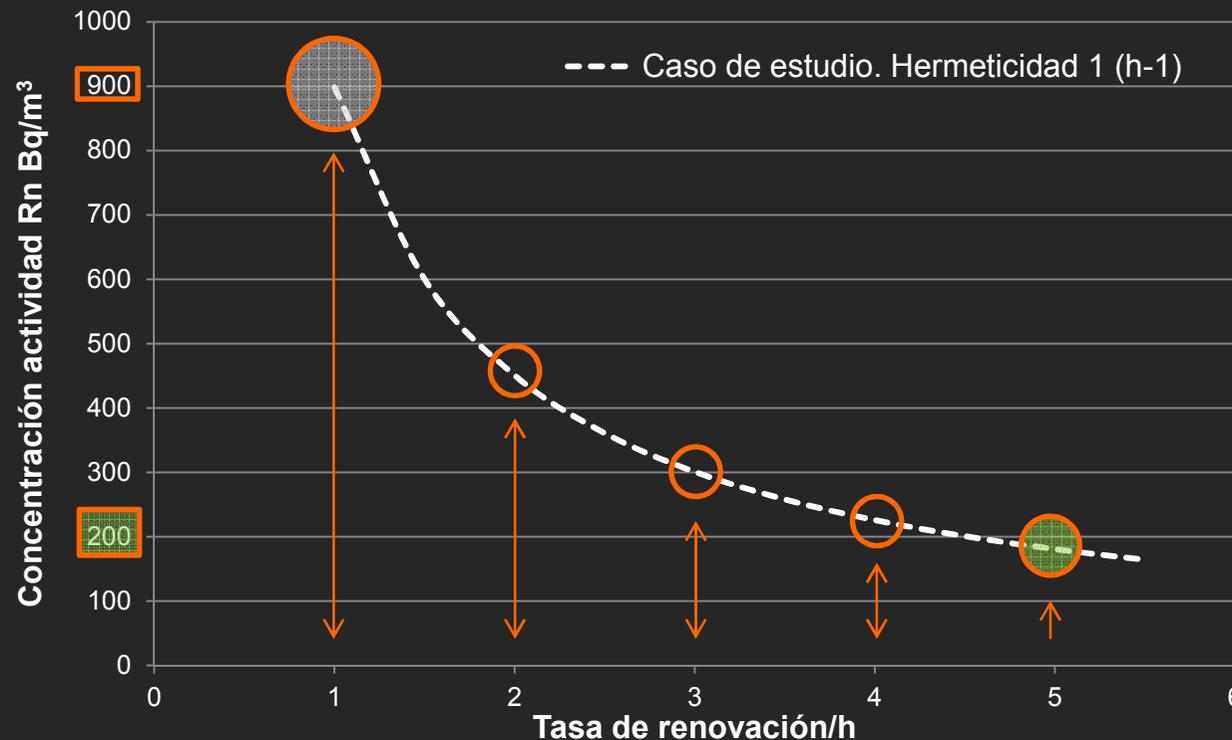
Tasas de ventilación necesaria **Objetivo: reducir hasta 200 Bq/m³**

$C = R / V \cdot \lambda t$ *Desarrollo de ecuación diferencial para las condiciones de contorno.*

$R = \text{Bq/s}$ Tasa de entrada de radón por el suelo.

V . Volumen de acumulación. Espacio habitado.

λt (h^{-1}) Sumatorio (λ_d const desintegración + λ_h tasa de hermeticidad + λ_r tasa de renovaciones /h)

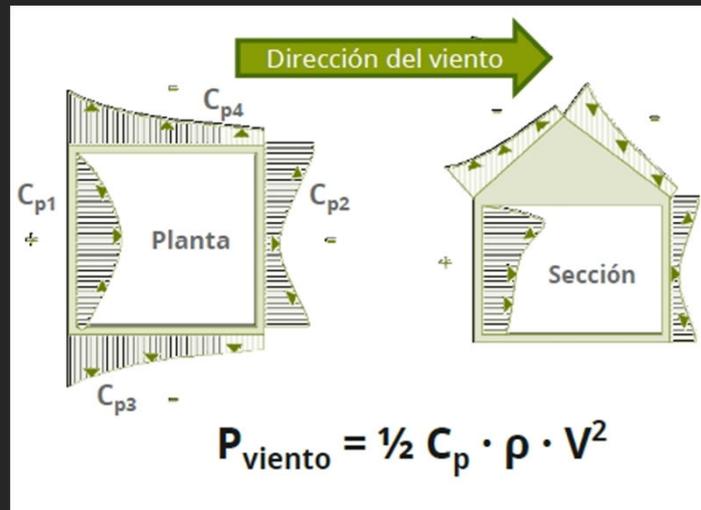


Nota:

Teniendo en cuenta únicamente la dilución por intercambio con exterior

¿Cómo se consiguen dichas tasas? Ventilación **Natural o Forzada**

Tasas posibles con Ventilación natural. *Método de cálculo:*



Ejemplo: ($C_p=0,6$; $V= 2 \text{ m/s}$)

$P_{viento} = 1,44 \text{ Pa}$

$$Q = C_d \cdot A \cdot \sqrt{(2\Delta P/\rho)}$$

Área de 2 ventanas
opuestas = 2 m^2

Abiertas completamente

$$Q = 0,8 \text{ m}^3/\text{s}$$



$$Q = 4 \text{ r/h}$$

Ej: Tasa de ventilación de **4 r/h** para una apertura completa de **2 ventanas de 2 m²**.

Si no es suficiente ---- Ventilación Forzada

Estudio energético.

VENTILACION vs DEMANDA ENERGETICA

Simulación: (DESIGN BUILDER y LIDER)

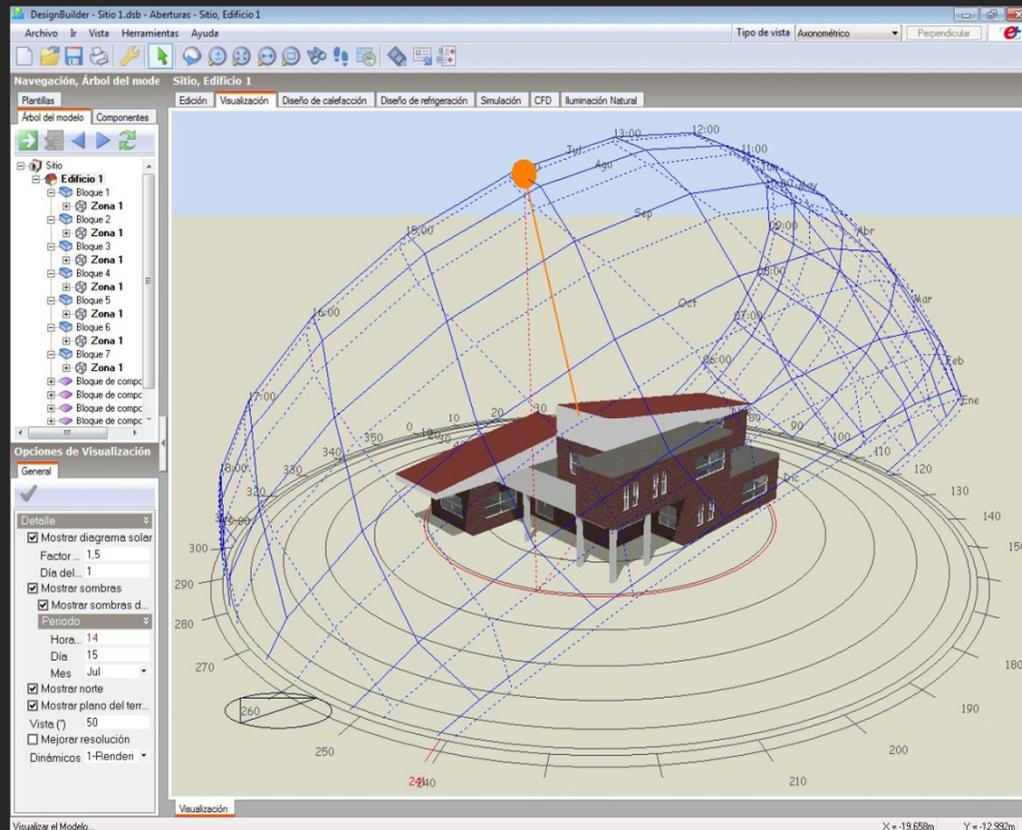
- Cálculo subhorario en régimen transitorio del comportamiento térmico del edificio concreto. Variables relevantes incorporadas:
 - Datos climáticos: Radiación solar, Temperatura, Humedad, Lluvia, etc...
 - Sombras propias del edificio y obstáculos.
 - Ganancias y pérdidas a través de cerramientos
 - Tasa de infiltraciones (hermeticidad)
 - **Tasas de renovación/h (Ventilación)**

Estudio energético.

Vivienda unifamiliar (caso ejemplo)

- Alturas: PB+1+Ático
- Superficie aprox.: 240 m²
- Construcción: Pesada. Muros de carga de 1 pie con cámara de aire y aislamiento. $U=0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$

Superficie interior	
Coefficiente de transferencia convectiva de calor (W/m ² -K)	2,152
Coefficiente de transferencia radiante de calor (W/m ² -K)	5,540
Resistencia superficial (m ² -K/W)	0,130
Superficie exterior	
Coefficiente de transferencia convectiva de calor (W/m ² -K)	19,870
Coefficiente de transferencia radiante de calor (W/m ² -K)	5,130
Resistencia superficial (m ² -K/W)	0,040
Sin Puentes Térmicos	
Valor U de superficie a superficie (W/m ² -K)	0,372
Valor R (m ² -K/W)	2,856
Valor U (W/m²-K)	0,350
Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946)	
Km - Capacidad térmica interna (KJ/m ² -K)	134,8000
Límite superior de resistencia (m ² -K/W)	2,856
Límite inferior de resistencia (m ² -K/W)	2,856
Valor U de superficie a superficie (W/m ² -K)	0,372
Valor R (m ² -K/W)	2,856
Valor U (W/m²-K)	0,350



PERFORMANCE

Zone Summary

	Area [m ²]	Conditioned (Y/N)	Part of Total Floor Area (Y/N)	Volume [m ³]	Multipliers	Gross Wall Area [m ²]	Window Glass Area [m ²]	Lighting [W/m ²]	People [m ² per person]	Plug and Process [W/m ²]
PLANTABAJAZONA1	53.92	Yes	Yes	188.71	1.00	128.30	35.54	7.5000	33.33	3.0600
PLANTAPRIMERAZONA1	89.86	Yes	Yes	314.50	1.00	160.02	19.75	7.5000	33.33	3.0600
CUBIERTAZONA1	102.97	Yes	Yes	91.50	1.00	10.74	0.00	7.5000	33.33	3.0600
Total	246.75			594.71		299.06	55.28	7.5000	33.33	3.0600
Conditioned Total	246.75			594.71		299.06	55.28	7.5000	33.33	3.0600
Unconditioned Total	0.00			0.00		0.00	0.00			
Not Part of Total	0.00			0.00		0.00	0.00			

Simulación energética:
Design builder v.3.

Ejemplo: Comportamiento Térmico anual, con datos horarios. 5 r/h

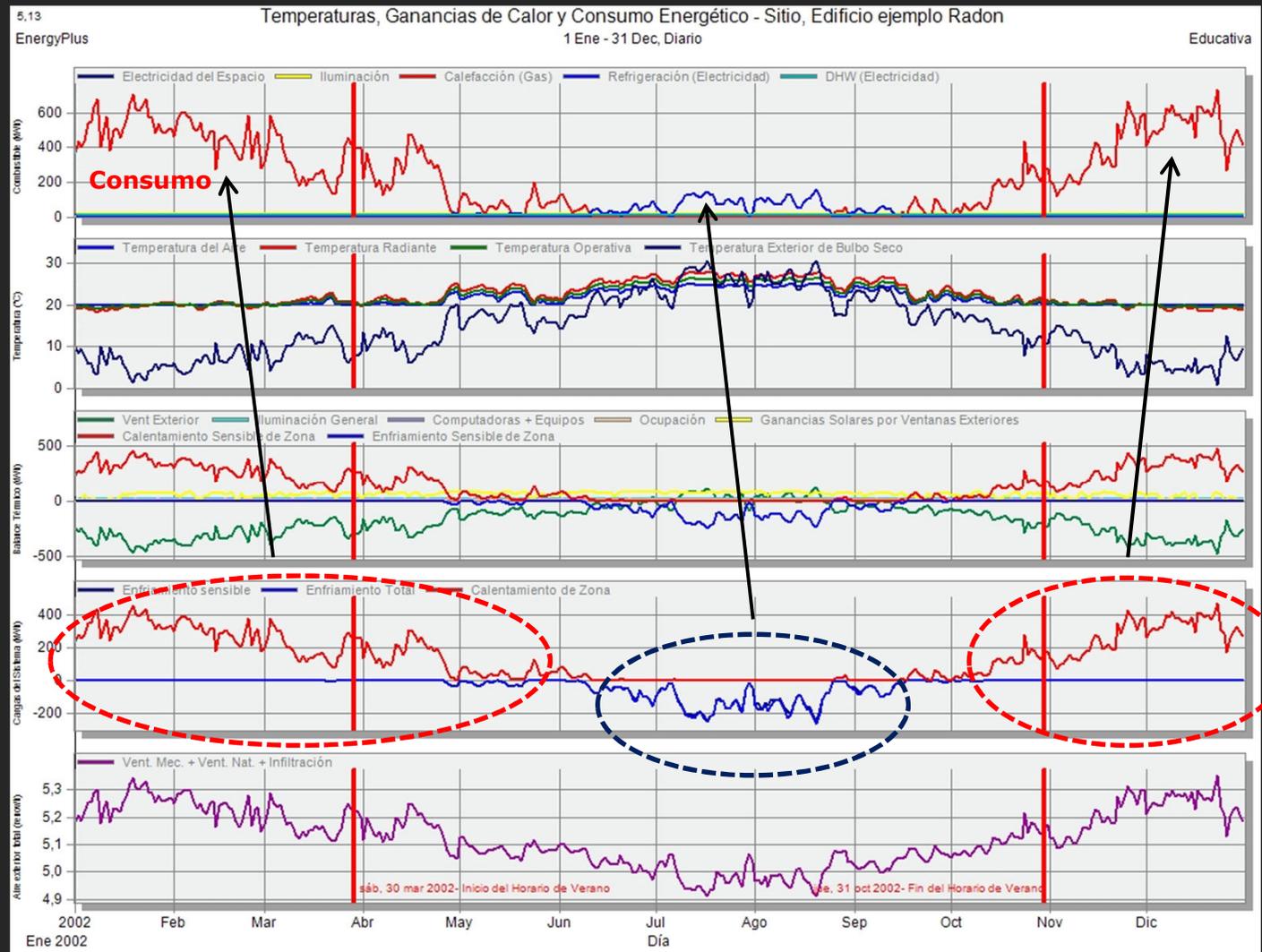
Consumo (kWh)

Temperaturas (°C)

Balance térmico (kWh)

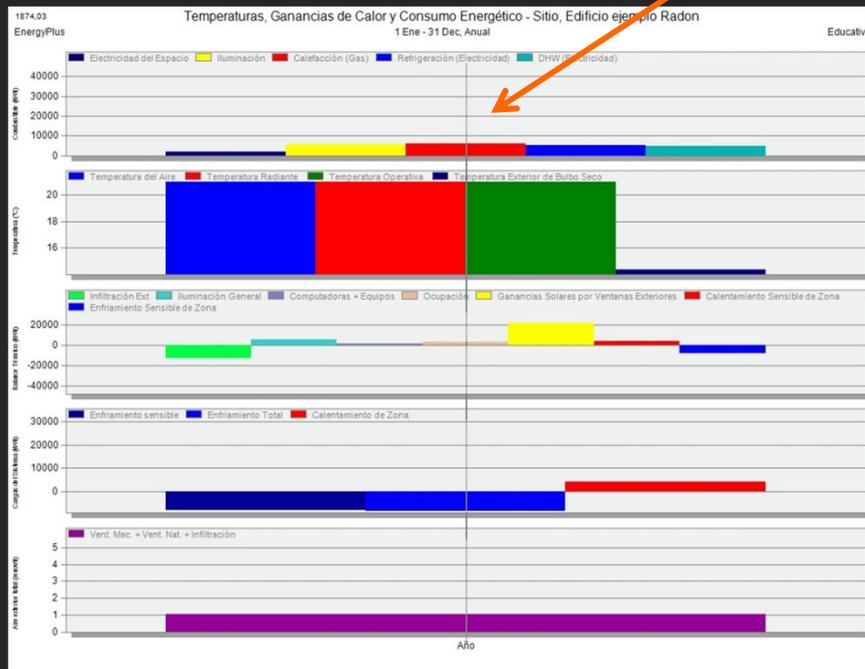
Cargas Sistema (kWh)

Tasas de renovación
~ 5 r/h

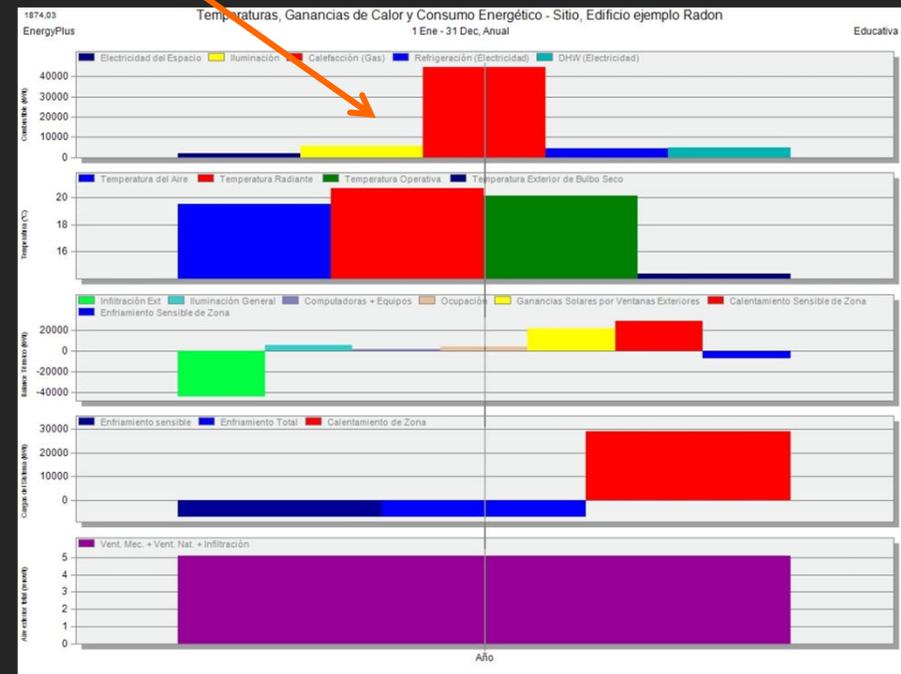


Ejemplo: Comparativo consumo energético ANUAL

Incremento aprox.: 36.000 kWh/año



1 r/h

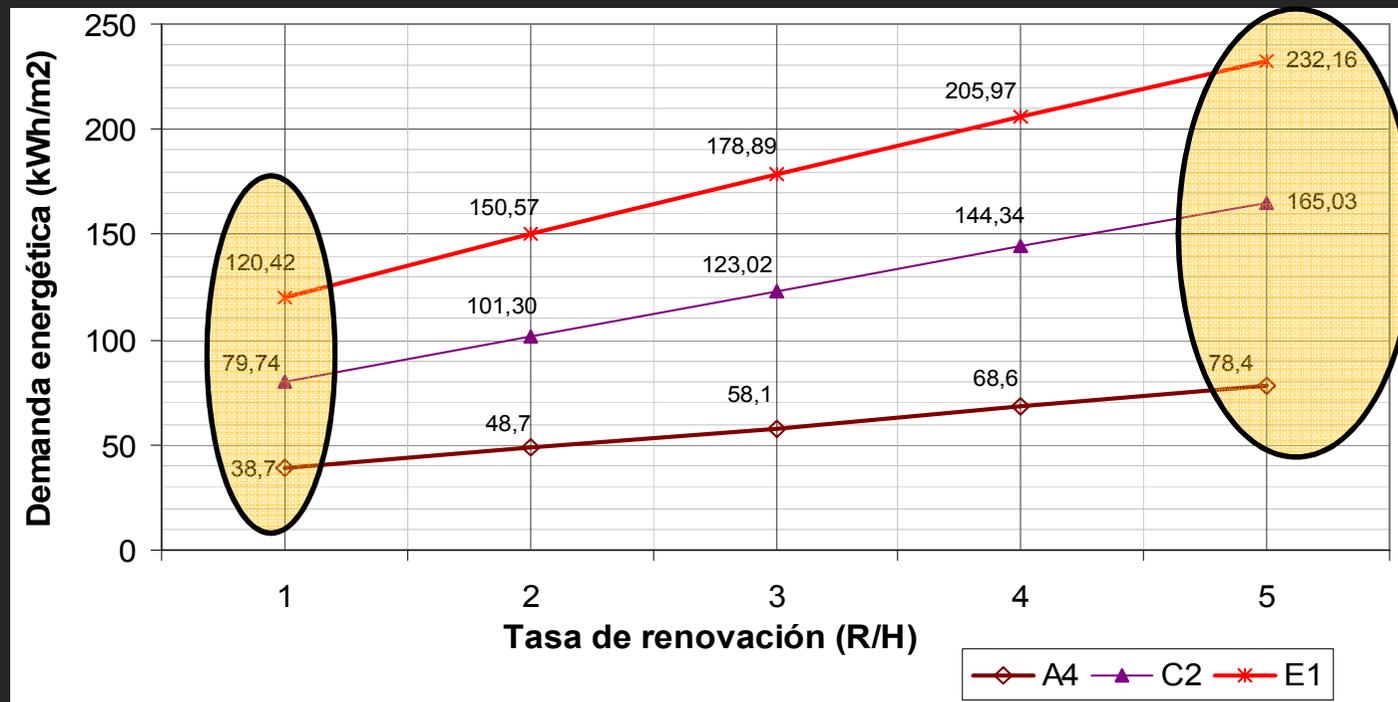


5 r/h

Estudio energético.

CALCULOS DE DEMANDA. LIDER

3 ubicaciones de distintas severidades climáticas (según CTE DB HE1).
Ávila (zona climática E1); **Orense** (C2); **Almería** (A4).



Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración kWh/m²/anual

Estudio energético. RESULTADO COSTE

ESTIMACIÓN: REPERCUSIÓN EN COSTE

A modo de ejemplo: caso de Ávila (E1).

Incremento de demanda energética calculada para 5 renovaciones con la superficie de la vivienda ejemplo.

Total ~ 36.000 kWh/añual

Teniendo en cuenta:

- Rendimiento sistema térmico: 0,75
- Tarifas de la Comisión Nacional de Energía (2011)

un aumento del gasto anual del orden de **2600 €.**

**UNICAMENTE EN CLIMATIZACIÓN POR PÉRDIDA DE
CONFORT TERMICO**

CONCLUSIONES

- La solución de ventilación reduce la concentración por dilución entre otros mecanismos.
- Hay que tener en cuenta que pueden llegar a ser necesarias altas tasas de ventilación para conseguir niveles aceptables
- La repercusión energética, sobre todo en climas fríos, es elevada.
- Existen opciones de remedio más eficientes y económicas.

El estudio de las repercusiones energéticas de las medidas, ayuda a elegir el óptimo (efectividad y coste económico).

Borja Frutos Vázquez (CSIC- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja)

borjafv@ietcc.csic.es

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN